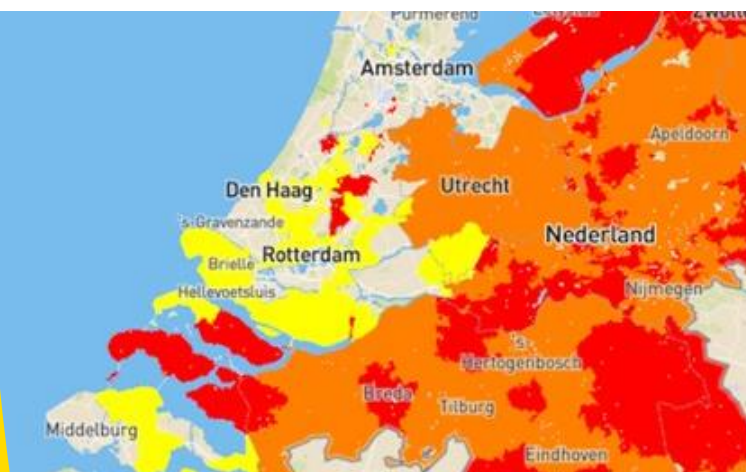




# Thuisbatterijen in de energietransitie

Netcongestie, elektriciteitshandel en  
overheidsbeleid



*Committed to the Environment*

# Thuisbatterijen in de energietransitie

Netcongestie, elektriciteitshandel en overheidsbeleid

Dit rapport is geschreven door:  
Lucas van Cappellen, Heleen Groenewegen en Marieke Nauta

Delft, CE Delft, oktober 2023

Publicatienummer: 23.220408.154

Opdrachtgever: Huawei

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via [www.ce.nl](http://www.ce.nl)

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Lucas van Cappellen (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

## **CE Delft**

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al meer dan 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



# Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	7
2	Rol van thuisbatterijen in het energiesysteem	9
	2.1 Overzicht rol thuisbatterijen in het energiesysteem	9
	2.2 Eigen zonne-energie opslaan: thuisbatterij achter de meter	11
	2.3 Energiebalancering: thuisbatterijen en de elektriciteitsmarkt	12
	2.4 Thuisbatterijen en netcongestie: congestiemanagement en piekbelasting verlagen	15
3	Verdieping: businesscase voor opslag zonne-energie en energiebalancering	20
	3.1 Methode op hoofdlijnen	20
	3.2 Opslag zelf opgewekte zonne-energie	21
	3.3 Handel op uitsluitend de energiemarkten	23
	3.4 Additionele baten	28
	3.5 Conclusies businesscase	30
4	Verdieping: netcongestie en thuisbatterijen	34
	4.1 Effect thuisbatterijen op netcongestie met huidig beleid	34
	4.2 Thuisbatterijen inzetten om netcongestie op te lossen	44
	4.3 Conclusie thuisbatterijen en netcongestie	52
5	Overheidsbeleid in verschillende landen	54
	5.1 Nederland	54
	5.2 Vlaanderen	59
	5.3 Duitsland	62
	5.4 Italië	64
	5.5 Conclusie overheidsbeleid in verschillende landen	66
6	Potentieel beleid voor thuisbatterijen	67
	6.1 Maatschappelijke waarde	67
	6.2 Potentieel additioneel beleid	67
	6.3 Beoordeling en aanbevelingen additioneel beleid	75
7	Referenties	77
A	Aannames businesscase	80
	A.1 Methode	80
	A.2 Modellerings energiemarkten	80
	A.3 Aannames	81





# Samenvatting

## Aanleiding

De energietransitie in Nederlandse huishoudens vindt plaats door de realisatie van zonnepanelen, verduurzaming van de warmtevoorziening en aanschaf van elektrische auto's. Elektriciteitsopslag in een huishouden is mogelijk met een thuisbatterij. CE Delft heeft in opdracht van Huawei (onder andere producent van thuisbatterijen) onderzoek gedaan naar de eigenschappen van thuisbatterijen, de rol en potentie van thuisbatterijen in het energiesysteem, de businesscase voor thuisbatterijen, belemmeringen voor thuisbatterijen en beleid om thuisbatterijen te realiseren. Er zijn twee centrale rollen voor thuisbatterijen in het energiesysteem:

1. Thuisbatterijen kunnen door energiebalancering bijdragen aan de leveringszekerheid van het energiesysteem, CO<sub>2</sub>-reductie en voorkomen van curtailment.
2. Thuisbatterijen kunnen ingezet worden om de pieken te verlagen van het huishouden of van het totale elektriciteitsnet en zo bijdragen aan het uitstellen van netverzwaring of mogelijk te voorkomen.

We concluderen in deze studie dat thuisbatterijen vooral een rol hebben voor energiebalancering en minder voor netcongestie. Er is op dit moment alleen geen rendabele businesscase voor energiebalancering; in deze studie zijn verschillende maatregelen in kaart gebracht om de rentabiliteit te verbeteren.

## Businesscase thuisbatterijen: opslaan zonne-energie en energiehandel

Thuisbatterijen kunnen acteren op de energiemarkten om het nationale elektriciteitsstelsel in balans te houden en daarmee geld te verdienen. De businesscase voor thuisbatterijen via de huidige energiecontracten is het beste als de thuisbatterij oplaadt op momenten dat er overschotten zijn van zon-pv-productie, extra oplaadt als er zeer lage prijzen zijn op de day-aheadmarkt en ontlaaft als er energievraag van het huishouden is of hoge prijzen op de day-aheadmarkt. Door ook te handelen op andere energiemarkten, zoals de onbalansmarkt, via een commerciële partij die de batterij aanstuurt, is een verbetering van de businesscase mogelijk.

De businesscase is gemodelleerd voor een kleine (2,5 kW, 5 kWh) en grote thuisbatterij (5 kW, 10 kWh) in verschillende scenario's voor 2030. De berekende terugverdientijd voor deze twee type thuisbatterijen is minstens vijftien jaar, met een sterke afhankelijkheid van de ontwikkeling van de energieprijzen. De levensduur is ook ongeveer vijftien jaar en de garantieperiode is tien jaar.

Het afschaffen van de salderingsregeling zal niet bijdragen aan de rentabiliteit van de thuisbatterij. Door het afschaffen van de salderingsregeling moet er meer energiebelasting en btw betaald worden als er energie gehandeld wordt. Het effect op lagere inkomsten voor energiehandel is groter dan de hogere inkomsten voor het opslaan van de zonne-energie.

## Thuisbatterijen en netcongestie

In deze studie is de potentiële waarde van thuisbatterijen voor netcongestie onderzocht. Thuisbatterijen kunnen op drie manieren acteren ten opzichte van netcongestie: congestie oplossen door de piekbelasting over het hele jaar te verlagen, bijdragen aan netcongestie door de pieken verder te verhogen door deel te nemen op energiemarkten en congestie-neutraal acteren door de pieken niet te verhogen.

We concluderen dat de inzet van thuisbatterijen op de energiemarkten zal resulteren in het verhogen van de piekbelasting met het huidige beleid. Dit komt bijvoorbeeld voor op momenten met lage prijzen door wind op zee, terwijl er al veel elektriciteitsvraag is in de wijk. Extra beleid, zoals de hervorming van nettarieven en directe sturing van thuisbatterijen door de netbeheerder, is vereist om het piekverhogende effect van thuisbatterijen op de elektriciteitsnetwerken te beperken of voorkomen. Thuisbatterijen dragen daarmee bij aan de piekbelasting, net zoals andere apparaten zoals een wasmachine, televisie of elektrische auto, en vervullen daarmee een nuttige rol in het energiesysteem. De netbelasting neemt daarmee dus wel toe.

Thuisbatterijen kunnen met strikte restricties ingezet worden om de piekbelasting op het net te verlagen, maar hier is nieuw beleid voor nodig. In sommige wijken kunnen thuisbatterijen daarmee netverzwaring uitstellen. Er zijn nieuwe contracten tussen de netbeheerder en de beheerder van de thuisbatterij nodig om thuisbatterijen in te zetten om congestie op te lossen, want met uitsluitend een hervorming van de nettarieven of huidige congestiemanagement zal dit niet mogelijk zijn. De netbeheerders zetten hier nu nog niet op in, maar zouden dit in de toekomst zeker kunnen onderzoeken.

## Aanbevelingen voor beleid voor thuisbatterijen

Uit onze verschillende analyses komen we tot drie aanbevelingen voor beleid in Nederland. We bevelen het volgende beleid aan voor thuisbatterijen:

- **Randvoorwaarden thuisbatterijen:** voor een verdere uitrol van thuisbatterijen is het belangrijk dat de randvoorwaarden beter vormgegeven worden. Aanbevelingen voor deze randvoorwaarden zijn: een richtlijn over brandveiligheid voor thuisbatterijen, opzetten inzameling- en recyclinginfrastructuur en wettelijke eisen voor cybersecurity, zodat naleving mogelijk is. Een vervolg op de Routekaart Energieopslag en het Nationaal Programma Circulaire Economie zou daar een goede plek voor kunnen zijn.
- **Salderingsregeling en dubbele energiebelasting:** de salderingsregeling is nu nog een belemmering om huishoudens hun eigen zonne-energie te laten gebruiken en thuisbatterijen daarvoor in te zetten. Het afschaffen van de salderingsregeling is een logische maatregel om eigen gebruik te faciliteren. Daarnaast valt hieronder het afschaffen van de dubbele energiebelasting en mogelijk de btw, zodat er niet twee keer belasting betaald wordt per kWh en de businesscase verbetert.
- **Analyse hervorming nettarieven:** in deze studie concluderen we dat thuisbatterijen de piekbelasting extra verhogen op het net met het huidige beleid. De thuisbatterijen hebben dan een nuttige rol in het energiesysteem, maar resulteren wel in extra piekbelasting, net zoals de huishoudens zelfs. De netbeheerders kunnen met de markt verder onderzoek doen naar het beperken van de netimpact door nettarieven of directe sturing door de netbeheerder voor een beperkt aantal uren per jaar. Gebaseerd op onze analyses bevelen we niet aan om het beleid voor thuisbatterijen te richten op het oplossen van netcongestie, maar om het te richten op het voorkomen van extra piekbelasting door thuisbatterijen.

## Subsidie voor thuisbatterijen

Thuisbatterijen kennen een lange terugverdientijd, blijkt uit deze studie. Een subsidie voor thuisbatterijen is één van de mogelijke beleidsmaatregelen in een breed pakket en kan afgewogen worden tegen andere flexibiliteits- en CO<sub>2</sub>-reducerende technieken. Voor een terugverdientijd van vijftien jaar is een subsidiepercentage van het aankoopbedrag vereist van ongeveer 40% tot 55%, afhankelijk van de markten waarop de batterij wordt ingezet en de ontwikkeling van de energieprijzen. Voor een terugverdientijd van zeven jaar is een subsidie van 60% tot 80% vereist. De subsidiepercentages zijn lager als deelname op andere markten mogelijk gemaakt wordt en in geval van een heffing van de energieleverancier voor invoeding en spanningsproblemen. Een subsidie van ongeveer 20% tot 40% is dan vereist.

Een subsidie is een politieke keuze, die gemaakt kan worden om bijvoorbeeld de markt op gang te brengen. Een ander argument is een behoefte aan extra flexibiliteit in het systeem, wat gerealiseerd kan worden met allerlei flexibiliteitsbronnen, waaronder thuisbatterijen. Een subsidie is, naast markthervormingen en normeren, een manier om deze extra flexibiliteit te realiseren. Deze flexibiliteit is nodig voor leveringszekerheid, maar ook om CO<sub>2</sub> te reduceren door curtailment te voorkomen. Uit deze studie blijkt dat het oplossen van netcongestie met thuisbatterijen niet haalbaar is binnen afzienbare tijd, daarom is dat geen logisch doel van een subsidieinstrument.

# 1 Inleiding

## Aanleiding

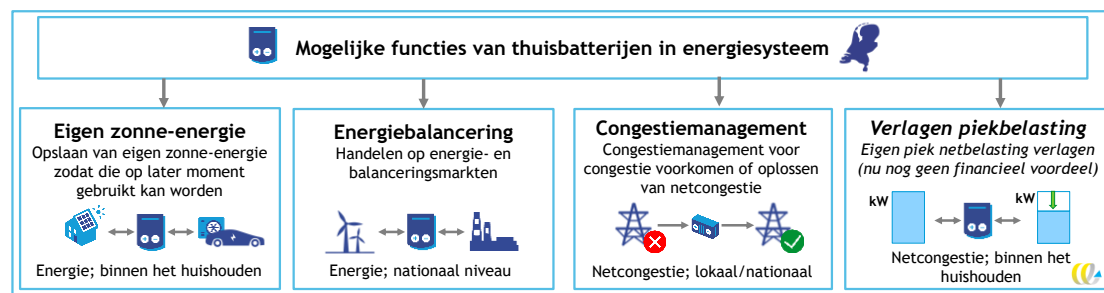
De energietransitie vindt plaats in de Nederlandse huishoudens door de realisatie van zonnepanelen, nieuwe warmtevoorziening en elektrische auto's. De thuisbatterij is een mogelijke oplossing om eigen zonne-energie op te slaan, de energiekosten te verlagen en netcongestie te voorkomen. De thuisbatterij is een batterij van 3 tot 15 kW die ook een rol kan spelen in het toekomstige duurzame energiesysteem. CE Delft heeft in opdracht van Huawei (onder andere producent van thuisbatterijen) onderzoek gedaan naar de eigenschappen van thuisbatterijen, de potentie van thuisbatterijen om de verwachte rollen in het energiesysteem te vervullen en de businesscase en belemmeringen voor thuisbatterijen.

## Potentiële rollen en waarde in het energiesysteem

Voor de verschillende rollen van thuisbatterijen onderzoeken we het technisch en economisch potentieel door modellering van de businesscase. Daarnaast analyseren we Nederlands en buitenlands beleid, brengen we de belemmeringen in kaart en schetsen we potentieel nieuw beleid. De mogelijke rollen van een thuisbatterij zijn:

1. **Opslag van eigen zonne-energie:** de thuisbatterij slaat zonne-energie op die niet direct gebruikt kan worden en deze elektriciteit wordt later gebruikt als er meer energievraag van het huishouden is.
2. **Energiebalancering:** handelen op de energiemarkten door te laden en te ontladen, zowel op de day-aheadmarkt via een dynamisch energiecontract als mogelijk op balanceringsmarkten.
3. **Congestiemangement:** de netbeheerder geeft een vergoeding, zodat de thuisbatterij ingezet wordt om de piekbelasting op het elektriciteitsnet actief te verlagen.
4. **Verlagen eigen piekbelasting:** de thuisbatterij wordt ingezet om de piekbelasting van het huishouden te verlagen. Dit kan zowel voor de afname van als de invoeding op het elektriciteitsnetwerk van elektriciteit.

Figuur 1 - Potentiële rollen van thuisbatterijen in het energiesysteem



Een thuisbatterij kan voor meerdere rollen ingezet worden, maar wel voor maar één rol tegelijk. De uiteindelijke inzet van de thuisbatterij wordt bepaald door waar het meeste geld verdiend kan worden of wordt eventueel gestuurd door additioneel beleid van de netbeheerder of overheid.



## Maatschappelijke waarde

De inzet op deze markten resulteert op verschillende manieren in maatschappelijke waarde:

- **Toename leveringszekerheid:** additionele energieopslag resulteert in een betrouwbaarder elektriciteitssysteem door het altijd matchen van vraag en aanbod.
- **CO<sub>2</sub>-reductie:** als thuisbatterijen op de juiste manier ingezet worden, kan er fossiele elektriciteitsproductie vervangen worden door duurzame energie op te slaan en later te gebruiken of in te voeden.
- **Voorkomen curtailment:** in lijn met CO<sub>2</sub>-reductie kunnen batterijen duurzame energie opslaan en zo curtailment voorkomen. Dit speelt extra bij woningen met spanningsklachten, waardoor omvormers worden afgeschakeld, zie hieronder.
- **Netverzwaring uitstellen:** met batterijen kan, onder strikte voorwaarden om de juiste inzet te waarborgen, gezorgd worden dat de piekbelasting op het net verlaagd wordt, zodat er later geïnvesteerd wordt. In specifieke gevallen kan netverzwaring wellicht voorkomen worden.
- **Spanningsproblematiek oplossen:** er ontstaan spanningsproblemen door veel zonnepanelen op huishoudelijke daken. Door elektriciteit op te slaan met thuisbatterijen kan dat voorkomen worden.

Een gedeelte van de maatschappelijke waarde komt terug in de businesscase van thuisbatterijen, bijvoorbeeld door inkomsten via de energiemarkten. Deze studie onderzoekt de bijdragen van thuisbatterijen voor deze maatschappelijke waarden.

## Leeswijzer

Dit rapport is een vervolg op het ‘Kennisdocument thuisbatterijen’ uit juni 2023, waarin de algemene informatie over thuisbatterijen is opgenomen. De thema’s in dit kennisdocument zijn modellen thuisbatterijen, de rol van thuisbatterijen in de energietransitie, brandveiligheid, grondstoffen & recycling en cybersecurity. Dit document is ook opgenomen in Bijlage B.

Het voorliggende rapport bestaat uit de volgende hoofdstukken:

- Hoofdstuk 2 beschrijft een uitgebreidere toelichting op de rollen van thuisbatterijen in het energiesysteem.
- Hoofdstuk 3 omvat een verdieping op de businesscase van twee van deze rollen: opslaan van eigen zonne-energie en energiebalancering.
- Hoofdstuk 4 omvat een verdieping op de twee andere rollen in relatie tot netcongestie: congestiemanagement en verlagen piekbelasting.
- Hoofdstuk 5 beschrijft het overheidsbeleid voor thuisbatterijen in Nederland, Vlaanderen, Duitsland en Italië.
- In Hoofdstuk 6 identificeren we potentieel additioneel beleid voor Nederland en doen we beleidsaanbevelingen.

Ieder hoofdstuk wordt samengevat met de relevante conclusies en aanbevelingen.

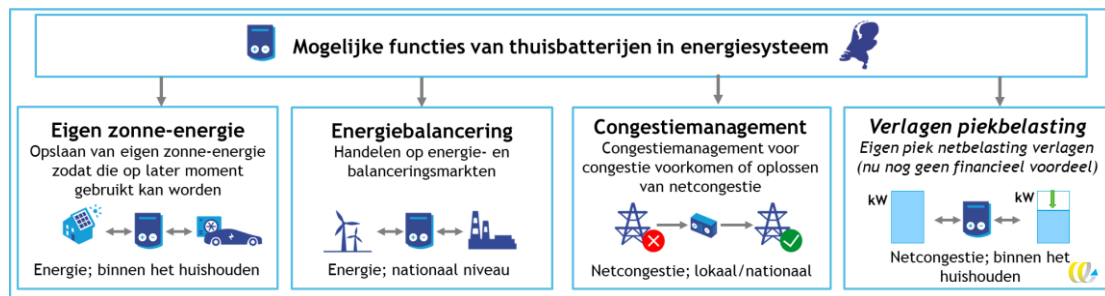
# 2 Rol van thuisbatterijen in het energiesysteem

Een thuisbatterij kan verschillende functies hebben. In dit hoofdstuk wordt eerst een overzicht gegeven van de verschillende mogelijke functies, vervolgens worden deze functies nader toegelicht.

## 2.1 Overzicht rol thuisbatterijen in het energiesysteem

Een thuisbatterij kan verschillende functies hebben, welke zijn weergegeven in Figuur 2. De kernfunctie van een thuisbatterij is dat deze elektriciteit kan opslaan op het moment dat deze niet nodig is, en vervolgens elektriciteit kan afgeven op het moment dat deze wel nodig is. In deze hoedanigheid kan een thuisbatterij op verschillende manieren nuttig zijn. Ten eerste kan de batterij in een huishouden lokaal geproduceerde elektriciteit (meestal op basis van zonne-energie) opslaan voor gebruik later. Daarnaast kan de batterij ook functioneel zijn op de elektriciteitsmarkt, waar hij zowel als producent als afnemer van elektriciteit kan functioneren. Ten slotte kan de thuisbatterij ook een functie hebben in congestie-management en in het verlagen van de piekbelasting van een individueel huishouden.

Figuur 2 - Overzicht mogelijke functies thuisbatterij

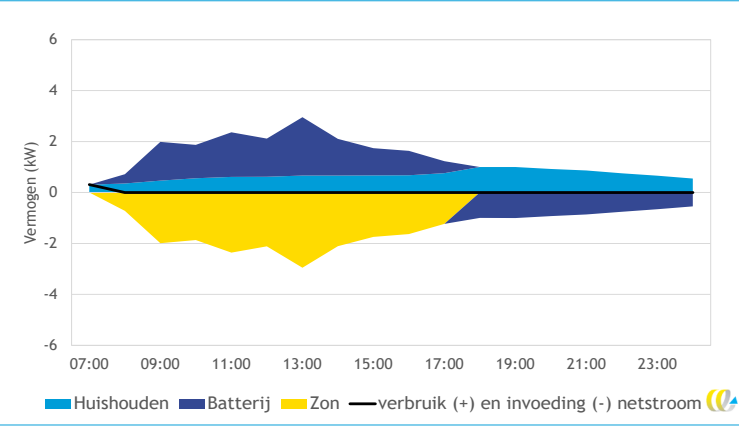
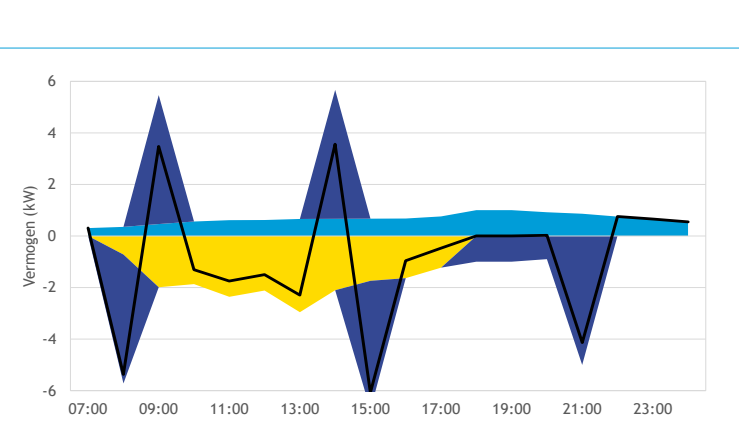
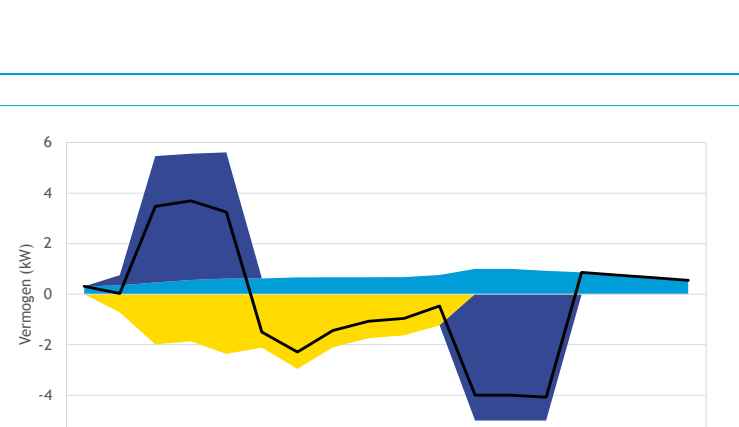


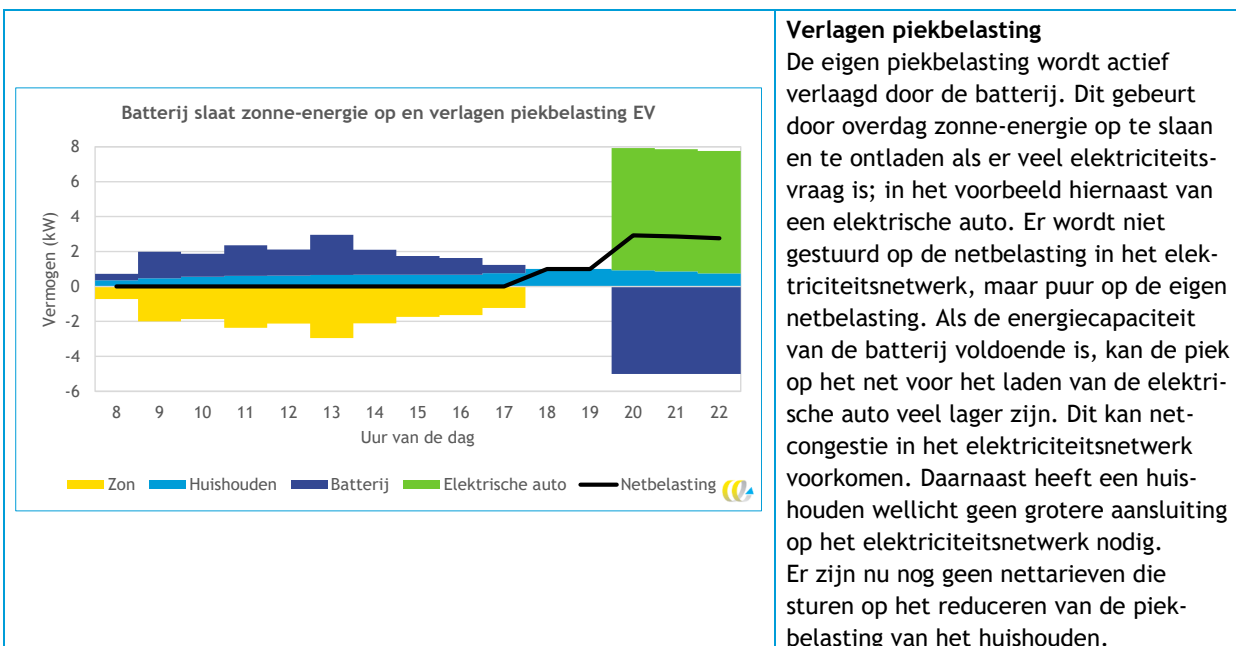
### Voorbeelden energiestromen verschillende rollen

In Tabel 1 worden de vier hierboven beschreven situaties verder uitgelegd, inclusief een schematisch voorbeeld van de energiestromen die bij de verschillende situaties horen.



Tabel 1 - Overzicht mogelijke rollen thuisbatterijen. Dit zijn voorbeelden van energieprofielen en inzet van thuisbatterijen om de interactie duidelijk te maken. In de volgende hoofdstukken worden de rollen en de waarde daarvan verder uitgewerkt.

Voorbeeld voor één dag	Toelichting rol thuisbatterij
 <p>The chart shows household consumption (light blue) and battery storage (dark blue) over a 24-hour period. Solar production (yellow) is visible during daylight hours. Net grid usage (black line) shows a significant dip during the day as solar production covers household needs, and a rise in the evening as the battery discharges to meet demand.</p>	<p><b>Eigen zonne-energie opslaan</b> De thuisbatterij slaat elektriciteit van de zonnepanelen op die overdag niet gebruikt wordt. In de avond kan de elektriciteitsvraag geleverd worden uit de batterij in plaats van dat het elektriciteitsnetwerk gebruikt wordt. Als de batterij leeg is, wordt er weer elektriciteit afgenomen van het netwerk voor het huishouden. Met het afschaffen van de salderingsregeling ontstaat er een financiële reden om dit te doen. In ons onderzoek bekijken we of er dan een rendabele businesscase is voor thuisbatterijen.</p>
 <p>The chart shows household consumption (light blue) and battery storage (dark blue) over a 24-hour period. Solar production (yellow) is visible during daylight hours. Net grid usage (black line) shows significant fluctuations, with the battery being charged during low-price periods and discharged during high-price periods to balance the grid.</p>	<p><b>Energiebalancering: acteren op energiemarkten</b> De thuisbatterij wordt ingezet om geld te verdienen op de energiemarkten door te laden en ontladen. In bijvoorbeeld de avondpiek is de stroom relatief duur en wordt de elektriciteit in de batterij ook gebruikt door het huishouden. Op sommige momenten is het mogelijk in de toekomst zelfs voordelig om elektriciteit weer te verkopen. Met een dynamisch energiecontract kan een huis deelnemen aan de spotmarkt, deelnemen aan balanceringsmarkten is via een energieleverancier of andere commerciële partij mogelijk. Hierdoor kan een huishouden een lagere energierekening krijgen.</p>
 <p>The chart shows household consumption (light blue) and battery storage (dark blue) over a 24-hour period. Solar production (yellow) is visible during daylight hours. Net grid usage (black line) shows a significant dip during the day as solar production covers household needs, and a rise in the evening as the battery discharges to meet demand.</p>	<p><b>Congestie management</b> De thuisbatterij wordt actief ingezet voor congestie management, oftewel het oplossen van netcongestie op het elektriciteitsnetwerk. De batterij laadt bijvoorbeeld overdag op om netcongestie voor invoeding op te lossen en ontlad in de avond extra om netcongestie door gebruik van elektriciteit op te lossen. Congestie management kan via een markt of via een contract.</p>



### Verlagen piekbelasting

De eigen piekbelasting wordt actief verlaagd door de batterij. Dit gebeurt door overdag zonne-energie op te slaan en te ontladen als er veel elektriciteitsvraag is; in het voorbeeld hiernaast van een elektrische auto. Er wordt niet gestuurd op de netbelasting in het elektriciteitsnetwerk, maar puur op de eigen netbelasting. Als de energiec capaciteit van de batterij voldoende is, kan de piek op het net voor het laden van de elektrische auto veel lager zijn. Dit kan netcongestie in het elektriciteitsnetwerk voorkomen. Daarnaast heeft een huishouden wellicht geen grotere aansluiting op het elektriciteitsnetwerk nodig. Er zijn nu nog geen nettarieven die sturen op het reduceren van de piekbelasting van het huishouden.

## 2.2 Eigen zonne-energie opslaan: thuisbatterij achter de meter

Met de groei van zonnepanelen op daken, ontstaat er een groei in zeer lokale productie van elektriciteit. Deze elektriciteit is bedoeld om gebruikt te worden in het huishouden, maar doordat het aanbod van zonne-energie in de tijd niet altijd aansluit op de lokale vraag naar elektriciteit, wordt er vaak elektriciteit geproduceerd die niet direct (lokaal) gebruikt wordt. Er zijn meerdere manieren om met deze elektriciteit om te gaan:

- Een optie is om de elektriciteit aan het elektriciteitsnet af te geven; dit is iets wat op dit moment al veelvuldig gebeurt.
- Een andere optie is om de energie binnen het huishouden op te slaan in een thuisbatterij om op een later moment de energie alsnog zelf te gebruiken.

Er zijn een aantal voordelen aan het overschot aan energie op te slaan in een thuisbatterij ten opzichte van levering aan het elektriciteitsnet. Ten eerste zorgt een batterij ervoor dat men minder afhankelijk is van andere partijen voor de voorziening van elektriciteit. Dit kan een argument zijn voor een thuisbatterij, bijvoorbeeld in het licht van mogelijke netcongestie bij de toekomstige verwachte toename van elektrificatie. Daarnaast kan er een financieel voordeel zitten in het hebben van een thuisbatterij, wanneer die ervoor kan zorgen dat goedkope elektriciteit opgeslagen kan worden voor gebruik op momenten dat elektriciteit duur is. Ten derde zorgt de thuisbatterij voor minder curtailment van duurzame energie als er overschotten zijn. De thuisbatterij maakt het mogelijk om de duurzame energie te gebruiken op andere momenten, waardoor CO<sub>2</sub>-reductie gerealiseerd wordt. Op dit moment is het opslaan van zonne-energie echter maar beperkt voordelig door de salderingsregeling. In Tekstbox 1 wordt de salderingsregeling toegelicht, evenals de plannen die er liggen voor afschaffing van deze regeling.

### Tekstbox 1 - Salderingsregeling

De salderingsregeling houdt in dat je teruggeleverde zonne-energie kunt wegstrepen tegen op een ander moment gebruikte energie van het net. Als een huishouden over het jaar heen meer stroom teruglevert dan dat het van het net haalt, krijg je hiervoor een vergoeding. Dit zorgt ervoor dat er geen prikkel is om elektriciteit zelf lokaal op te slaan; het net functioneert in feite als een gratis batterij en je wordt betaald voor de (jaarlijks) netto teruggeleverde elektriciteit (Milieu Centraal).

De rijksoverheid heeft een wetsvoorstel ingediend om de salderingsregeling af te bouwen vanaf 2025 (Ministerie van EZK, 2022). Als dit voorstel doorgezet wordt, zal per 2031 de salderingsregeling volledig zijn vervallen. Op het moment van het schrijven van dit rapport, heeft de Tweede Kamer ingestemd met dit voorstel, terwijl de Eerste Kamer er nog over moet stemmen.

Ook zonder salderingsregeling zijn zonnepanelen overigens financieel aantrekkelijk en tevens is het wegvallen van de regeling een prikkel om elektriciteit lokaal op te slaan. De elektriciteit van het net is over het algemeen namelijk een stuk duurder dan lokaal opgewekte elektriciteit. Het wegvallen van de salderingsregeling is dus een financieel voordeel voor de thuisbatterij, hoewel hierbij opgemerkt moet worden dat het er niet direct voor zorgt dat een thuisbatterij winstgevend wordt (CE Delft, 2022).

## 2.3 Energiebalancering: thuisbatterijen en de elektriciteitsmarkt

### 2.3.1 Hoe werkt de elektriciteitsmarkt?

Het elektriciteitsnet zorgt voor transport van elektriciteit tussen de locatie van productie en de locatie van gebruik. Dit gaat soms over grote afstanden via hoogspanningskabels. Vraag en aanbod van elektriciteit dienen over het gehele elektriciteitsnet in balans te zijn, ondanks dat er lokaal verschillen zijn in opwek en afname. Dit heeft te maken met het feit dat alle op het elektriciteitsnet aangesloten installaties in Europa ingesteld zijn op een bepaalde frequentie (50 Hz), en deze frequentie dus gehandhaafd moet worden. Indien het aanbod groter is dan de vraag, zal de frequentie van het net toenemen, en indien de vraag groter is dan het aanbod, zal de frequentie van het net afnemen (Engineering, 2021).

Om ervoor te zorgen dat vraag en aanbod op elk moment op elkaar aansluiten, zijn er verschillende elektriciteitsmarkten waarop zowel producenten als afnemers elektriciteit kunnen uitwisselen. Kenmerkend voor elektriciteit is echter dat de precieze afname, maar ook (tijdens de energietransitie in toenemende mate) het aanbod van elektriciteit niet volledig te voorspellen valt. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat de vraag toch anders is dan verwacht en dat zonne- en windinstallaties een andere hoeveelheid produceren door veranderende weersomstandigheden. De onzekerheid van de precieze vraag en het precieze aanbod, in combinatie met de vereiste constante frequentie van het net, maakt dat de verhandeling van elektriciteit tot zeer kort voor de daadwerkelijke afname geregeld moet worden. De verantwoordelijkheid hiervoor ligt in de handen van een TSO (Transmission System Operator); in Nederland is dit Tennet.

Er kan op verschillende manieren gehandeld worden in elektriciteit. Deze manieren verschillen qua type contract en ook met de tijdsschaal waarop vraag en aanbod met elkaar in balans gebracht worden.

## Langetermijnmarkten, day-ahead- en intradaymarkt

Net als bij veel andere producten is er bij elektriciteit de mogelijkheid om (bilateraal) langetermijncontracten af te sluiten; een optie die voor een afnemer en de opwekker aantrekkelijk kan zijn om een bepaalde zekerheid te hebben. Deze contracten worden langer dan een dag voor daadwerkelijke levering afgesloten. Daarnaast kan elektriciteit verhandeld worden op de (kortetermijn-) spotmarkt, welke bestaat uit de day-aheadmarkt en de intradaymarkt. De day-aheadmarkt vindt (zoals de naam doet vermoeden) een dag van tevoren plaats, en de intradaymarkt vindt vijftien minuten voor de transactie van elektriciteit plaats. De partijen die deelnemen aan de langetermijnmarkt en/of de spotmarkt zijn zogenaamde BRPs (Balance Responsible Parties). Zij hebben daarmee de verantwoordelijkheid om de balans op het net te handhaven.

## Balanshandhaving

Ondanks deze kortetermijnmarkten, zullen er alsnog mismatches zijn tussen de vraag en het aanbod. TenneT heeft daarom nog andere manieren om de balans op het net te handhaven, namelijk via de zogenaamde real-time balanceringsmarkt (bestaande uit drie onderdelen) en via de onbalansmarkt. Als er real-time een mismatch is, wordt het eerste onderdeel van de balanceringsmarkt ingeschakeld: de FCR (Frequency Containment Reserve). Deelnemers van de FCR-markt zijn apart gecontracteerde partijen (BSPs, Balance Service Providers) die zeer snel (binnen 30 seconden) kunnen af- of opschakelen. Dit zijn vaak gascentrales, wkk's en batterijen. De FCR heeft echter typisch een beperkt vermogen en kan daardoor maar voor beperkte tijd worden ingezet TenneT .

De FCR zorgt dus dat er op zeer korte tijdsschaal onbalans wordt opgelost. Er bestaan ook markten om de balans te reguleren op iets langere tijdsschaal. TenneT contracteert hiervoor vermogen via de aFRR (automatic Frequency Restoration Reserve) en de mFRR (manual Frequency Restoration Reserve). Deze markten zorgen voor balans op minuut- en kwartierschaal en kunnen respectievelijk langer vermogen leveren, opnieuw door middel van BSP's. Daarnaast is er de onbalansmarkt, wat zoveel inhoudt als dat de eerdergenoemde BRP's de onbalans kunnen oplossen door op- of juist af te schakelen. Partijen kunnen onbalans oplossen door minder of meer energie van het netwerk af te nemen of in te voeden. De onbalans die in de onbalansmarkt niet opgelost wordt, wordt opgelost door partijen te activeren in de aFRR- en mFRR-markten.

### 2.3.2 Batterijen en de elektriciteitsmarkten

Er is een grote verscheidenheid aan batterijen die in de elektriciteitsmarkt kunnen opereren. Zij kunnen variëren in capaciteit, efficiëntie, chemische samenstelling, etc. Al deze eigenschappen zorgen ervoor dat enerzijds de fysieke inzetbaarheid per type batterij varieert, en anderzijds ook de businesscase en daarmee financiële haalbaarheid op de verschillende elektriciteitsmarkten. Algemeen voor batterijen geldt dat zij typisch zullen acteren op momenten van een overschot of juist een tekort aan aanbod van elektriciteit, welke moeilijk te voorspellen zijn. Deze overschotten worden opgelost op de kortetermijn-energiemarkten en balanceringsmarkten. Thuisbatterijen zullen dus geen onderdeel zijn van langetermijnmarkten en contracten, aangezien energielevering meer in die contracten wordt geregeld. Ook deelname aan de mFRR-markt is niet waarschijnlijk, omdat deze units het hele jaar door beschikbaar moeten zijn. Deelname aan andere markten kan interessant zijn, afhankelijk van het prijsverschil tussen opname en afname van elektriciteit. De FCR- en aFRR-markt vereisen een relatief snelle reactietijd om mee te doen. Dit maakt batterijen specifiek interessant voor deze markten, en op de FCR-markt nemen zij op dit moment dan ook al deel.

Voor de thuisbatterij geldt ook deze algemene redenering. Echter tussen verschillende typen batterijen bestaan verschillen in investeringskosten, wat maakt dat zij een andere mate van rentabiliteit hebben op de verschillende markten. Thuisbatterijen hebben hogere kosten per kWh-opslagcapaciteit<sup>1</sup>. Het voordeel voor thuisbatterijen is dat ze wel andere verdienmarkten kennen, zoals het opslaan van zonne-energie. Een ander knelpunt voor thuisbatterijen is dat verschillende balanceringsmarkten (FCR, aFRR, mFRR) minimum-biedgroottes kennen, namelijk respectievelijk 1 MW, 1 MW en 20 MW (Movares, 2015) (TenneT, 2022). Dit maakt dat thuisbatterijen, typisch met een vermogen van minder dan 10 kW, enkel op geaggregeerde basis aan deze markten mee kunnen doen. Het vermogen van een thuisbatterij is namelijk kleiner dan het vereiste vermogen van de FCR-, aFRR- en mFRR-markt. Dit vereist samenwerking en maakt het mogelijk ingewikkelder om mee te doen ten opzichte van grootschalige batterijen. Ook is deelname aan de elektriciteitsmarkten door thuisbatterijen op geaggregeerde basis een uitdaging op softwaregebied, omdat de verschillende systemen snel met elkaar moeten kunnen communiceren.

In Tabel 2 staat een overzicht van de verschillende markten en de mogelijke rol van de thuisbatterij daarin. De rol met betrekking tot netcongestie wordt verder toegelicht in Paragraaf 2.4.

Tabel 2 - Elektriciteitsmarkten en mogelijke rol thuisbatterijen

Markt	Eigenschap markt	Grootte markt 2030	Thuisbatterijen?
Day-ahead	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Een dag van tevoren</li> <li>– Prijs gebaseerd op hoogste bieding</li> </ul>	Op dit moment 500 MW. In 2030 1,9 GW.	Ja, deelname mogelijk via een flexibel energiecontract.
Intraday	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Een kwartier van tevoren</li> <li>– Prijs gebaseerd op geboden prijs</li> </ul>	Op dit moment 400 MW. In 2030 1 GW.	Deelname in theorie mogelijk, maar wordt op dit moment niet aangeboden.
mFRR	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Realtime</li> <li>– Beschikbaarheidsvergoeding gebaseerd op geboden prijs</li> <li>– Activatievergoeding gebaseerd op hoogste bieding</li> </ul>	Op dit moment ongeveer 500 MW.	Is mogelijk, maar enkel op geaggregeerde basis.
aFRR	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Realtime</li> <li>– Beschikbaarheidsvergoeding gebaseerd op geboden prijs</li> <li>– Activatievergoeding gebaseerd op geboden prijs</li> </ul>	Op dit moment 440 MW. In 2030 690 MW.	Is mogelijk, maar enkel op geaggregeerde basis.
Onbalans	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Realtime</li> <li>– Prijs gebaseerd op duurste asset aFRR en mFRR samen</li> </ul>	Op dit moment 220 MW. In 2030 500 MW.	Is mogelijk, maar enkel op geaggregeerde basis.
FCR	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Realtime</li> <li>– Beschikbaarheidsvergoeding: op basis van geboden prijs</li> <li>– Activatievergoeding: op basis van hoogste bieding</li> </ul>	Op dit moment 214 MW. In 2030 ook 214 MW.	Is mogelijk, maar enkel op geaggregeerde basis. En markt is al grotendeels verzadigd.

<sup>1</sup> Een thuisbatterij kost nu ongeveer € 7.000 voor een 10 kWh-batterij en € 4.000 voor een 5 kWh-batterij, oftewel 700-800 €/kWh. Een grootschalige batterij kost zo'n 400 €/kWh (NPRES, 2022). Door techniekontwikkeling kunnen deze kosten dalen en de kostenverhouding veranderen, maar voor beide typen batterijen worden de kosten ook bepaald door de lithiumprijs.



Markt	Eigenschap markt	Grootte markt 2030	Thuisbatterijen?
Netcongestie-management	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Tot een dag van tevoren</li> <li>– Prijs gebaseerd op afschakelkosten marktpartij</li> </ul>	Op dit moment ongeveer 100 MW, maar neemt toe met meer congestie.	Is mogelijk via een congestion service provider (CSP).

## Energiewet: actieve deelname individuen

In het wetsvoorstel van de Energiewet wordt op meerdere manieren toegewerkt naar het beter faciliteren van actieve deelname van individuen op de elektriciteitsmarkt. Zo wordt er voorgesteld om een ‘energiegemeenschap’ als nieuwe juridische entiteit te definiëren. Een energiegemeenschap bestaat uit een groep individuen die zich verenigt en in deze hoedanigheid niet alleen energie produceert, maar deze ook levert aan eindafnemers met een kleine aansluiting. De eindafnemers zijn de leden of aandeelhouders van de energiegemeenschap zelf. Een voorwaarde die in het wetsvoorstel is opgenomen, is dat de energiegemeenschap over de periode van een jaar niet meer mag leveren aan haar eindafnemers dan zij heeft opgewekt. Daarnaast mag een energiegemeenschap maar een beperkt aantal leden of aandeelhouders hebben, en dient deze niet gericht te zijn op het maken van winst (Rijkoverheid, 2021).

Hiernaast wordt in het wetsvoorstel gepoogd om meer mogelijkheden te bieden voor individuen om actief te worden op de elektriciteitsmarkten. Dit is bijvoorbeeld relevant voor mensen met een dynamisch energiecontract, of voor mensen die op geaggregeerde basis mee willen doen op een elektriciteitsmarkt. Participatie van een zogenaamde ‘actieve afnemer’ op de verschillende markten was al mogelijk, maar middels het wetsvoorstel wordt gepoogd deze beter te bedden in wet- en regelgeving (Rijkoverheid, 2021).

Beide voorstellen zijn relevant voor thuisbatterijen, zodra zij actief ingezet worden op de elektriciteitsmarkten. Deze deelname wordt beter gefaciliteerd als het wetsvoorstel als zodanig wordt aangenomen.

## 2.4 Thuisbatterijen en netcongestie: congestiemanagement en piekbelasting verlagen

Thuisbatterijen zullen op momenten gaan laden en ontladen, gebaseerd op prikkels van de energiemarkten, de netbeheerder, of hoe de batterij is ingesteld. Het laden en ontladen van de thuisbatterij heeft een effect op het elektriciteitsnetwerk en netcongestie. Er zijn drie typen effecten, die in de hierop volgende paragrafen verder worden toegelicht.

1. **Netcongestie oplossen** (Paragraaf 2.4.1) betekent dat batterijen de piekbelasting op het elektriciteitsnet verlagen. Met een prikkel van de netbeheerder kan er zelfs gestuurd worden om de piekbelasting op het elektriciteitsnetwerk te verlagen. Daardoor neemt de netcongestie af.
2. **Bijdragen aan netcongestie** (Paragraaf 2.4.2) betekent dat batterijen die piekbelasting verhogen door te laden of te ontladen, de netcongestieproblemen potentieel doen toenemen.
3. **Netcongestieneutraal** (Paragraaf 2.4.3): batterijen hebben geen positief en geen negatief effect op netcongestie.

Thuisbatterijen kunnen op twee manieren ingezet worden voor netcongestieneutraal en congestie oplossen: het verlagen van de piekbelasting van het huishouden zelf of op het hele elektriciteitsnetwerk door congestiemanagement. Het verschil zit er dus in of de thuisbatterij acteert op de netbelasting van alleen het huishouden of de netbelasting van alle aangesloten huishoudens en bedrijven op het lokale elektriciteitsnetwerk. Hoofdstuk 4 omvat een verdieping op de relatie tussen thuisbatterijen en netcongestie.

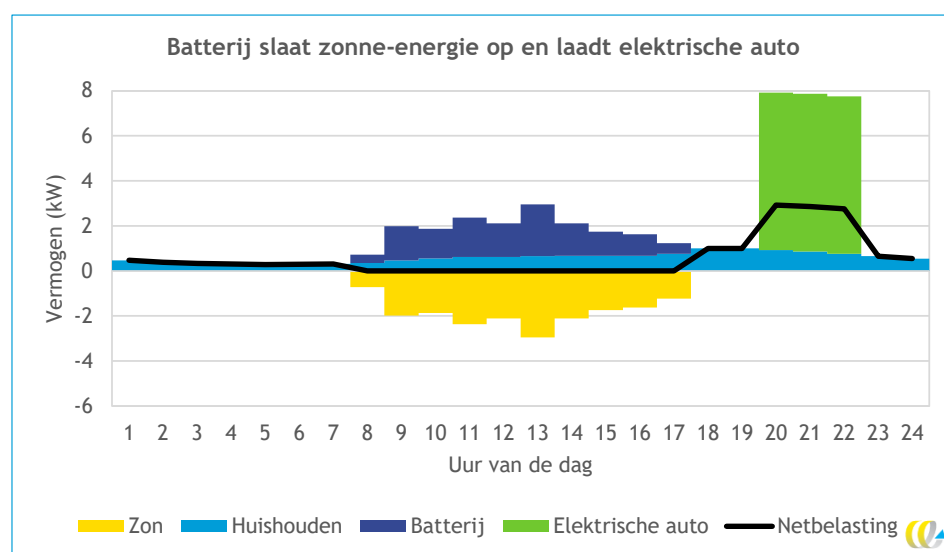
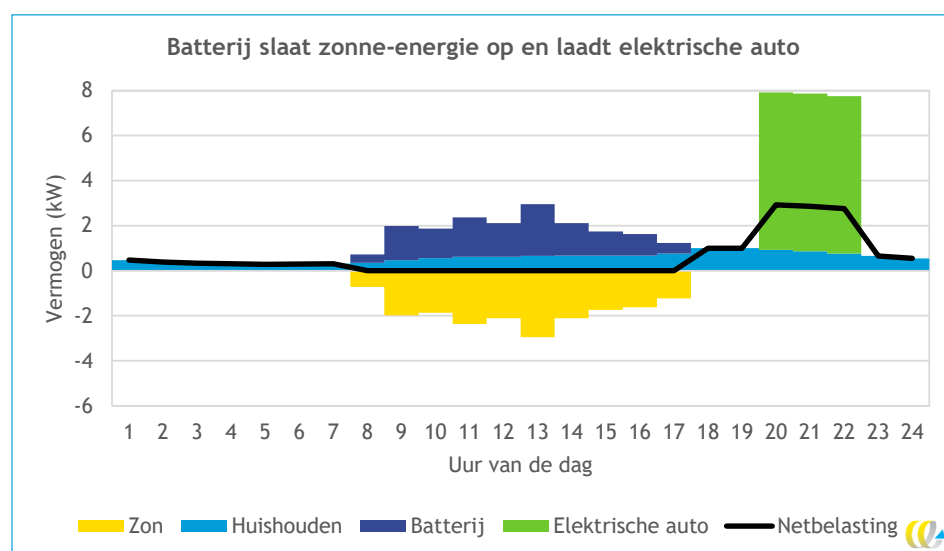


## 2.4.1 Netcongestie oplossen

Een thuisbatterij kan op twee manieren ingezet worden om netcongestie te voorkomen en/of op te lossen:

- **Eigen piekvermogen:** de thuisbatterij kan ingezet worden om de piekbelasting te verlagen van het huishouden, als voorbeeld weergegeven in Figuur 3. Dit kan voor elektriciteitsproductie door overtollige zonne-energie op te slaan. Daarnaast kan dat ook voor de afname van elektriciteit, door elektriciteit te gebruiken op momenten met hoge elektriciteitsvraag. Daarmee wordt het elektriciteitsnet ontlast en is de kans op congestie kleiner. Voor huishoudens kan hiervan het voordeel zijn dat ze geen grotere netaansluiting nodig hebben.
- **Netcongestiemanagement:** daarnaast kan een thuisbatterij ook ingezet worden om netcongestie op het elektriciteitsnetwerk actief te verlagen. Dit kan binnen congestiemanagement, toegelicht in Tekstbox 2. Via congestiemanagement worden partijen financieel gecompenseerd om hun energiegebruik aan te passen. Een thuisbatterij kan deelnemen aan deze markt om zo congestie op andere plekken in het net te voorkomen.

Figuur 3 - Illustratief voorbeeld van inzet batterij voor verlagen piekbelasting van een huishouden (boven) en om netcongestie in netwerk op te lossen (onder)



## Tekstbox 2 - Uitleg congestiemanagement

Congestiemanagement is sinds november 2022 een actief onderdeel van de Netcode Elektriciteit (ACM, 2022). De netbeheerders en marktpartijen doen steeds meer ervaring op met de uitwerking van dit beleid in de praktijk. Binnen congestiemanagement worden flexibele opwekkers en afnemers financieel gecompenseerd om hun energiegebruik aan te passen. Het doel is dat met congestiemanagement de piekbelasting verlaagd en congestie opgelost wordt, waardoor er extra klanten aangesloten kunnen worden.

Binnen congestiemanagement geldt er een financiële grens die bepaald hoeveel de netbeheerders per netgebied mogen uitgeven voor de inkoop van flexibiliteit. Deze grens is 1,02 €/MWh-netcapaciteit/jaar. Voor een netvlak van 10 MW is een totaal jaarlijks budget beschikbaar van  $1,02 \text{ €/MWh} * 8.760 \text{ uur} * 10 \text{ MW} = \text{€ } 89.360$  voor de inkoop van flexibiliteit. Daarnaast geldt een technische grens van 150%, wat betekent dat er maximaal 50% flexibel vermogen ten opzichte van de maximale netcapaciteit wordt aangesloten. De netbeheerder zal flexibel vermogen contracteren totdat de financiële of de technische grens bereikt is. Als er voor een netgebied van 10 MW nog 3 MW flexibel vermogen gecontracteerd is, kunnen er dus voor 3 MW extra partijen aangesloten worden.

Binnen congestiemanagement zijn er twee producten waarmee flexibel vermogen gecontracteerd en ingezet kan worden:

1. Redispatchmarkt: deze markt functioneert via online platform GOPACS. Partijen bieden per kwartier aan voor welke prijs ze de volgende dag hun vermogen (opwek of afname) willen aanpassen. De netbeheerder contracteert de hoeveelheid flexibel vermogen die nodig is.
2. Capaciteitsbeperkingscontract (CBC): de netbeheerder sluit een contract met een aangeslotene. Daarin staan specifieke voorwaarden, zoals een vaste compensatieprijs, over een eventuele beperking van het vermogen voor die partij.

## Potentiële inkomsten voor netcongestie oplossen

De financiële waarde van netcongestie oplossen of voorkomen is vastgelegd in bestaande kaders en regelgeving. Daarbij zijn er twee facetten:

1. Permanent netcongestie oplossen en daarmee netverzwaring voorkomen, oftewel: als alternatief voor netverzwaring.
2. Tijdelijk binnen congestiemanagement totdat netverzwaring plaats heeft gevonden. Congestiemanagement wordt nu niet toegepast in het LS-net en hier is in de Netcode Elektriciteit nu ook niets voor opgenomen. Het toepassen van congestiemanagement voor het oplossen van netcongestie in het LS-net vereist dus een wijziging van de Netcode en systemen van de netbeheerder.

Een belangrijk uitgangspunt voor thuisbatterijen inzetten voor netinvesteringen is uitvoerbaarheid. Om thuisbatterijen in te zetten voor netcongestie oplossen, moet aan enkele belangrijke randvoorwaarden voldaan worden:

- De netbeheerder kan niet met iedere consument los een contract afsluiten, maar dit kan wel via een bedrijf dat verschillende consumenten clustert. Dit kan binnen congestiemanagement met een congestion service provider (CSP). Een bedrijf kan zich registreren als CSP en dan bijvoorbeeld contracten sluiten met de netbeheerder namens de consumenten.
- De doorlooptijd voor het realiseren van flexibiliteit moet in lijn zijn met de netverzwaring. Verzwaringen van het LS-netwerk duren tot twee jaar en van het MS-netwerk tot vijf jaar. Flexibiliteit moet dus snel ingeregeld worden om als tijdelijke oplossing te kunnen acteren, anders is de netverzwaring al gerealiseerd.
- Voor het inzetten van flexibiliteit is in principe een ‘back-up’ nodig. Oftewel: een alternatieve manier om congestie op te lossen als een thuisbatterij niet



functioneert of bijvoorbeeld niet genoeg geladen of ontladen is. Met veel thuisbatterijen in het net is dit mogelijk geen probleem, de netbeheerder zal alleen niet afhankelijk willen zijn van één of twee bronnen. Voor opweknetcongestie is het mogelijk elektriciteitsproductie uit zon-pv niet in te voeden. Voor afname van elektriciteit is er in het laagspanningsnetwerk geen goede back-upmogelijkheid: de enige andere mogelijkheid is het afschakelen van huishoudens. Dat is onwenselijk.

- De thuisbatterij moet netcongestie kunnen oplossen binnen de financiële grens. Hierna lichten we de financiële grens met congestiemanagement en als alternatief voor netverzwaring toe. In de businesscase ‘Modellering’ analyseren we de potentie van thuisbatterijen om binnen de financiële grenzen netcongestie op te lossen. Hierna lichten we in meer detail de financiële kaders en waarde voor thuisbatterijen om netcongestie op te lossen toe.
- Een aandachtspunt vanuit de netbeheerder is dat er maar een beperkt aantal klanten aanwezig is in een LS-net. Daardoor is het onzeker of een liquide markt ontstaat voor congestiemanagement.

We onderzoeken het potentieel hiervoor verder in Paragraaf 4.2.1.

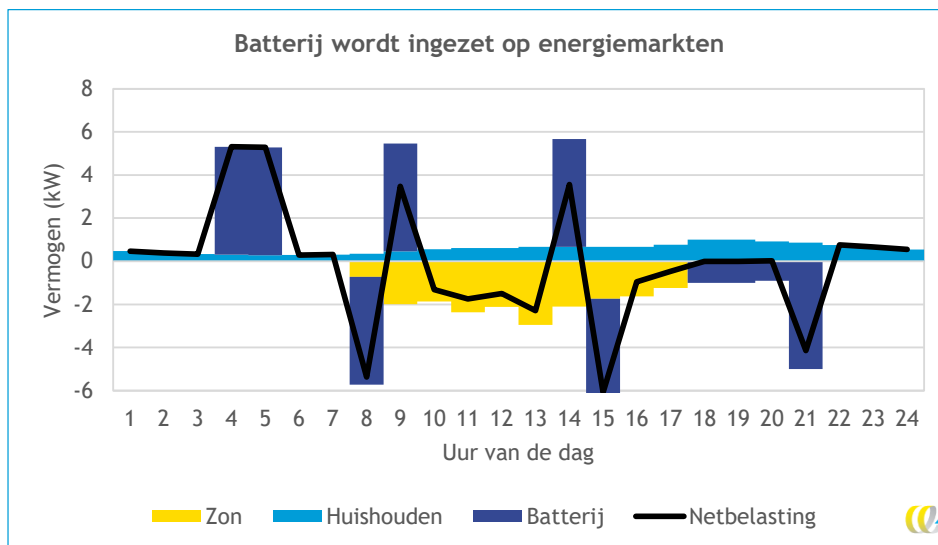
## 2.4.2 Bijdragen aan netcongestie

In Paragraaf 2.3.2 is toegelicht hoe batterijen ingezet worden op de energiemarkten, ook weergegeven in Figuur 4. Als de batterij ingezet wordt op de elektriciteitsmarkt, heeft deze een positieve impact op het matchen van vraag en aanbod. Belangrijk is het om te realiseren is dat inzet op deze markt een nadeel kan vormen met betrekking tot congestie. Vooral deelname aan de balanceringsmarkten kunnen erin resulteren dat de piekbelasting in het lokale netwerk hoger wordt en daarmee kan de batterij juist ook bijdragen aan netcongestie.

Als thuisbatterijen acteren op de balanceringsmarkten (FCR, aFRR en onbalans) is het zeker dat zij op sommige momenten in het jaar de piekbelasting zullen vergroten en daarmee potentieel bij zullen dragen aan netcongestie (CE Delft, 2023a). De batterijen krijgen een financiële prikkel om te laden, bijvoorbeeld door lage energieprijzen of omdat dit nodig is om de balans te herstellen. Dat tweede kan ontstaan doordat er plotseling meer productie is van bijvoorbeeld windenergie of er minder vraag is. Die momenten dat de thuisbatterij extra laadt, kunnen samenvallen als er al lokaal hoge netbelasting is, waardoor thuisbatterijen bijdragen aan netcongestie. Als thuisbatterijen tot zo'n hogere piek leiden, hebben ze wel een nuttige rol voor het nationale energiesysteem, maar zorgen ze dus lokaal voor extra netbelasting.

In Figuur 4 is een voorbeeld opgenomen van wat er dan gebeurt. De batterij laadt bijvoorbeeld om acht uur vanwege lage energieprijzen door veel productie uit wind op zee. Daarmee zou het de piek op het elektriciteitsnetwerk kunnen verhogen. Uit analyses van CE Delft blijkt dat grootschalige batterijen 100 tot 300 uur per jaar de netcongestieproblemen verder kunnen verhogen (CE Delft, 2023a). In Hoofdstuk 4 wordt verder onderzocht of dit voor thuisbatterijen ook voorkomt en wat het effect is op het net.

Figuur 4 - Inzet batterij op energiemarkten, resulterend in bijdragen aan netcongestie



### 2.4.3 Netcongestieneutraal

Netcongestieneutraal betekent dat de batterijen netcongestie niet vergroten door niet op zo'n manier te acteren dat ze de pieken verhogen. Op die momenten staat de batterij dan uit. Uit het voorbeeld in Figuur 4 zou dit kunnen betekenen dat er bijvoorbeeld om 14:00 uur niet ontladen wordt, omdat er dan al veel energie wordt ingevoerd op het elektriciteitsnetwerk. Netcongestieneutraal acteren kan op twee manieren gerealiseerd worden, maar beide methodes worden nu nog niet toegepast:

- **Hervorming van de netwerktarieven:** zodat huishoudens een prikkel ervaren om hun piekbelasting te verlagen. Dit betekent dat thuisbatterijen congestieneutraal acteren en eventueel zelfs de piekbelasting verder kunnen verlagen van een woning. Dit geldt wel alleen als de financiële prikkel hoger is dan het geld dat de batterij kan verdienen via de energiemarkten.
- **Direct signaal:** de netbeheerder kan een direct signaal geven aan het huishouden of batterijspecifiek over het gewenste gedrag. Er kan vooraf een afspraak gemaakt worden hoe vaak per jaar een netbeheerder via deze manier direct mag sturen. Het idee is dat dit ingezet wordt als 'rode knop', oftewel: een laatste redmiddel, als anders netcongestie zou ontstaan.
- **Netcongestiemanagement voor thuisbatterijen:** binnen netcongestiemanagement kunnen partijen vergoed worden om tijdens de piek niet acteren. Thuisbatterijen kunnen hieraan deelnemen via een congestion service provider (CSP). Dit is een bedrijf dat voor een groep huishoudens kan deelnemen aan congestiemanagement.

# 3 Verdieping: businesscase voor opslag zonne-energie en energiebalancering

In dit hoofdstuk is de businesscase van thuisbatterijen voor het opslaan van zelf opgewekte zonne-energie en voor handel op energiemarkten onderzocht. Deze twee rollen gecombineerd resulteert in de best mogelijke businesscase. Het doel van dit hoofdstuk is bepalen of er een rendabele businesscase voor thuisbatterijen is, welke markten dit zijn en of er nog additioneel beleid nodig is om de businesscase rendabel te maken. De financiële waarde en dus de businesscase voor thuisbatterijen voor congestie voorkomen of oplossen is onderdeel van Hoofdstuk 4.

## 3.1 Methode op hoofdlijnen

De methode is in meer detail toegelicht in Bijlage A en is in deze paragraaf op hoofdlijnen beschreven. We modelleren twee typen thuisbatterijen voor twee typen woningen. De eigenschappen van de thuisbatterij zijn weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3 - Eigenschappen twee thuisbatterijen voor businesscase-analyse

Eigenschappen batterij	Eenheid	Kleine thuisbatterij	Grote thuisbatterij
Energie	kWh	5	10
Vermogen	kW	2,5	5
Capaciteitsfactor	kWh/kW	2	2
Economische levensduur	Jaren	15	15
Investeringskosten	€	€ 4.000	€ 7.000
Installatiekosten en ondersteunende hardware	€	€ 1.000	€ 1.000
Jaarlijkse operationele kosten	€/jaar	€ 40 (1% investeringskosten)	€ 70 (1% investeringskosten)

### Ontwikkeling prijzen thuisbatterijen

In deze studie gaan we uit van een investering in een thuisbatterij in 2024. Dan zijn dit reële prijzen afgestemd met leveranciers. In de toekomst wordt een prijsdaling verwacht van thuisbatterijen door opschaling en door techniekontwikkeling. De NREL verwacht tot 2025 een stijging van de batterijprijzen door vooral hoge lithium prijzen (NREL, 2023), maar na 2025 een daling van de batterijkosten. Voor thuisbatterijen kunnen de kosten ook nog verder dalen door opschaling van de thuisbatterijenmarkt. Daarmee kunnen kosten van componenten en installatie dalen. Het is dus mogelijk dat de prijzen richting 2030 en 2035 van thuisbatterijen gaan dalen, maar dit is afhankelijk van veel factoren, onder grote invloed van de lithiumbeschikbaarheid en -prijs.

We hebben de businesscase van twee typen huishoudens geanalyseerd: een standaard huishouden met huidig energieverbruik en zon-pv, en een huishouden met zonnepanelen, warmtepomp, elektrische auto en elektrisch kookstel. We nemen aan dat het vermogen van de zonnepanelen in totaal 3,5 kW is. We nemen, gebaseerd op gegevens van ElaadNL, het profiel van de elektrische auto aan. Het energiegebruik per type is opgenomen in Tabel 4.

Tabel 4 - Energetische eigenschappen per type

Type	Jaarlijks energieverbruik (kWh)
Huishoudelijk verbruik	3.000 kWh/jaar
Zon-pv-productie	3.500 kWh/jaar
Elektrische auto - thuisladen	1.800 kWh/jaar
Warmtepomp - ruimteverwarming	3.800 kWh/jaar
Warmtepomp - tapwater	1.400 kWh/jaar
Elektrisch koken	200 kWh/jaar

De businesscase is gemodelleerd in verschillende scenario's:

- in Paragraaf 3.2 de businesscase voor het opslaan van zelf opgewekte zonne-energie;
- in Paragraaf 3.3 de businesscase voor de handel op de energiemarkten;
- in Paragraaf 3.3.1 de businesscase voor optimalisering op de day-aheadmarkt;
- in Paragraaf 3.5 de conclusie van de businesscase met een gevoeligheidsanalyse voor verschillende prijsscenario's van de energieprijzen.

De businesscase 'Thuisbatterij' onderzoeken we dus voor twee typen huishoudens. Deze reflecteren een belangrijk deel van de huidige en toekomstige huishoudens. Sommige huishoudens zullen vanwege specifieke redenen extra motivatie hebben voor een thuisbatterij, bijvoorbeeld essentiële apparatuur die niet mag uitvallen als de stroom uit zo vallen. Denk hierbij aan medische apparatuur of ICT. Voor deze redenen kan een beperkt aandeel thuisbatterijen gekocht worden. In deze studie richten we ons op de toegevoegde waarde voor de Nederlandse huishoudens in het algemeen en de rol in de energietransitie.

## 3.2 Opslag zelf opgewekte zonne-energie

De batterij kan gebruikt worden voor alleen het opslaan van de zonne-energie die niet direct gebruikt kan worden. Tabel 5 en Tabel 6 tonen de zelfconsumptie van de zon-pv met en zonder thuisbatterij en het overzicht van de energie-uitwisseling met het net. Met een kleine batterij kan de zelfconsumptie voor dit gemiddelde huishouden toenemen met ongeveer 1.000 kWh, oftewel 25 procentpunt. Met een grote batterij is dit 35 procentpunt, oftewel 1.300 kWh. Hierdoor hoeft er ook minder stroom ingevoerd en afgenomen te worden van het net. De netto hoeveelheid afname van het net blijft echter ongeveer gelijk.

Tabel 5 - Hoeveelheid elektriciteit van zon-pv wordt gebruikt zonder en met thuisbatterij van totale productie van 3.500 kWh

Zelfconsumptie zon-pv	Geen batterij		Kleine thuisbatterij		Grote thuisbatterij	
Huishouden met zon-pv	890 kWh	25%	1.930 kWh	50%	2.080 kWh	60%
Huishouden met zon-pv, WP en EV	1.770 kWh	54%	2.730 kWh	77%	3.210 kWh	90%

Tabel 6 - Overzicht energie-uitwisseling met het elektriciteitsnetwerk

	Afname elektriciteit van het net	Invoeding elektriciteit naar het net	Netto energie-uitwisseling met elektriciteitsnet
Huishouden met zon-pv, geen batterij	2.110 kWh	2.660 kWh	-550 kWh
Huishouden met zon-pv, kleine batterij	1.120 kWh	1.570 kWh	-450 kWh
Huishouden met zon-pv, grote batterij	1.030 kWh	1.470 kWh	-440 kWh
Huishouden met zon-pv, WP en EV, geen batterij	8.420 kWh	1.780 kWh	6.640 kWh
Huishouden met zon-pv, WP en EV, kleine batterij	7.560 kWh	830 kWh	6.730 kWh
Huishouden met zon-pv, WP en EV, grote batterij	7.120 kWh	340 kWh	6.780 kWh

### 3.2.1 Businesscase: vast energiecontract

De meeste huishoudens hebben op dit moment een vast contract. Daarom bepalen we ten eerste de businesscase met zo'n vast energiecontract. De businesscase voor een vast energiecontract voor het opslaan van de eigen zonne-energie wordt sterk beïnvloed door de salderingsregeling. Tabel 7 toont de businesscase met salderen tot 2030 en daarna het afschaffen van de salderingsregeling.

Tabel 8 toont de businesscase waarbij we aannemen dat de salderingsregeling in 2024 direct wordt afgeschaft zonder afbouwpad; dit om te laten zien wat het effect van de salderingsregeling op de businesscase is.

Voor alle typen thuisbatterijen en huishoudens is de terugverdientijd langer dan vijftien jaar, ook bij het direct afschaffen van de salderingsregeling. De inkomsten zijn slechts 10 tot 15% van de inkomsten als de thuisbatterij op deze manier wordt ingezet. Voor een huishouden met zon-pv kent de kleine batterij een lagere onrendabele top dan de grote thuisbatterij. Voor een huishouden met zon-pv, WP en EV geldt dat een kleine batterij minder uren ingezet wordt voor opslaan van zonne-energie dan voor een huishouden zonder warmtepomp en EV. Dit komt doordat een groter gedeelte van de geproduceerde elektriciteit al wordt gebruikt door de elektrische auto en warmtepomp en er dus minder elektriciteitsoverschotten zijn om op te slaan in de batterij. Een grotere batterij kan meer inkomsten realiseren, maar kent ook hogere kosten.

Tabel 7 - Businesscase - vast energiecontract met salderingsregeling tot 2030

	Batterij	Totale kosten 15 jaar	Totale inkomsten inschatting over 15 jaar	Terugverdientijd
Huishouden met zon-pv	Kleine thuisbatterij	€ 5.560	€ 820	> 15 jaar
	Grote thuisbatterij	€ 9.050	€ 890	> 15 jaar
Huishouden met zon-pv, WP en EV	Kleine thuisbatterij	€ 5.560	€ 620	> 15 jaar
	Grote thuisbatterij	€ 9.050	€ 940	> 15 jaar

Tabel 8 - Businesscase: vast energiecontract zonder salderingsregeling

	Batterij	Totale kosten 15 jaar	Totale inkomsten inschatting over 15 jaar	Terugverdientijd
Huishouden met zon-pv	Kleine thuisbatterij	€ 5.560	€ 1.810	> 15 jaar
	Grote thuisbatterij	€ 9.050	€ 1.970	> 15 jaar
Huishouden met zon-pv, WP en EV	Kleine thuisbatterij	€ 5.560	€ 1.580	> 15 jaar
	Grote thuisbatterij	€ 9.050	€ 2.380	> 15 jaar

### 3.2.2 Businesscase: opslaan zonne-energie en energie gebruiken op momenten met hoge prijzen met dynamisch energiecontract

Mensen met een thuisbatterij zullen snel een dynamisch contract nemen om te profiteren van het prijsverschil per uur. Dit is dus geen variabel contract met een dag- en nachttarief, maar een contract waarbij de prijs verschilt per uur en is gebaseerd op de prijs op de day-aheadmarkt. We gaan er in deze modellering in eerste instantie van uit dat de batterij alleen elektriciteit afneemt en levert aan het huis, oftewel niet teruglevert aan het net. Bij een dynamisch energiecontract is de prijs voor elektriciteit direct gekoppeld aan de day-aheadprijs. Een thuisbatterij kan daarmee significant hogere inkomsten realiseren. We vergelijken hier de energiekosten tussen een dynamisch energiecontract met en zonder thuisbatterij. Opnieuw is de terugverdientijd langer dan vijftien jaar. Bij een huishouden met zon-pv kan de kleine thuisbatterij inkomsten van € 2.200 realiseren gedurende die vijftien jaar. De grotere thuisbatterij kan maar een beperkt extra kostenvoordeel realiseren. Dit komt doordat de energiec capaciteit van de kleine thuisbatterij de meeste dagen voldoende is om de gevraagde elektriciteit te leveren. Voor een huishouden met zon-pv, WP en EV resulteert een grote thuisbatterij in meer inkomsten, al is het niet voldoende om de hogere kostprijs te compenseren.

Tabel 9 - Businesscase: dynamisch energiecontract

	Batterij	Totale kosten 15 jaar	Totale inkomsten inschatting 15 jaar	Terugverdientijd
Huishouden met zon-pv	Kleine thuisbatterij	€ 5.560	€ 2.200	> 15 jaar
	Grote thuisbatterij	€ 9.050	€ 2.400	> 15 jaar
Huishouden met zon-pv, WP en EV	Kleine thuisbatterij	€ 5.560	€ 1.980	> 15 jaar
	Grote thuisbatterij	€ 9.050	€ 3.020	> 15 jaar

### 3.3 Handel op uitsluitend de energiemarkten

We richten ons in deze analyse op de day-aheadmarkt. Naast de day-aheadmarkt kunnen batterijen ook deelnemen aan andere energiemarkten. Deelname aan de day-aheadmarkt kan eenvoudig via een dynamisch energiecontract. Voor deelname aan de andere markten is een commerciële partij nodig om deel te nemen, bijvoorbeeld een energieleverancier. In Paragraaf 3.3 lichten we de potentiële financiële inkomsten voor thuisbatterijen op de onbalansmarkt toe.

De handel op de energiemarkten hangt sterk af van of er wel of geen salderingsregeling is. Met de salderingsregeling hoeft er geen btw en energiebelasting betaald te worden over de verhandelde elektriciteit. Er hoeft alleen energiebelasting en btw betaald te worden over de energieverliezen van de batterij. Als de salderingsregeling wordt afgeschaft, geldt



echter dat er energiebelasting en btw betaald dient te worden over alle elektriciteit die wordt afgenomen van het elektriciteitsnetwerk. De elektriciteit kan echter alleen verkocht worden voor de kale day-aheadprijs. Het afschaffen van de salderingsregeling is dus een beperking voor de handel op de day-aheadmarkt met een thuisbatterij.

### 3.3.1 Businesscase: handel op de day-aheadmarkt

Een thuisbatterij kan extra geld verdienen door te handelen op de day-aheadmarkt. Dit is mogelijk door elektriciteit te kopen op momenten dat de stroom goedkoop is, en te verkopen op een later moment als de elektriciteitsprijs hoog is. Het verschil tussen de lage en hoge prijs is de spread. We modelleren de energiemarkt voor 2030. Belangrijk voor de winstgevendheid op de day-aheadmarkt zijn de efficiëntie en de belastingen. Een batterij heeft energieverlies van ongeveer 15%, waardoor er meer energie ingekocht moet worden. Met de salderingsregeling hoeft er alleen energiebelasting en btw betaald te worden over het energieverlies. Dit leidt echter wel tot hogere kosten. Met het afschaffen van de salderingsregeling moet er energiebelasting en btw betaald worden over alle elektriciteit die wordt afgenomen, zelfs als die weer later aan het net geleverd wordt.

Tabel 10 toont de inkomsten met handel op de day-aheadmarkt van een thuisbatterij. In deze modellering is rekening gehouden met de prijzen van 2030 per uur, energieverliezen van de batterij én de energiebelasting en btw. Daarbij gaan we ervan uit dat de batterij volledig ingezet wordt voor de day-aheadmarkt, zonder te acteren met het energieverbruik van het huishouden. Met de huidige salderingsregeling kan er in 2030 per kW batterijvermogen ongeveer € 65 verdiend worden. Als de salderingsregeling afgeschaft wordt, en er dus energiebelasting en btw betaald moet worden over alle afgenomen elektriciteit, zijn de mogelijke inkomsten slechts € 14 per kW. In de analyse gaan we er dus van uit dat er wel energiebelasting en btw betaald dient te worden over alle energie die wordt afgenomen van het net.

We hebben gerekend aan verschillende prijsscenario's, zoals beschreven in Bijlage A. In het lage en hoge prijsscenario liggen de inkomsten zonder salderingsregeling in 2030 respectievelijk op € 2 en € 40 per kW. Bij een hoog scenario is dus een verdubbeling van de inkomsten mogelijk. Dit brede interval geeft echter ook duidelijk de onzekerheid aan die er is voor de mogelijke inkomsten en daarmee de businesscase.

Tabel 10 - Inkomsten day-aheadmarkt in 2030 per kW batterijvermogen, uitgaande van een batterij met twee uur opslagcapaciteit

	Inkomsten per kW	Inkomsten kleine thuisbatterij (2,5 kW, 5 kWh) in 2030	Inkomsten grote thuisbatterij (5 kW, 10 kWh) in 2030
Met salderingsregeling	€ 75	€ 190	€ 370
Zonder salderingsregeling	€ 15	€ 35	€ 70

De resultaten voor de kleine en grote thuisbatterij voor handel op de day-aheadmarkt zijn weergegeven in Tabel 11. Voor deze analyse is dus alleen uitgegaan van handel op de day-aheadmarkt en geen interactie met energieverbruik of -productie van de woning. In alle scenario's in relatie tot de salderingsregeling is handel op de day-aheadmarkt niet rendabel.

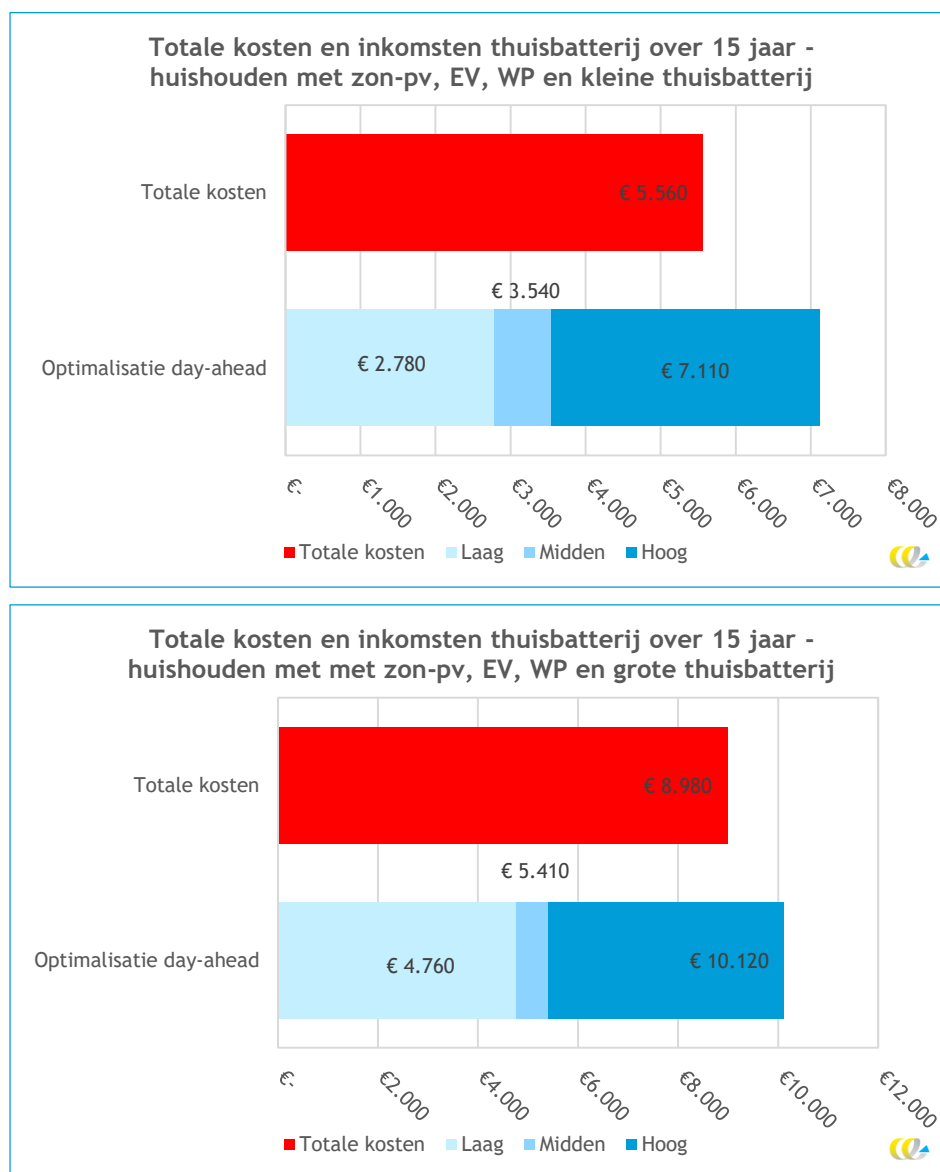
Tabel 11 - Resultaat businesscase thuisbatterijen voor handel op day-aheadmarkt

Wel/geen salderingsregeling	Batterij	Totale kosten over 15 jaar	Totale inkomsten inschatting over 15 jaar	Terugverdientijd
Salderingsregeling tot 2030	Kleine thuisbatterij	€ 5.560	€ 1.560	> 15 jaar
	Grote thuisbatterij	€ 9.050	€ 3.120	> 15 jaar
Zonder salderingsregeling	Kleine thuisbatterij	€ 5.560	€ 470	> 15 jaar
	Grote thuisbatterij	€ 9.050	€ 940	> 15 jaar

## Gevoeligheidsanalyse ontwikkeling energieprijzen

Er is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd met lage en hoge prijsscenario's voor het huishouden met zon-pv, WP en EV en een kleine en grote thuisbatterij. De aannames voor deze scenario's zijn opgenomen in Bijlage A. In het lage prijsscenario dalen de inkomsten verder en wordt dus de onrendabele top nog groter. Bij het hoge prijsscenario is de thuisbatterij rendabel binnen de levensduur van vijftien jaar. Voor de kleine thuisbatterij is de terugverdientijd ingeschat op twaalf jaar bij het hoge prijsscenario en voor de grote thuisbatterij is dat dertien jaar.

Figuur 5 - Businesscase voor thuisbatterijen voor lage, midden- en hoge prijsscenario. Boven voor huishouden met zon-pv, WP en EV met kleine thuisbatterij en onder met grote thuisbatterij.



### 3.3.2 Businesscase: handel op onbalansmarkt

De onbalansmarkt is een interessante markt voor batterijen, omdat de prijzen veel hoger zijn. Dit komt doordat er minder technieken zijn die goed kunnen acteren op de onbalansmarkten. Hierdoor kan er meer geld verdiend worden. Een belemmering voor thuisbatterijen is dat ze niet met een normaal energiecontract kunnen deelnemen op onder andere de onbalansmarkten. Potentieel kunnen ze dat wel via een energieleverancier of andere aggregator<sup>2</sup>. We hebben de inkomsten op de onbalansmarkt gemodelleerd op dezelfde manier als

<sup>2</sup> Een aggregator is een partij die contracten heeft met meerdere huishoudens en voor hun flexibele applicaties zoals thuisbatterijen aanstuurt. Daardoor kunnen thuisbatterijen wel deelnemen aan bepaalde markten, zoals de onbalansmarkt.



in de eerdere batterijenstudies (CE Delft, 2023a). Vervolgens is een correctie uitgevoerd voor energiebelasting en btw die betaalt dient te worden door huishoudens. Als de salderingsregeling er is, dan heeft dit een beperkt effect op de inkomsten. Zonder salderingsregeling is het effect van de energiebelasting en btw hoger. We gaan er daarnaast vanuit dat een thuisbatterij 10% lagere inkomsten heeft, onder andere vanwege kosten voor de aggregator. Dit resulteert in de totale inkomsten in Tabel 12. Hieruit blijkt dat met de salderingsregeling er voor de grote batterij een terugverdientijd van veertien jaar is. Zonder salderingsregeling is er geen rendabele businesscase voor het acteren op de onbalansmarkt.

Tabel 12 - Resultaat businesscase thuisbatterijen voor handel op onbalansmarkt

Wel/geen salderingsregeling	Batterij	Totale kosten over 15 jaar	Totale inkomsten inschatting over 15 jaar	Terugverdientijd
Salderingsregeling tot 2030	Kleine thuisbatterij	€ 5.560	€ 4.700	> 15 jaar
	Grote thuisbatterij	€ 9.050	€ 9.410	14 jaar
Zonder salderingsregeling	Kleine thuisbatterij	€ 5.560	€ 3.885	> 15 jaar
	Grote thuisbatterij	€ 9.050	€ 7.770	> 15 jaar

Een belangrijk aandachtspunt is of de thuisbatterij deze inkomsten kan realiseren. De vraag is namelijk of thuisbatterijen kunnen concurreren op deze markten met andere flexibilitetsbronnen, zoals grootschalige batterijen. Het is onzeker hoe partijen zullen inbieden en of thuisbatterijen kunnen concurreren met andere typen batterijen en flexibilitetsbronnen. Dit is afhankelijk van de totale kosten en vereiste winst.

### 3.3.3 Businesscase: verlagen energiekosten en terugleveren via day-ahead

De thuisbatterij kan dus nu niet zomaar deelnemen op de onbalansmarkt (wellicht in de toekomst wel), maar wel op de andere markten. De modellering van Paragraaf 3.2 is gecombineerd tot één optimale inzet die nu mogelijk is. De meest inkomsten zijn te behalen door op te laden op momenten met lage elektriciteitsprijzen en zelf de energie te gebruiken. Het leveren van de elektriciteit levert de meeste dagen minder op en dan is het gunstiger om de elektriciteit zelf te gebruiken. De thuisbatterij kent optimale inkomsten als het:

- Eigen zonne-energie zo veel mogelijk opslaat. Dit kan ook voordeel kennen voor een eventuele heffing van de energieleverancier voor invoeding, wat verder wordt toegelicht in Paragraaf 3.4.
- Oplaaft op maximaal vermogen tijdens de momenten met zeer goedkope stroom. Deze elektriciteit vervolgens gebruikt voor eigen gebruik op momenten met de duurste stroom.
- Op uren dat de batterij niet (volledig) actief hoeft te zijn nog extra handelt op de day-aheadmarkt door te laden en ontladen. We concluderen dat de thuisbatterij nog ongeveer 30 tot 40% van de inkomsten middels day-aheadhandel, zoals beschreven in Paragraaf 3.3, kan realiseren naast de inzet om de energiekosten te verlagen. Dit hangt af van het type huishouden en grootte batterij.

De inkomsten door het plaatsen van een thuisbatterij met deze inzet, is weergegeven in Tabel 13. Ook met deze inzet is de terugverdientijd langer dan vijftien jaar. De onrendabele top voor de kleine thuisbatterij is tussen de € 2.000 (huishouden met zon-pv, WP en EV) en € 2.500 (huishouden met zon-pv) over vijftien jaar. De onrendabele top voor de grootschalige batterij is € 5.000 voor het huidige huishouden en € 3.500 voor een huishouden met zon-pv, WP en EV.

Tabel 13 - Businesscase voor optimaal verlagen energiekosten en terugleveren elektriciteit via day-aheadmarkt

	Batterij	Totale kosten 15 jaar	Lagere energiekosten 15 jaar	Handel day-aheadmarkt 15 jaar	Totale inkomsten inschatting 15 jaar	Terugverdiëntijd
Huishouden met zon-pv	Kleine thuisbatterij	€ 5.560	€ 2.390	€ 620	€ 3.010	> 15 jaar
	Grote thuisbatterij	€ 9.050	€ 2.850	€ 1.200	€ 4.050	14 jaar
Huishouden met zon-pv, WP en EV	Kleine thuisbatterij	€ 5.560	€ 3.130	€ 420	€ 3.540	> 15 jaar
	Grote thuisbatterij	€ 9.050	€ 4.350	€ 1.060	€ 5.410	> 15 jaar

Deze markten kunnen eventueel nog verder gecombineerd worden met de onbalansmarkt om de inkomsten verder te vergroten.

### 3.4 Additionele baten

Er zijn nog twee additionele baten voor thuisbatterijen die per situatie (woning, locatie in het net, type energiecontract) verschillen. Dit zijn een eventuele heffing voor zonnepanelen door de energieleverancier en curtailment van zonne-energie door spanningsproblemen

#### Heffing zonnepanelen energieleveranciers

Van de Bron heeft als eerste energieleverancier een heffing aangekondigd voor huishoudens die elektriciteit invoeden, oftewel met zonnepanelen (Vandebon, 2023). Deze heffing is er omdat energieleveranciers kosten maken voor woningen met zonnepanelen. Dit is op twee gebieden. De salderingsregeling is een overmatige ondersteuning, de energiekosten die consumenten betalen, zijn lager dan de daadwerkelijke kosten van de leverancier. Huishoudens zonder zonnepanelen betalen dus hogere energiekosten. Daarnaast zijn de onbalanskosten voor de energieleverancier hoger. De heffing betaal je afhankelijk van hoeveel kWh je gedurende het jaar invoedt in bepaalde ranges. Uit onderzoek blijkt dat bijna alle energieleveranciers op een bepaalde manier hogere kosten in rekening brengen tot maximaal € 270 per jaar.

De jaarlijkse kosten voor de heffing voor de verschillende configuraties is weergegeven in Tabel 14.

Tabel 14 - Kosten heffing energieleverancier Vandebon voor invoeding elektriciteit

	Invoeding	Invoeding (kWh)	Kosten heffing invoeding - Vandebon (Vandebon, 2023)	Kostenvoordeel batterij
Huishouden met zon-pv	Geen thuisbatterij	2.660	€ 252	–
	Kleine thuisbatterij	1.570	€ 150	€ 102
	Grote thuisbatterij	1.470	€ 150	€ 102
Huishouden met zon-pv, EV en WP	Geen thuisbatterij	1.780	€ 150	–
	Kleine thuisbatterij	830	€ 48	€ 102
	Grote thuisbatterij	340	€ 48	€ 102

Het toevoegen van een batterij zorg in deze analyse dus voor een kostenreductie van € 102 per jaar, voor zolang dit beleid gehanteerd wordt. Dit betekent dat met de afbouw en afschaffing van de salderingsregeling dit bedrag naar beneden gaat of verdwijnt. De door Vandebron genoemde profileringskosten verdwijnen dan, maar de onbalanskosten niet.

De kosten hangen dus sterk af van welke energieleverancier een partij heeft en wat het beleid van die energieleverancier is. Afhankelijk van de salderingsregeling zal dit beleid nog veranderen. Met het huidige beleid van Vandebron zou een huishouden in ieder geval met een thuisbatterij een jaarlijks kostenvoordeel kennen van € 102. Hiervoor moet dus wel een thuisbatterij aangeschaft worden. Een andere optie is om een deel van de zonne-energie niet in te voeren, bijvoorbeeld tijdens momenten met lage energieprijzen, maar te curtailen. Afhankelijk van de andere inkomsten van de batterij, kan curtailen voordeliger zijn.

We rekenen de businesscase in een gevoeligheidsanalyse door met dat deze regeling zes jaar bestaat (2024 tot 2029) tot de afschaffing van de salderingsregeling. Als een partij een andere energieleverancier heeft, het beleid van de energieleveranciers of de salderingsregeling wordt ingevoerd is dit bedrag mogelijk een overschatting.

### Spanningskwaliteit: uitvallende omvormer en daardoor curtailment

Als er heel veel zonne-energie wordt ingevoerd dan neemt de spanning (het voltage) op het elektriciteitsnet toe. Omvormers zijn technisch ontworpen om boven een bepaalde spanning af te schakelen. Dan kan er geen zonne-energie ingevoerd worden. Dit betekent dat een huishouden zon-pv niet kan invoeden, omdat de omvormer wordt afgeschakeld.

We hebben dit effect gemodelleerd door te kijken naar de uren met de hoogste 10% zon-pv productie gedurende het jaar. De netbeheerder geven aan dat die 10% het maximum is wat zij in hun netwerken zien qua aantal momenten dat de omvormers afgeschakeld worden. Vervolgens hebben we berekend wat het betekent als de omvormer op dat moment afschakelt, waardoor er geen energie ingevoerd kan worden aan het net, en dus de zonne-energie niet verkocht kan worden.

Uit onze modellering volgt dat de misgelopen inkomsten tussen de € 25 en € 80 per jaar zijn, weergegeven in Tabel 15. De gemiste inkomsten bij een dynamisch energiecontract zijn lager, doordat de energieprijzen laag zijn op momenten met veel zon-pv productie. Bij een vast energiecontract is de situatie met en zonder salderingsregeling doorgerekend. Daaruit blijkt dat zonder salderingsregeling de gemiste inkomsten € 30 per jaar zijn. Met salderingsregeling is er een veel groter kostenvoordeel, doordat de prijs inclusief energiebelasting en btw telt, en is het kostenvoordeel € 80. We schatten in dat de spanningsproblemen per wijk zo'n vijf jaar kunnen blijven bestaan, totdat de netbeheerder het net verzwart. In veel gebieden zal dit sneller plaatsvinden. De maximale gemiste inkomsten door spanningsproblemen zijn daarmee € 125 tot € 400.

Tabel 15 - Maximaal gemiste inkomsten door afschakelen omvormer door spanningsproblemen

	Jaarlijkse maximaal gemiste inkomsten door spanningsproblemen	Ingeschatte maximale gemiste inkomsten (5 jaar spanningsproblemen)
Dynamisch energiecontract	€ 25	€ 125
Vast energiecontract	€ 30	€ 150
Vast energiecontract - met salderingsregeling	€ 80	€ 400

Deze situatie is dus zeer locatieafhankelijk en zal in heel veel gebieden in Nederland niet voorkomen. Veel huishoudens hebben deze gemiste inkomsten dan ook niet. De spanningsproblemen hangen af van de capaciteit van het net, de locatie van de woning in het net (verder op de kabel betekent meer spanningsproblemen) en de elektriciteitsvraag van alle woningen in de wijk. Het berekende bedrag hier is dus een maximum. Een ander effect wat niet goed te kwantificeren valt, is dat de omvormer mogelijk sneller afgeschreven dient te worden.

### 3.5 Conclusies businesscase

De resultaten van de businesscase zijn grafisch weergegeven in Figuur 6 voor een huishouden met zon-pv, WP en EV (warmtepomp en elektrische auto). Uit deze analyse blijkt dat geen van de mogelijke inzet van thuisbatterijen rendabel wordt binnen de vijftien jaar. De terugverdiëntijd is dus naar onze verwachting langer dan vijftien jaar bij een investering in 2024. Er is logischerwijs veel onzekerheid in de prijsontwikkeling, daarom is een onzekerheidsanalyse uitgevoerd in Paragraaf 6.1.

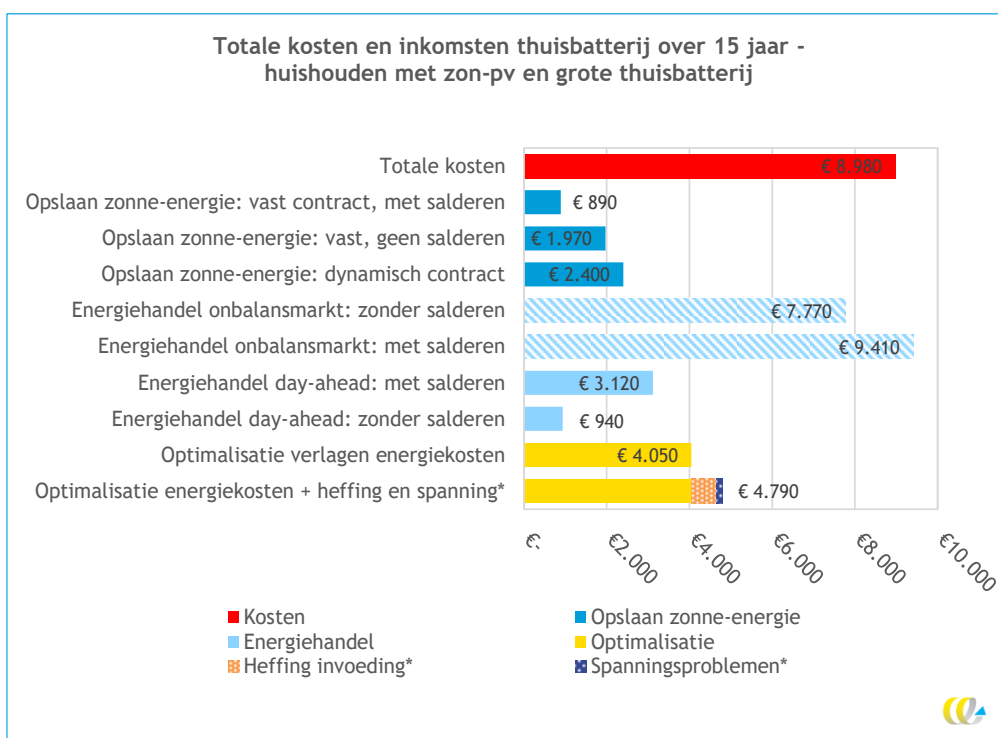
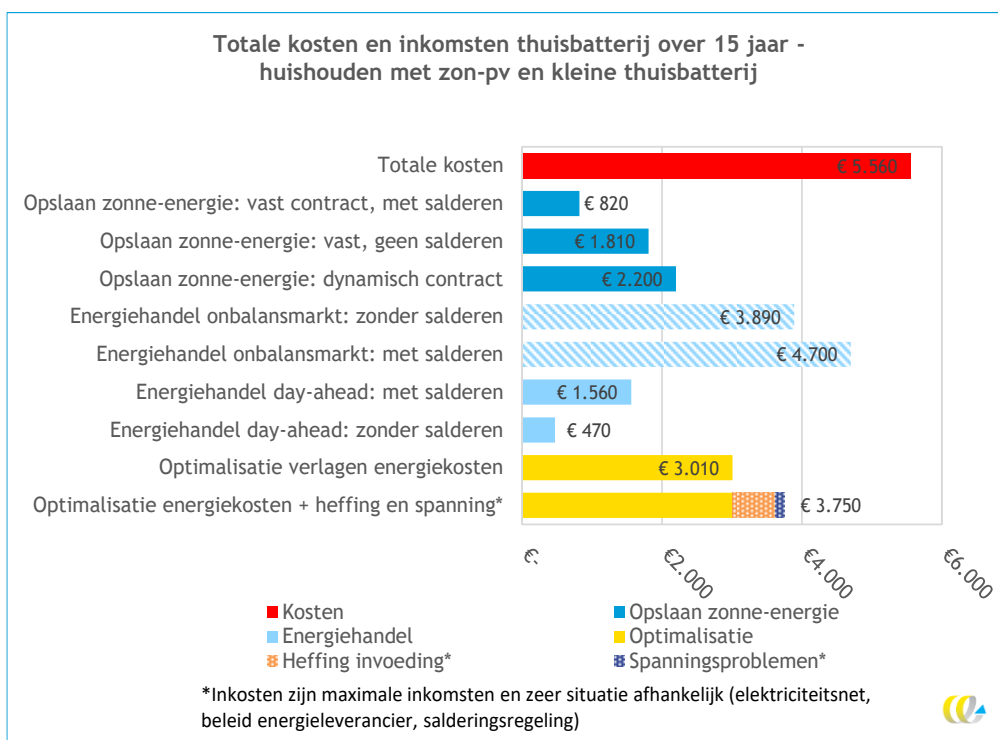
Het meeste geld is te verdienen met de onbalansmarkt, maar hier kunnen thuisbatterijen in de huidige situatie niet zomaar aan deelnemen met een standaard energiecontract. Hiervoor dienen producten door bijvoorbeeld energieleveranciers gerealiseerd te worden. Met een dynamisch energiecontract (wat nu standaard afgesloten kan worden) is het meest te verdienen als de thuisbatterij:

- Eigen zonne-energie zo veel mogelijk opslaat om later te gebruiken.
- Oplaaft op maximaal vermogen tijdens de momenten met zeer goedkope stroom. Deze elektriciteit vervolgens gebruikt op momenten met de duurste stroom.
- Op uren dat de batterij niet (volledig) actief hoeft te zijn nog extra handelt op de day-aheadmarkt door te laden en ontladen. We concluderen dat de thuisbatterij nog ongeveer 30 tot 40% van de inkomsten van day-aheadhandel, zoals beschreven in Paragraaf 3.3.1, kan realiseren naast de inzet om de energiekosten te verlagen. Dit hangt af per type huishouden en grootte van de batterij.
- Er zijn mogelijke additionele baten als het huishouden last heeft van spanningsklachten, waardoor een gedeelte van de zonne-energie niet ingevoerd kan worden. Daarnaast zijn er mogelijk additionele baten als de energieleverancier een heffing oplegt voor huishoudens die zonne-energie invoeden, zoals Vandebroon nu heeft aangekondigd.

Met alleen een dynamisch energiecontract is de onrendabele top voor de kleine thuisbatterij tussen de € 2.000 (huishouden met zon-pv, WP en EV) en € 2.500 (huishouden met zon-pv) over vijftien jaar. De onrendabele top voor de grootschalige batterij is € 5.000 voor het huidige huishouden en € 3.500 voor een huishouden met zon-pv, WP en EV. In het meest uiterste geval kunnen de heffing van de energieleverancier en de gemiste inkomsten door het afschakelen van de omvormer zonder thuisbatterij, resulteren in ongeveer € 800 extra inkomsten gedurende de levensduur van de batterij. Dit resulteert dan in een lagere onrendabele top van dit bedrag. In deze analyse is uitgegaan van het huidig beleid en één beleidsaanpassing: het afschaffen van de salderingsregeling. In Hoofdstuk 5 onderzoeken we potentieel beleid voor thuisbatterijen.

We voorzien dat thuisbatterijen additionele inkomsten kunnen creëren als ze kunnen deelnemen op de andere energiemarkten, zoals de onbalansmarkt. Dit potentieel wordt echter kleiner als de salderingsregeling wordt afgeschaft, aangezien er dan energiebelasting en btw betaald dient te worden over alle afgenomen elektriciteit. Alleen acteren op de onbalansmarkt kent een terugverdiëntijd van ongeveer vijftien jaar of langer, maar combinatie met bijvoorbeeld het verlagen van de energiekosten zou de inkomsten kunnen vergroten. De terugverdiëntijd zal daarmee rond de vijftien jaar zijn, naar verwachting, onder andere afhankelijk van de ontwikkeling van de energieprijzen.

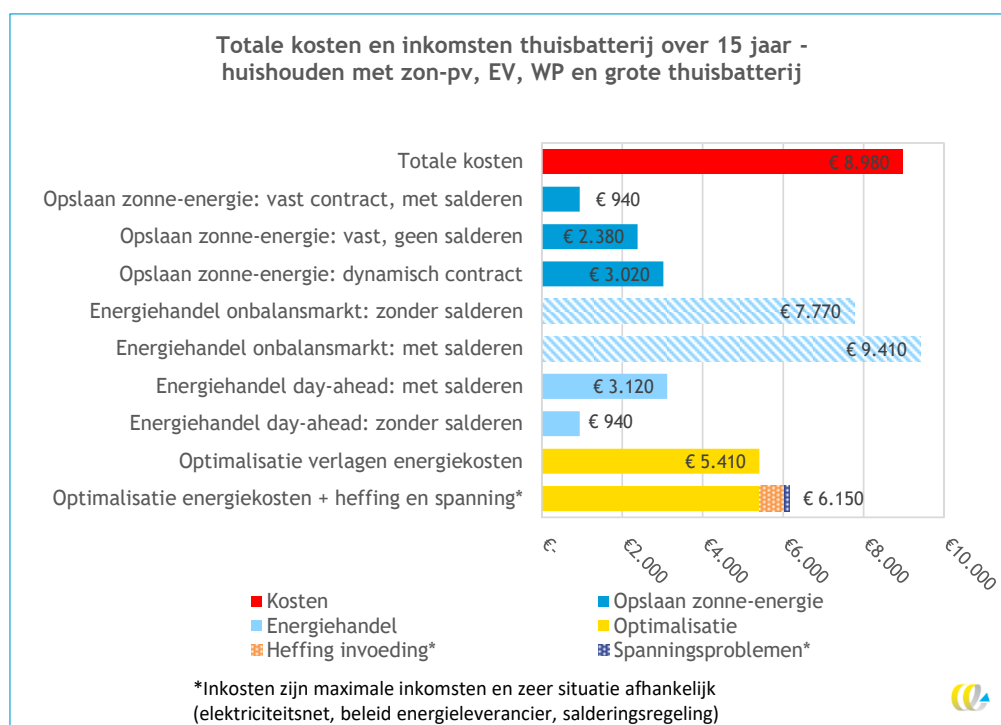
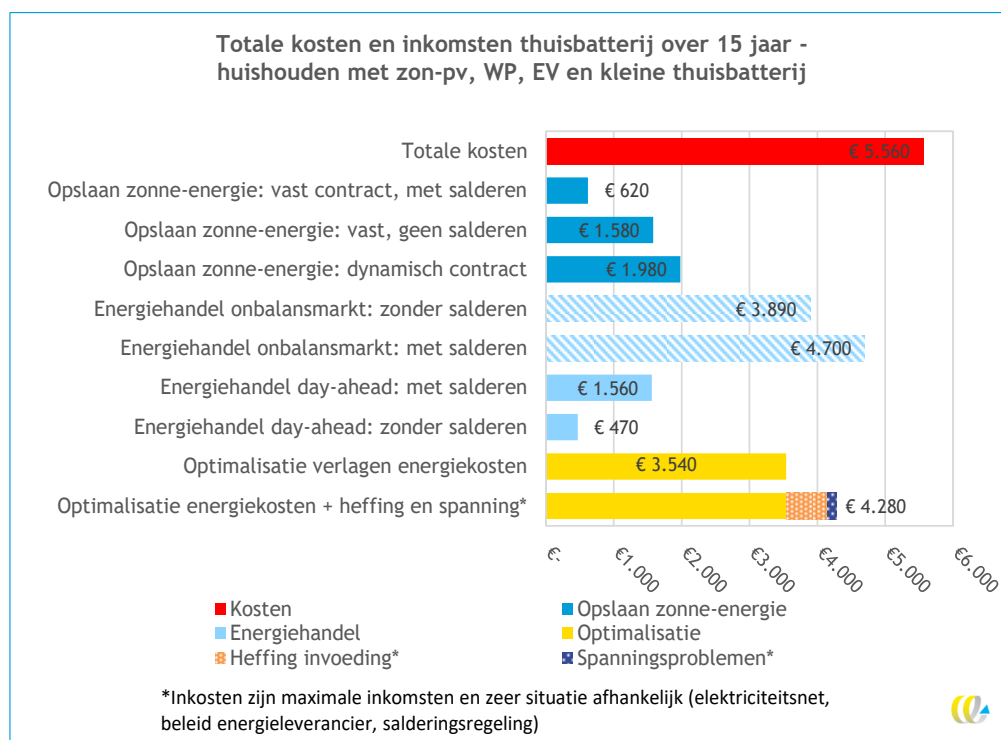
**Figuur 6 - Resultaten businesscase voor huishouden met zon-pv met kleine thuisbatterij (boven) en grote thuisbatterij (onder) \***



\* 'Heffing invoeding' betekent: inkomsten door voorkomen van eventuele heffing door energieleverancier voor invoeden zon-pv, en 'Inkomsten spanningsproblemen' betekent: voorkomen van afschakelen van omvormer door spanningsproblemen.



**Figuur 7 - Resultaten businesscase voor huishouden met zon-pv, WP en EV met kleine thuisbatterij (boven) en grote thuisbatterij (onder) \***



\* 'Heffing invoeding' betekent: inkomsten door voorkomen van eventuele heffing door energieleverancier voor invoeden zon-pv, en 'Inkomsten spanningsproblemen' betekent: voorkomen van afschakelen van omvormer door spanningsproblemen.



De eventuele inkomsten die thuisbatterijen kunnen verkrijgen voor congestie voorkomen of oplossen, is onderdeel van Hoofdstuk 4.



# 4 Verdieping: netcongestie en thuisbatterijen

In dit hoofdstuk analyseren we het effect van thuisbatterijen op netcongestie en is er een verdieping op Paragraaf 2.4. Dit doen we opgesplitst in verschillende thema's:

- In Paragraaf 4.1 beschrijven we het effect van thuisbatterijen op netcongestie met het huidige beleid. Daarbij kijken we naar twee manieren hoe de thuisbatterij ingezet kan worden en of dit piekbelasting zal verhogen of zal verlagen:
  - opslag van eigen zonne-energie;
  - handelen op de day-ahead-elektriciteitsmarkt. Hetzelfde effect ontstaat met inzet op de onbalansmarkt.
- In Paragraaf 4.2 onderzoeken we het technisch, organisatorisch en financieel potentieel van thuisbatterijen die actief netcongestie oplossen.
- Paragraaf 4.3 omvat onze conclusies voor dit onderdeel.

## Interpretatie resultaten

Deze resultaten zijn gebaseerd op modellering van 6 MSR's van de netbeheerders, met daarbij drie scenario's van de energievraag en twee scenario's over het aantal thuisbatterijen. De stations zijn geselecteerd, zodat ze verschillende eigenschappen hebben en zo verschillende typen wijken en gebieden vertegenwoordigen. Deze analyses geven een goed beeld van de interactie van thuisbatterijen met netcongestie. De conclusies zijn afgestemd met de netbeheerders en komen overeen met hun eigen analyses. De resultaten zijn dus niet gebaseerd op alle stations van Nederland, en voor specifieke locaties kunnen de resultaten anders zijn. Echter geeft deze analyse wel een goed beeld van de algemene situatie en is deze gevalideerd door de netbeheerders.

## 4.1 Effect thuisbatterijen op netcongestie met huidig beleid

Het effect van thuisbatterijen op het elektriciteitsnetwerk hangt sterk af van hoe de thuisbatterij ingezet wordt. In de huidige situatie kijken we daarbij dus zowel naar het opslaan van eigen zonne-energie als handel op de day-aheadmarkt. Aan de day-aheadmarkt kan deelgenomen worden via een dynamisch energiecontract.

Deze twee methodes kunnen ook goed gecombineerd worden, mits er een algoritme is dat dit goed kan aansturen. De inzet van de thuisbatterij via deze twee methoden, beschouwen we in deze paragraaf. Eventueel (nieuw) beleid voor inzet van thuisbatterijen om netcongestie op te lossen, beschouwen we in de volgende paragrafen.

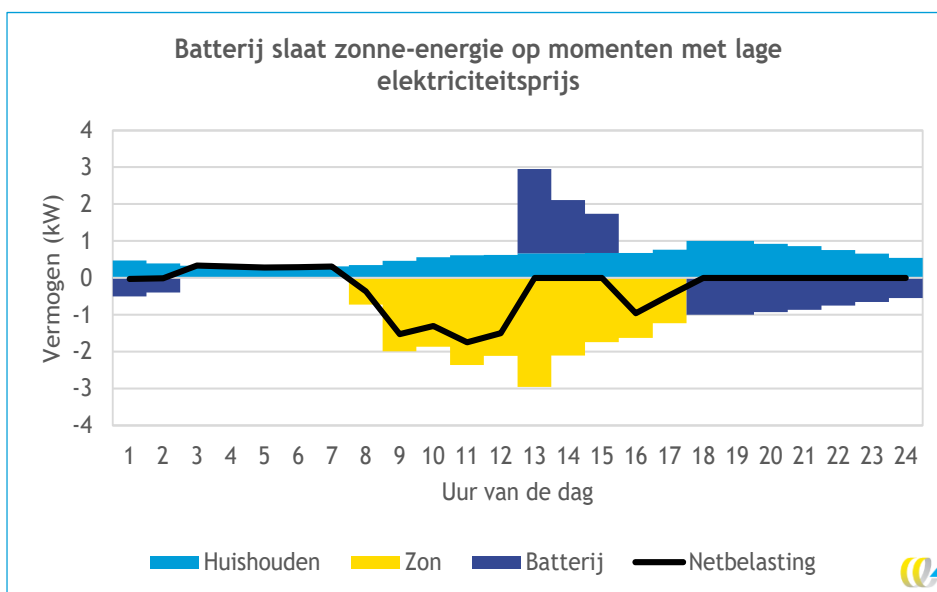
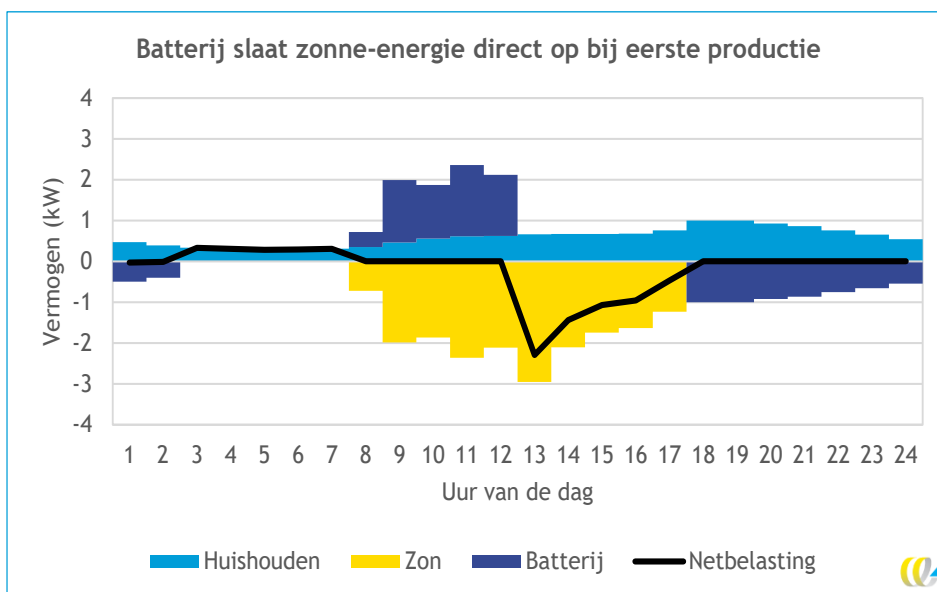
### 4.1.1 Effect thuisbatterij op piekbelasting huishouden

#### Opslaan zonne-energie

Als de thuisbatterij niet acteert op de energiemarkten, zal deze opgeladen worden met de eerste overschotten van de eigen zonne-energie. Dit is weergegeven boven in Figuur 8. In het voorbeeld dat hier is weergegeven, is de thuisbatterij al vol voordat de hoogste pieken starten, de opslagcapaciteit is te klein om alle zonne-energie op te slaan.

De meeste thuisbatterijen zullen wel acteren gebaseerd op de elektriciteitsprijzen. Thuisbatterijen zullen dan zonne-energie naar verwachting opslaan op momenten dat de elektriciteitsprijs het allerlaagste is. Veel dagen kan de batterij niet alle energie opslaan. Dan wordt die energie op uren met een hogere prijs en zon-pv productie niet opgeslagen, maar direct aan het net geleverd. Er kan namelijk het meest geld verdiend worden door het op een later moment te verkopen of zelf te gebruiken. Deze situatie is weergegeven onder in Figuur 8. Dit moment zal vaak samenvallen met momenten met hoge opwek. In dit voorbeeld is het uur met de hoogste opwek (12:00 uur) echter niet het moment met de laagste prijs, waardoor de batterij voornamelijk oplaadt om 10:00 en 11:00 uur.

**Figuur 8 - Voorbeelddagen opslaan overtollige zonne-energie in thuisbatterij met opladen met eerste zonne-energie en op momenten met laagste elektriciteitsprijs**



De thuisbatterij heeft op dit moment geen financiële prikkel om de piekbelasting zoveel mogelijk te verlagen. De enige prijsprykkels die er nu zijn, zijn volledige afkomstig van de energiemarkten. Als de thuisbatterij puur laadt gebaseerd op de zon-pv productie en ontladt als er vraag is, blijkt dat de piekbelasting niet of nauwelijks verlaagd wordt, zoals weergegeven in Tabel 16. Dit komt doordat de thuisbatterij simpelweg niet groot genoeg is om alle zonne-energie op te slaan die gedurende een dag wordt geproduceerd. Bij een huishouden met zon-pv is er daarnaast ook te weinig vraag om de batterij gedurende zomerse dagen weer te ontladen. Als er een airco geplaatst is en gebruikt wordt op die momenten, is dit wellicht anders. Een mogelijkheid is om de batterij te ontladen en te leveren aan het net.

Tabel 16 - Impact op piekvermogen van thuisbatterij die wordt ingezet om zonne-energie op te slaan op momenten met de laagste energieprij. We bepalen de maximale piek per jaar.

Type huishouden	Batterij	Piekbelasting afname (kW)	Piekbelasting invoeding (kW)
Huishouden met zon-pv met zon-pv	Geen batterij	0,8	-3,3
	Kleine batterij (2,5 kW, 5 kWh)	0,8	-3,3
	Grote batterij (5 kW, 10 kWh)	0,8	-3,3
Huishouden met zon-pv, WP en EV	Geen batterij	5,0	-3,1
	Kleine batterij (2,5 kW, 5 kWh)	5,0	-3,1
	Grote batterij (5 kW, 10 kWh)	5,0	-3,0

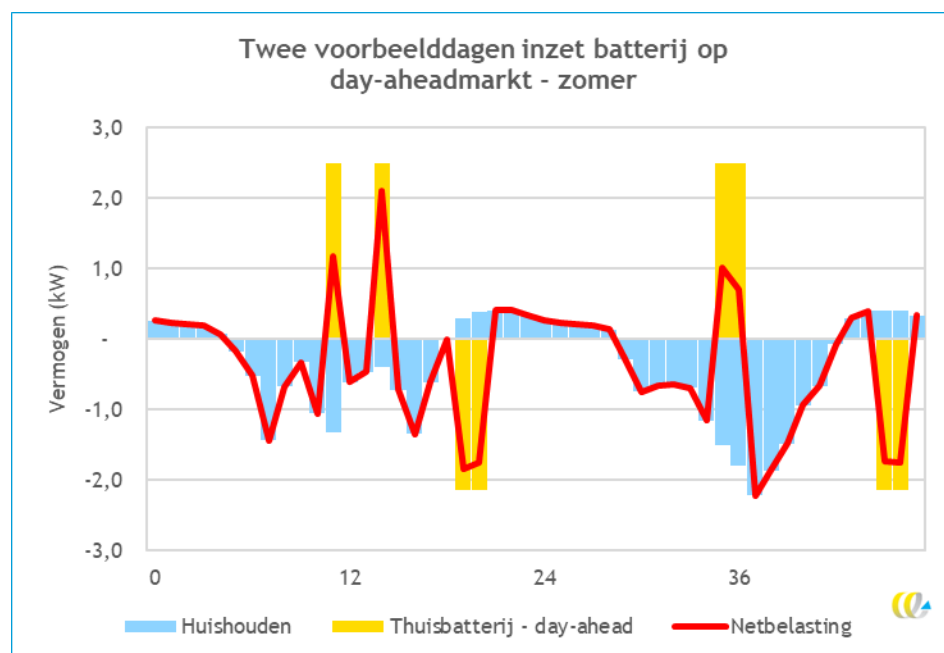
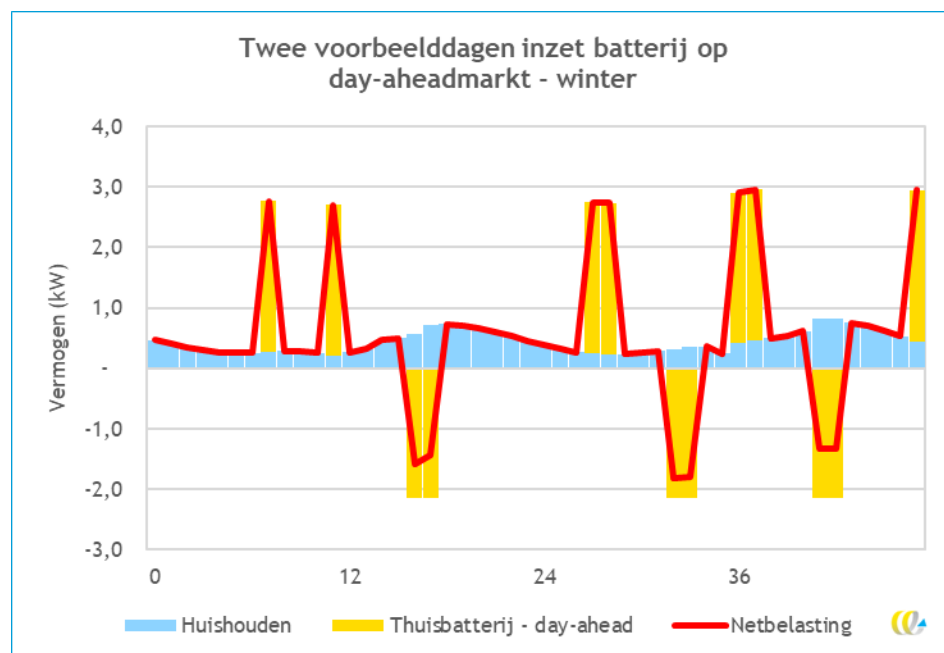
## Handel op elektriciteitsmarkt

In onze modellering hebben we met ons PowerFlex-model geprognosticeerd wat de verwachte elektriciteitsprijs per uur is. Dit kan gekoppeld worden aan het elektriciteitsverbruik van de woning. In Figuur 9 zijn twee voorbeelddagen weergegeven voor de inzet van de kleine batterij (2,5 kW, 5 kWh) op de day-aheadmarkt voor een huishouden met zon-pv zonder extra elektrische apparaten met zon-pv.

### Tekstbox 3 - Interpretatie vermogensgetallen

Alle genoemde vermogens zijn de bijdrage van één huishouden aan de piekbelasting op het elektriciteitsnetwerk. De belasting op de aansluiting zal op sommige momenten hoger zijn. Het belangrijkste is echter om te kijken naar het gezamenlijke effect van huishoudens op het elektriciteitsnetwerk. Doordat de piek van alle huishoudens niet op hetzelfde moment voorkomt, zal de bijdrage aan de totale piek op het elektriciteitsnet lager zijn dan de piek van een individueel huishouden. In de analyse wordt gerekend met bekende profielen van eerdere studies van CE Delft (CE Delft, 2021), het Energietransitiemodel en Elaad (Elaadnl, 2023). Het effect op een wijk bepalen we in Paragraaf 4.1.2.

Figuur 9 - Twee voorbeelddagen inzet thuisbatterij op APX-markt en daarmee verhoging netbelasting. Onderstaande resultaten zijn voor kleine batterij en huishouden met zon-pv.



Uit deze figuren blijkt ten eerste dat het vermogen van de batterijen erg groot is ten opzichte van het vermogen van het huishouden. Het piekvermogen van afname voor een huishouden zonder warmtepomp en elektrische auto is ongeveer 1 kW en voor invoeding is het piekvermogen -3,3 kW. Voor een huishouden met elektrische auto en warmtepomp is de verwachte piekbelasting voor afname 5 kW en voor afname -3,1 kW. In Paragraaf 4.1.2 onderzoeken we het effect op de netbelasting hiervan.

## Optimale inzet

In de businesscase-analyse in Paragraaf 3.3.3 is de optimale inzet van de thuisbatterij bepaald. De thuisbatterij laadt met eigen zonne-energie en additioneel op momenten met lage elektriciteitsprijzen. De batterij ontladst op momenten met vraag en levert soms aan het net als de elektriciteitsprijzen erg hoog zijn. Uit de analyses blijkt dat de piek voor opwek voor het huishouden niet verlaagd wordt. De afnamepiek neemt wel toe doordat de batterij soms extra oplaadt van het net op de momenten dat de elektriciteitsprijzen laag zijn. In Paragraaf 4.1.2 onderzoeken we het effect op de netbelasting hiervan.

Tabel 17 - Impact op piekvermogen van thuisbatterij die optimaal wordt ingezet voor verlagen energiekosten

Type huishouden	Batterij	Piekbelasting afname (kW)	Piekbelasting invoeding (kW)
Huishouden met zon-pv	Geen batterij	0,8 kW	- 3,3 kW
	Kleine batterij (2,5 kW, 5 kWh)	3,2 kW	- 3,3 kW
	Grote batterij (5 kW, 10 kWh)	5,4 kW	-3,2 kW
Huishouden met zon-pv, WP en EV	Geen batterij	5,0 kW	-3,1 kW
	Kleine batterij (2,5 kW, 5 kWh)	6,5 kW	-3,1 kW
	Grote batterij (5 kW, 10 kWh)	9,0 kW	-3,1 kW

### 4.1.2 Effect thuisbatterijen op piekbelasting MSR-stations

In deze analyse is het effect onderzocht van thuisbatterijen op een netstation in de wijk: de zogenaamde MSR, oftewel: een MS/LS-transformator. We doen dit voor twee netbelastingsprofielen: gerealiseerde gemeten data van 2022 en een prognose van de netbelasting met extra zonnepanelen, warmtepompen en elektrische auto's.

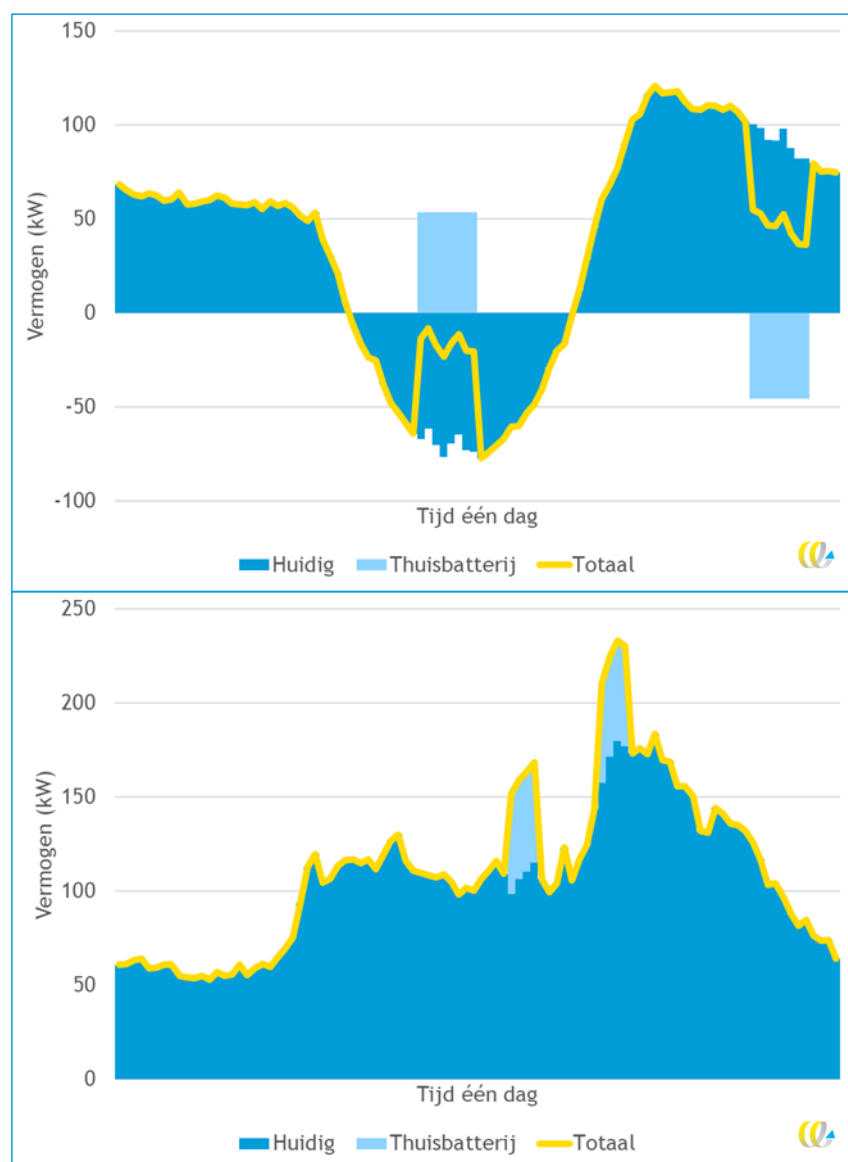
#### Huidige belasting MSR's

Voor deze studie heeft Liander data verstrekt van ongeveer 30 middenspanningsruimtes (MS/LS-transformatoren) in het jaar 2022. Er zijn geen prognoses beschikbaar en/of gedeeld van de toekomstige vermogensvraag. CE Delft heeft van de 30 stations er zes geselecteerd die verschillen in stedelijkheid en gemiddeld bouwjaar. Deze resultaten vertegenwoordigen niet alle MSR's in Nederland, omdat het dus slechts een steekproef is en geen afspiegeling. De eigenschappen per MSR's staan hieronder weergegeven.

Tabel 18 - Informatie van MSR's

Nummer	Gemeente	Stedelijkheid	Dominant bouwjaar	Aantal aangeslotenen	Aantal klanten met opwek
MSR 1	Neder-Betuwe	Landelijk	1970-1995	224	51
MSR 2	Oude IJsselstreek	Laagstedelijk	<1970	164	30
MSR 3	Almere	Hoogstedelijk	1995>	185	46
MSR 4	Harderwijk	Laagstedelijk	1995>	235	56
MSR 5	Bergen (NH)	Landelijk	1995>	113	24
MSR 6	Ede	Hoogstedelijk	1970-1995	115	74

Figuur 10 - Twee voorbeelddagen voor interactie thuisbatterij. Boven toont de batterij 'positief gedrag' door te laden op een gunstig moment waardoor er minder zon-invoeding is en ontlad de batterij bij hoge prijzen gedurende de avondpiek. In het voorbeeld onder toont de batterij 'negatief gedrag' door de piekbelasting verder te verhogen door te laden op momenten met hoge netbelasting.





Voor deze analyse is uitgegaan van de inzet van thuisbatterijen op de day-aheadmarkt in 2030. Een thuisbatterij die wordt ingezet om te handelen op de energiemarkten, wordt in 2030 volgens onze analyse ongeveer 1.000 uur ingezet. 500 uur om te laden en 500 uur om te ontladen. De mate van inzet wordt sterk beperkt door de energiebelasting en btw. Zonder energiebelasting en btw zou deze batterij in 2030 namelijk ongeveer 3.000 uur per jaar ingezet worden.

De zes wijken zijn gemodelleerd, waarbij we aannemen dat 5 of 10% van de woningen een thuisbatterij neemt. De thuisbatterijen worden in de huidige situatie dus ingezet om eigen zonne-energie op te slaan en/of te handelen op de day-aheadmarkt. Daarom is dit gedrag gemodelleerd en toegevoegd op de huidige stationsbelasting.

De situatie zoals weergegeven in Figuur 10 blijkt uit onze analyses meerdere momenten per jaar voor te komen. Dit resulteert erin dat de pieken verhoogd worden. De resultaten van deze analyse voor het jaar 2022 zijn weergegeven in Tabel 19 voor de zes typische wijken en 5% thuisbatterijen. De piekbelasting voor invoeding wordt niet verlaagd door thuisbatterijen. Er wordt wel opgeladen als de zon schijnt, maar niet voldoende om alle pieken op te lossen. De piekbelasting voor invoeding wordt met 5% thuisbatterijen beperkt verhoogd door inzet op de elektriciteitsmarkt. De piek voor afname wordt slechts enkele kwartieren per jaar hoger, zoals weergegeven in Tabel 19. De piek voor invoeding wordt voor alle MSR's dus wel verhoogd.

Tabel 19 - Resultaten netbelasting met 5% grote thuisbatterij - huidige netbelasting

Nummer	Huidig		5% grote thuisbatterij - inzet APX-markt 2030				Totaal aantal kwartieren
	Piek-belasting afname (kW)	Piek-belasting invoeding (kW)	Piek-belasting afname (kW)	Piek-belasting invoeding (kW)	Aantal kwartieren hogere piekbelasting (afname)	Aantal kwartieren hogere piekbelasting (invoeding)	
MSR 1	211	-145	233	-166	3	13	16
MSR 2	153	-104	156	-125	1	21	22
MSR 3	174	-53	174	-61	-	5	40
MSR 4	210	-75	264	-109	4	57	61
MSR 5	116	-74	116	-95	-	26	26
MSR 6	173	-246	183	-246	1	4	5

Bij een aandeel van 10% thuisbatterijen is het effect op het piekbelasting groter, opnieuw uitgaande van het huidige netbelastingprofiel. De piek voor afname wordt ongeveer 5 tot 100 kwartieren verhoogd. De piek voor invoeding wordt ook een behoorlijke aantal kwartieren met een redelijk groot vermogen verhoogd. De pieken worden zo'n 30 tot 100% hoger, potentieel dus meer dan verdubbeld.

Tabel 20 - Resultaten netbelasting met 10% grote thuisbatterij - huidige netbelasting

Nummer	Huidig		10% grote thuisbatterij - inzet APX-markt 2030				
	Piek-belasting afname (kW)	Piek-belasting invoeding (kW)	Piek-belasting afname (kW)	Piek-belasting invoeding (kW)	Aantal kwartieren hogere piekbelasting (afname)	Aantal kwartieren hogere piekbelasting (invoeding)	Totaal aantal kwartieren
MSR 1	211	-145	287	-211	92	62	154
MSR 2	153	-104	194	-157	19	78	97
MSR 3	174	-53	235	-116	76	110	186
MSR 4	210	-75	320	-158	83	112	195
MSR 5	116	-74	131	-118	4	81	85
MSR 6	173	-246	210	-270	4	17	21

Het effect hiervan op het elektriciteitsnetwerk is niet direct te bepalen: dit hangt af van de netcapaciteit en die verschilt sterk per wijk. Daarnaast hangt het af van de toekomstige ontwikkeling van de elektriciteitsvraag, waar we hieronder op reflecteren.

### *Oorzaak hogere piekbelasting door thuisbatterijen*

Het klinkt wellicht niet logisch dat thuisbatterijen resulteren in hogere piekbelasting op het net. Er zijn verschillende redenen dat dit plaatsvindt:

- Door onder andere windenergie zijn er momenten dat de energieprijis laag is ondanks dat er lokaal al een hoge netbelasting is. De thuisbatterij gaat dan wel opladen ondanks dat er al veel vraag is.
- Het vermogen van thuisbatterijen is best groot ten opzichte van de netbelasting. Het gebeurt soms dat de thuisbatterijen laden op een moment voor de piekbelasting van de huishoudens. Maar doordat het vermogen van de thuisbatterijen best hoog is, ontstaan er dan nieuwe pieken, dus op andere momenten dan de originele piekbelasting.

### **Inschatting toekomstige netbelasting MSR's**

De analyse is uitgevoerd op verkregen data van het jaar 2022. Het aantal elektrische auto's, zonnepanelen en warmtepompen is echter nog beperkt. Er is geen data van de stationsbelasting beschikbaar voor deze studie voor het jaar 2030. Omdat er geen stationsbelasting beschikbaar is, hebben we zelf een profiel opgesteld waarbij het aantal huishoudens met sterke elektrificatie toeneemt. Daarvoor nemen we aan dat 33% additionele huishoudens zonnepanelen, een elektrische auto, een warmtepomp en elektrische kookplaat nemen. Dit resulteert in een veel hogere elektriciteitsvraag en piekbelasting op het net, zoals weergegeven in Tabel 21.

Tabel 21 - Inschatting netbelasting met 33% additioneel EV, warmtepompen en zon-pv zonder thuisbatterij

	Huidige netbelasting voor huidige wijk		Netbelasting met 33% additioneel EV, warmtepompen en zon-pv	
	Piekbelasting invoeding (kW)	Piekbelasting afname (kW)	Piekbelasting invoeding (kW)	Piekbelasting afname (kW)
MSR 1	-145	211	-345	465
MSR 2	-104	153	-248	317
MSR 3	-53	174	-146	275
MSR 4	-75	210	-296	484
MSR 5	-74	116	-185	265
MSR 6	-246	173	-339	294

Tabel 21 laat een enorme toename zien in de netbelasting per wijk. De piekbelasting voor opwek neemt 100 tot 200 kW toe door extra zonnepanelen. De netbelasting voor afname neemt 100 tot 250 kW toe door de extra elektrische auto's en warmtepompen.

We hebben het effect van thuisbatterijen op de netbelasting opnieuw onderzocht voor als 5 of 10% van de woningen een thuisbatterij neemt. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 22 en Tabel 23. Het blijkt dat thuisbatterijen de pieken met deze aannames en netbelastingprofielen veel minder verhogen. Dit komt doordat het vermogen van de thuisbatterijen relatief klein is ten opzichte van de totale vermogens van elektrische auto's en warmtepompen. De piekbelasting neemt zo'n 5 tot 25% toe bij 5% thuisbatterijen en 10 tot 50% bij 10% thuisbatterijen.

Tabel 22 - Resultaten netbelasting met 5% grote thuisbatterij - netbelasting met extra zon-pv, EV en warmtepompen

Nummer	Huidig		5% grote thuisbatterij - inzet APX-markt 2030				
	Piekbelasting afname (kW)	Piekbelasting invoeding (kW)	Piekbelasting afname (kW)	Piekbelasting invoeding (kW)	Aantal kwartieren hogere piekbelasting (afname)	Aantal kwartieren hogere piekbelasting (invoeding)	Totaal aantal kwartieren
MSR 1	465	-345	477	-359	3	1	4
MSR 2	317	-248	327	-250	4	3	7
MSR 3	275	-146	303	-181	4	4	8
MSR 4	484	-296	523	-344	3	6	9
MSR 5	265	-185	244	-208	-	4	4
MSR 6	294	-339	307	-351	1	1	2

Tabel 23 - Resultaten netbelasting met 10% thuisbatterij - netbelasting met extra zon-pv, EV en warmtepompen

Nummer	Huidig		10% grote thuisbatterij - inzet APX-markt 2030				
	Piek-belasting afname (kW)	Piek-belasting invoeding (kW)	Piek-belasting afname (kW)	Piek-belasting invoeding (kW)	Aantal kwartieren hogere piekbelasting (afname)	Aantal kwartieren hogere piekbelasting (invoeding)	Totaal aantal kwartieren
MSR 1	465	-345	530	-405	4	9	13
MSR 2	317	-248	365	-282	4	13	17
MSR 3	275	-146	348	-219	4	30	34
MSR 4	484	-296	580	-393	4	16	20
MSR 5	265	-185	255	-231	-	8	8
MSR 6	294	-339	334	-374	4	4	8

Als extra gevoeligheidsanalyse hebben we deze berekeningen ook uitgevoerd als 33% van de huishoudens een thuisbatterij neemt, oftewel alle huishoudens die ook een warmtepomp, elektrische auto en zonnepanelen nemen. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 24. Met zo'n veel hoger aantal thuisbatterijen neemt het aantal kwartieren dat de netbelasting stijgt enorm toe, zo'n 150 tot 2.100 kwartieren per jaar. De piekbelasting stijgt 50% tot 150%. Dit geeft aan dat het effect van thuisbatterijen op netcongestie sterk afhankelijk is tussen de verhouding van het aantal elektrische auto's, warmtepompen en thuisbatterijen. Thuisbatterijen kunnen een grotere rol spelen in het oplossen van netcongestie in wijken die vooral veel zon-pv kennen en relatief weinig elektriciteitsvraag.

Tabel 24 - Resultaten netbelasting met 33% grote thuisbatterij - netbelasting met extra zon-pv, EV en warmtepompen

Nummer	Met extra zon-pv, EV en warmtepomp		33% grote thuisbatterij - inzet APX-markt 2030				
	Maximale belasting	Minimale belasting	Maximale belasting	Minimale belasting	Aantal kwartieren hogere maximale belasting (afname)	Aantal kwartieren hogere minimale belasting (invoeding)	Totaal aantal kwartieren
MSR 1	465	-345	776	-615	237	125	362
MSR 2	317	-248	537	-430	261	130	391
MSR 3	275	-146	552	-393	1.156	953	2.109
MSR 4	484	-296	841	-616	229	145	374
MSR 5	265	-185	379	-337	46	131	177
MSR 6	294	-339	458	-481	71	72	143

## Belangrijke onzekerheid: handelen op energiemarkten

In onze analyses zijn we uitgegaan van wat nu de verwachte profielen zijn in de toekomst. Voor de inzet van thuisbatterijen wordt daarbij rekening gehouden met de inzet op de day-aheadmarkt. De gebruiksprofielen voor overige elektrische toepassingen zijn gebaseerd op wanneer mensen thuiskomen en hun auto laden en op het moment van warmtevraag voor

het gebruik van warmtepompen. Er is echter één belangrijk aspect dat niet in deze profielen opgenomen is wat grote invloed kan hebben op de resultaten: het sturen op de elektriciteitsprijzen.

De maximale gelijktijdige piek van elektrische voertuigen is nu 1,2 kW/auto in het belastingsprofiel van ElaadNL. Dit komt doordat niet alle auto's tegelijk laden en niet allen op vol vermogen. Ook de warmtepompen worden in de profielen vaak op andere momenten ingezet dan de elektrische auto. Met een dynamisch energiecontract zullen in de toekomst ook de elektrische auto en warmtepomp elektriciteit vragen als de prijs laag is.

Alle applicaties zullen dan op hetzelfde moment elektriciteit afnemen van het net. Dit kan leiden tot hogere pieken dan waar nu in onze analyse en door de netbeheerders rekening mee gehouden wordt. De thuisbatterij zal ook op de day-aheadmarkt acteren en daarmee potentieel de piek dus tijdens momenten met lage prijzen verder verhogen door te laden.

Het opslaan van elektriciteit afkomstig van zon-pv in een thuisbatterij heeft an sich een gunstig effect op de mate van netbelasting voor invoeding. Uit onze analyse blijkt echter dat er te weinig capaciteit in een thuisbatterij zit om de piek ieder uur te verlagen. Hierin is een samenwerking met andere technieken nog niet meegenomen. Daarnaast zullen de thuisbatterijen aan de randen van de zonnepiek soms ook laden en potentieel op die momenten de piek voor afname verder verhogen.

In Tabel 25 is een eerste analyse opgenomen voor het effect als zowel de elektrische auto en de thuisbatterij op de day-aheadmarkt sturen. De maximale netbelasting zonder thuisbatterij neemt al sterk toe als de elektrische auto stuurt op de day-aheadprijs, met 25 tot 50%. De thuisbatterij verhoogt die piek vervolgens met een additionele 5 tot 15%. Het vermogen van de thuisbatterij is kleiner dan dat van de EV's waardoor de absolute toename van de piek meevalt. Echter neemt de piek wel toe met een groot gedeelte van het totale vermogen thuisbatterijen. Dit percentage verschilt per MSR maar is 30 tot 100%.

Tabel 25 - Effect sturing van elektrische auto en thuisbatterij op day-aheadmarkt - scenario met 33% extra zon-pv, elektrische auto en warmtepomp en 10% thuisbatterijen.

Nummer	EV-laadgedrag volgens ElaadNL-profiel		EV-profiel: sturing op elektriciteitsprijs		
	Maximale belasting zonder thuisbatterij	Maximale belasting met 10% grote thuisbatterij	Maximale belasting zonder thuisbatterij	Maximale belasting met 10% grote thuisbatterij	Piekverhogen thuisbatterij t.o.v. vermogen thuisbatterij
MSR 1	465	530	694	763	65%
MSR 2	317	365	467	538	95%
MSR 3	275	348	358	405	50%
MSR 4	484	580	712	794	70%
MSR 5	265	255	335	389	100%
MSR 6	294	334	408	425	30%

## 4.2 Thuisbatterijen inzetten om netcongestie op te lossen

Uit de analyses in Paragraaf 4.1.1 concluderen we dat met het huidige beleid thuisbatterijen de piekbelasting van woningen niet gaan verlagen en naar verwachting zelfs gaan verhogen door te handelen op de energiemarkten. Thuisbatterijen kunnen echter ook ingezet worden om de piekbelasting te verlagen.

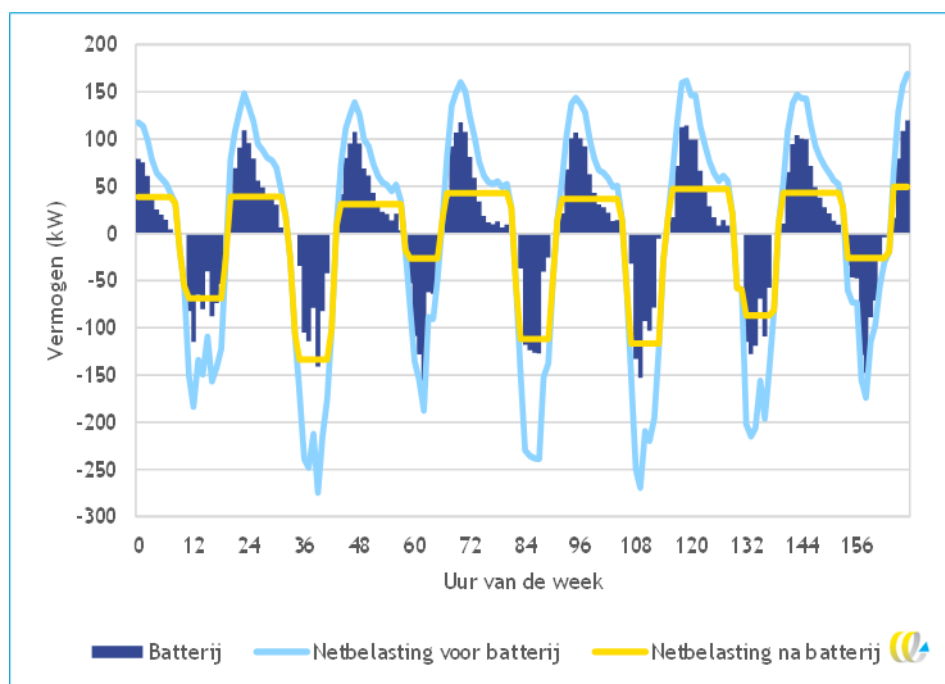
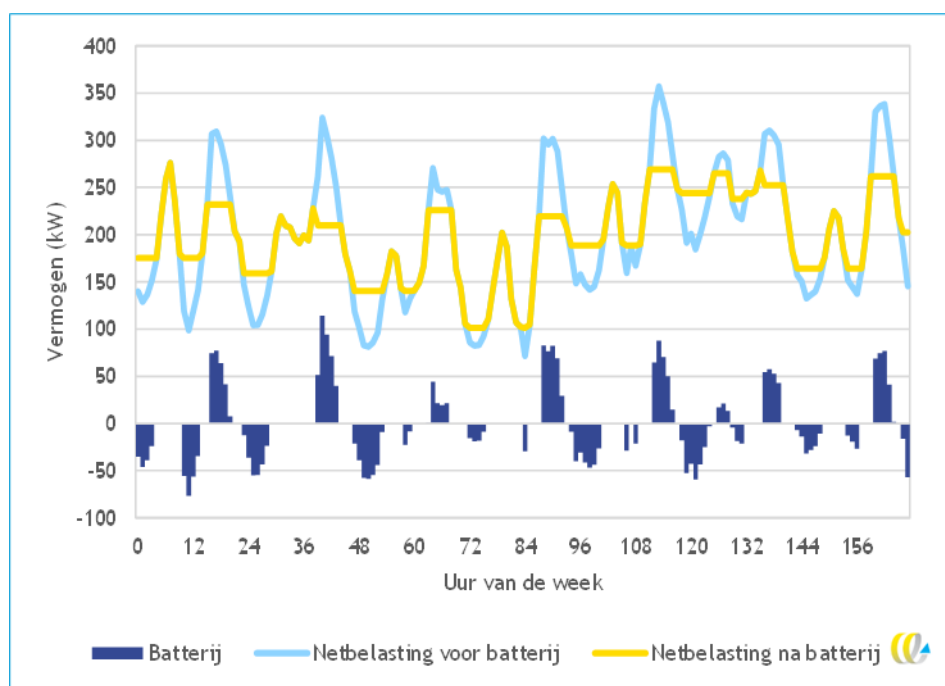
## 4.2.1 Technisch potentieel

Eerst bepalen we het technisch potentieel van thuisbatterijen om netcongestie te verlichten. We gaan er hierbij vanuit dat de thuisbatterij volledig wordt ingezet om netcongestie op te lossen. Hiervoor zijn er nog wel verschillende organisatorische, contractuele en financiële beperkingen, die aan bod komen in Paragraaf 4.2.2. Deze paragraaf omvat puur de technische analyse. In de praktijk zou de batterij ingezet kunnen worden voor het verlagen van de energiekosten, als die niet gebruikt hoeft te worden voor het oplossen van netcongestie. We bepalen hoeveel de piekbelasting gereduceerd kan worden voor twee scenario's met twee hoeveelheden thuisbatterijen:

- Huidige MSR-data: dit is dus een huidige wijk met het huidig aantal zonnepanelen, warmtepompen en elektrische auto's. We hebben dezelfde MSR-data gebruikt als de analyse in Paragraaf 4.1.2 over het jaar 2022. Hiervoor bepalen we het effect voor twee scenario's:
  - 5% van de huishoudens heeft een thuisbatterijen, uitgaande van de grote thuisbatterij met 5 kW en 10 kWh.
  - 10% van de huishoudens heeft een thuisbatterijen, uitgaande van de grote thuisbatterij met 5 kW en 10 kWh.
- Wijk met verdere elektrificatie: voor de analyse voegen we aan de huidige netbelasting extra zonnepanelen, warmtepompen en elektrische auto's toe. We gaan er daarbij van uit dat 33% van de huishoudens deze applicaties nemen. We rekenen hierbij met een hoger aandeel thuisbatterijen vanwege de verdere groei van de elektrificatie:
  - 10% thuisbatterijen;
  - 33% thuisbatterijen.
- De netbeheerders hebben aangegeven dat er in verschillende wijken een veel snellere doorgroei is van zon-pv ten opzichte van elektrische auto's en warmtepompen. We voeren daarom een gevoeligheidsanalyse uit met 50% extra zon-pv, 20% extra elektrische auto's en 10% extra warmtepompen ten opzichte van de huidige situatie.

Figuur 11 toont de inzet van thuisbatterijen voor het oplossen van netcongestie in twee voorbeeldweken. Het toont het verlagen van pieken voor afname en invoeding voor een week in de winter en een week in de zomer.

Figuur 11 - Voorbeeld resultaat inzet thuisbatterijen voor oplossen netcongestie voor week in de winter (boven) en week in de zomer (onder)<sup>3</sup>



<sup>3</sup> In deze situatie analyseren we niet het potentieel om met een thuisbatterij binnen een bepaalde netcapaciteit te blijven. Dit omdat de netcapaciteit sterk verschilt per wijk. Daarom onderzoeken we hoeveel de piek verlaagd kan worden. Het algoritme verlaagt daarom op ieder moment de pieken naar een zo'n laag mogelijke nabelasting. Dit resulteert in een nieuwe vlakke piekbelasting per dag. In onze analyses houden we rekening met de nieuwe hoogste piek en hoeveel uren inzet van de batterij vereist is om te komen tot die nieuwe hoogste piek.

We bepalen het effect op de piekbelasting omdat dit een representatiever beeld geeft dan de absolute vermogensreductie. De beschikbare netcapaciteit verschilt sterk per wijk, en of netcongestie ontstaat heeft ook veel te maken met hoeveel woningen er zijn ten opzichte van de MSR. Een percentage geeft dus een representatiever inzicht. Met de netbeheerder is het effect op de netinvesteringen van deze reductie vastgesteld in Paragraaf 4.2.3. De gegevens van de MSR's zijn weergegeven in Tabel 26.

Tabel 26 - Ontwikkeling netbelasting voor afname en invoeding voor zes MSR's

	Piekbelasting - Wijk met huidige huishoudens		Piekbelasting - Wijk met 33% extra zon-pv, warmtepomp en EV	
	Maximale belasting (kW)	Minimale belasting (kW)	Maximale belasting (kW)	Minimale belasting (kW)
MSR 1	211	-145	465	-345
MSR 2	153	-104	317	-248
MSR 3	174	-53	275	-146
MSR 4	210	-75	484	-296
MSR 5	116	-74	265	-185
MSR 6	173	-246	294	-339

De piekbelasting voor MSR 1 tot 5 wordt veroorzaakt door afname, zowel in de huidige situatie als bij de gemodelleerde toename van elektrificatie. De netbelasting stijgt voor deze MSR's met 60 tot 130% door de additionele elektrificatie. In Paragraaf 4.1.2 hebben we toegelicht hoe thuisbatterijen deze pieken nog verder kunnen verhogen.

## Resultaten technisch potentieel congestie oplossen

De twee type wijken zijn dus gemodelleerd met een laag en hoog scenario thuisbatterijen. De hoogste piek is voornamelijk voor afname en niet voor invoeding. In Tabel 27 zijn de resultaten weergegeven. De weergegeven piek is de 99%-waarde.

Tabel 27 - Resultaten verlagen van piekbelasting met thuisbatterijen voor huidige wijk en wijk met extra elektrificatie met 33% voor zon-pv, warmtepomp en EV

	Verlagen piekbelasting - Wijk met huidige huishoudens			Verlagen piekbelasting - Wijk met 33% extra zon-pv, warmtepomp en EV		
	Type piek na batterij	5% grote thuisbatterij	10% grote thuisbatterij	Type piek na batterij	10% grote thuisbatterij	33% grote thuisbatterij
MSR 1	Afname	-15%	-23%	Afname	-5%	-10%
MSR 2	Afname	-15%	-21%	Afname	-5%	-10%
MSR 3	Afname	-15%	-21%	Afname	-8%	-15%
MSR 4	Afname	-20%	-26%	Afname	-6%	-10%
MSR 5	Afname	-17%	-31%	Afname	-6%	-11%
MSR 6	Invoeding	-4%	-9%	Afname	-7%	-12%

In de huidige situatie kunnen 5% thuisbatterijen de piek met 5 tot 20% reduceren. Als 10% van de huishoudens een thuisbatterij nemen, kan de piek 10 tot 30% gereduceerd worden. Als de elektrificatie in de toekomst verder toeneemt, kan hetzelfde aantal thuisbatterijen de pieken relatief minder reduceren. Als 10% van de huishoudens in die toekomstige situatie thuisbatterijen nemen, kan de piek 5 tot 8% gereduceerd worden. Voor MSR 6 geldt dat de



opwekpiekbelasting beter opgelost kan worden, waardoor afname de nieuwe piek bepaalt. Met een penetratie van 33% thuisbatterijen (oftewel alle huishoudens die ook extra zonnepanelen, warmtepompen en elektrische auto's nemen) kan de piek 10 tot 15% gereduceerd worden. Deze reductie betekent dat in een aantal wijken in Nederland netverzaring uitgesteld kan worden. Hoeveel wijken dit zijn en hoeveel tijd er gewonnen wordt, is onzeker, omdat er nog geen integrale informatie beschikbaar is die zulke doorrekeningen mogelijk maakt. Het technisch potentieel is er dus voor een deel van de wijken, maar eerst wordt in Paragraaf 4.2.2 bekeken of het ook organisatorisch en financieel mogelijk is.

Uit onze analyses blijkt dat de thuisbatterij 500 tot 1.500 vollasturen per jaar actief moet zijn om deze pieken te kunnen verlagen. Hierbij wordt rekening gehouden met het opladen, ontladen en wachten van de batterij om de pieken te reduceren. Het aantal uren dat de batterij actief moet zijn, oftewel iets moet doen maar niet per se op vol vermogen, hangt sterk af van de netcapaciteit.

#### Tekstbox 4 - Thuisbatterij en oplossen spanningsproblemen

Naast het verlagen van de piekbelasting kunnen thuisbatterijen ook bijdragen aan dat het voltage niet te veel toeneemt in het laagspanningsnetwerk. Dit heten ook wel 'spanningsproblemen'. Dit is nu het meest concrete probleem in het laagspanningsnetwerk. Doordat er te veel zonne-energie wordt geproduceerd, neemt het voltage toe. Als veiligheidsmechanisme schakelen omvormers dan automatisch uit. Dit effect vindt vooral plaats op lange elektriciteitskabels. Dit effect is lastig te modelleren, maar kan er op de korte termijn zeker aan bijdragen dat zonnepanelen en omvormers minder afgeschakeld worden. Thuisbatterijen kunnen eraan bijdragen als er meer vraag is op die momenten, dit zal echter niet op ieder piekmoment zijn zoals onderzocht in Paragraaf 4.1.2. Het aantal spanningsproblemen zal dus echter wel afnemen naar verwachting.

## Congestie oplossen in wijk met veel meer zon-pv

De netbeheerders verwachten in een aantal wijken een veel verdere toename van zon-pv. Er is daarom als gevoeligheidsanalyse een scenario doorgerekend waarbij de thuisbatterij volledig wordt ingezet om de piekbelasting te verlagen voor die type wijken. Thuisbatterijen zullen dus in deze wijken niet zomaar de pieken verlagen, dat hebben we al geconcludeerd in Paragraaf 4.1.2. Thuisbatterijen zullen namelijk op momenten met lage prijzen op vol vermogen laden, terwijl om congestie op te lossen ze veel vlakker moeten laden. Dit is dus niet de inzet met de huidige markten en vereist een aanpassing in beleid, zoals verder toegelicht in de hierop volgende paragrafen.

Er is een scenario doorgerekend met 20% elektrische auto's, 10% warmtepompen en 50% extra zon-pv met extra hoog vermogen (5 kW-piek in plaats van 3,5 kW-piek). De resultaten voor dit scenario zijn weergegeven in Tabel 28. Als 10% van de huishoudens een thuisbatterij heeft, kan de piek 6 tot 11% technisch gereduceerd worden. Bij 33% thuisbatterijen wordt de piek 18 tot 28% gereduceerd bij de juiste inzet. Deze piekreductie is dus hoger dan de berekende piekreductie voor het scenario met 33% extra zon-pv, EV en warmtepompen. Thuisbatterijen kunnen dus extra bijdragen aan de piekreductie in wijken waar er veel zon-pv is ten opzichte van wijken met veel relatief meer elektriciteitsverbruik.

Tabel 28 - Resultaten verlagen van piekbelasting met thuisbatterijen voor wijk met extra elektrificatie en veel zon-pv (20% EV, 10% warmtepompen en 50% zon-pv met hoog vermogen)

	Piekbelasting - Wijk met extra elektrificatie en veel zon-pv		Verlagen piekbelasting - Wijk met extra elektrificatie en veel zon-pv en thuisbatterijen		
	Maximale netbelasting (kW)	Minimale netbelasting (kW)	Type piek na batterij	10% grote thuisbatterij	33% grote thuisbatterij
MSR 1	226	-477	Invoeding	-10%	-25%
MSR 2	147	-354	Invoeding	-8%	-23%
MSR 3	155	-204	Invoeding	-11%	-28%
MSR 4	228	-470	Invoeding	-10%	-25%
MSR 5	111	-254	Invoeding	-10%	-24%
MSR 6	160	-370	Invoeding	-6%	-18%

## 4.2.2 Organisatie en financiële waarde congestie oplossen

Om thuisbatterijen in te zetten voor het oplossen van netcongestie, zijn (financiële) prikkels of contracten nodig. Daarbij zien we drie dominante mogelijkheden die hieronder verder worden toegelicht:

- **Nieuwe kleinverbruikerstarieven:** de kleinverbruikerstarieven hervormen zou ertoe kunnen leiden dat batterijen ingezet worden om de eigen piekbelasting te verlagen en zo netcongestie te voorkomen. Via de nettarieven kunnen batterijen congestieneutraal aangesloten worden. Daarnaast zou de eerder besproken directe sturing onderdeel kunnen zijn van het nettatarief. Dit betekent dat de netbeheerder via directe sturing op een maximaal aantal momenten de thuisbatterij mag beperken om zo netcongestie te voorkomen.
- **Congestiemangement:** de netbeheerder betaalt via congestiemanagement om netcongestie te voorkomen of op te lossen. Afhankelijk van hoe hoog die kosten zijn, bepaalt de netbeheerder of die congestiemanagement blijft inzetten of het netwerk verzwakt.
- **Verzwaren tenzij:** de netbeheerders werken met een ‘Afwegingskader verzwaren tenzij’ (OTE, 2018). Daarin moet het iedere investering in de elektriciteitsinfrastructuur afwegen tegen andere alternatieven, zoals de inzet van thuisbatterijen. Dit kan worden gezien als een permanente variant op congestiemanagement.

In Paragraaf 4.2.1 is de analyse uitgevoerd met grote thuisbatterijen om de piekbelasting te verlagen. Afhankelijk van het scenario en de MSR is een inzet van de thuisbatterij voor 500 tot 1.500 uur per jaar nodig. Dit is dus wel gebaseerd op slechts twee scenario's en zes MSR's. Deze analyse geeft een goed beeld van de situatie in de meeste wijken in Nederland. In specifieke wijken kan het zijn dat er minder of meer uren vereist zijn om congestie op te lossen.

### Nieuwe nettarieven

De netbeheerders werken aan een nieuw tariefstelsel voor kleinverbruikers ter vervanging van het capaciteitstarief. De aanleiding is dat het steeds meer verschilt hoeveel huishoudens het elektriciteitsnetwerk belasten. De gemiddelde belasting van huishoudelijke apparaten is 1 kW. Het piekvermogen van een elektrische auto's is 11 kW (afhankelijk van de laadsnelheid), 2 tot 5 kW elektrisch voor een warmtepomp en rond de 5 kW voor een thuisbatterij. De netbelasting van een huishouden gaat dus sterk veranderen, terwijl met het capaciteitstarief alle huishoudens hetzelfde betalen.

De netbeheerders werken nu aan twee mogelijke varianten, waarbij de voorkeur uit lijkt te gaan naar de eerste:

- **Time-of-use pricing:** het nettatarief verschilt per moment. Een huishouden gaat dan stroom gebruiken of invoeden als de totale prijs van elektriciteit en nettarieven het laagst is. Veel uren is er een laag nettatarief, maar de uren met een hoge verwachte netbelasting zal het tarief hoger zijn. Time-of-use pricing is nu de voorkeursvariant vanuit de netbeheerders.
- **Bandbreedte model +:** het netwerktarief gebaseerd is op het vermogen in plaats van het vermogen van de aansluiting. Het tarief omvat verschillende bandbreedtes van bijvoorbeeld 5, 10 en 15 kW voor een jaar. Een huishouden betaalt een hoger netwerktarief als het een hogere bandbreedte heeft. Een mogelijkheid is dat huishoudens zelf een bandbreedte selecteren en additioneel moeten betalen als ze elektriciteit verbruiken boven de bandbreedte (bijvoorbeeld 0,50 €/kWh).

Een nieuwe tariefstructuur biedt een extra kans, maar ook een extra barrière voor een thuisbatterij. Met een thuisbatterij is het wellicht mogelijk om de kosten voor het nettatarief te verlagen, waardoor een extra businesscase voor thuisbatterijen ontstaat. Een ander nettatarief kan echter ook een belemmering zijn voor de businesscase van thuisbatterijen. Een thuisbatterij kan immers niet op ieder moment vrij handelen als het daarmee de bandbreedte zou overschrijden of er hoge nettarieven zijn. Mogelijk kan er dus minder geld verdiend worden met energiehandel, waardoor de businesscase verslechtert.

Een eventuele nettatariefstructuur staat nog niet vast en het zal nog jaren duren voordat het ingevoerd is. Dit omdat er eerst verder onderzoek door de netbeheerders vereist is, er afstemming tussen netbeheerders en marktpartijen nodig is en de invoering via de toezicht-houder nog minstens één tot twee jaar duurt. Er is nu nog te weinig concrete informatie beschikbaar om het effect voor thuisbatterijen te bepalen. Nettarieven zijn vooral geschikt om de piek van het huishouden zelf te verlagen. Om congestie op te lossen, moet de thuisbatterij echter optimaliseren op het net. Dus op bepaalde momenten met vol vermogen laden of ontladen om zo de piekbelasting op het net te voorkomen. Dit wordt met een nieuw netwerktarief niet financieel beloond en thuisbatterijen zullen dus dat gedrag met alleen nettarieven niet gaan uitvoeren.

Een aandachtspunt vanuit de netbeheerders is dat de prijsprikkels in de nettarieven een maximum kennen, bepaald door de spelregels in de Elektriciteitswet en Netcode. Daarmee kan het dus zo zijn dat de prijsprikkels van de netbeheerder lager zijn dan de prijsprikkels vanuit de energiemarkten, oftewel: de prijsprikkels die leiden tot hogere pieken. De netbeheerders zijn nog bezig met een doorontwikkeling van de nettarieven, waarin onder andere dit wordt onderzocht. Omdat de vormgeving van de tarieven nog niet vaststaat, kon dit in deze studie niet onderzocht worden.

## Financiële grens netcongestiemanagement

De financiële grens in congestiemanagement is 1,02 €/MWh-transportcapaciteit/jaar voor middenspanning. Als congestiemanagement ook wordt toegepast op laagspanning, zal dit bedrag wellicht anders zijn. Dit is het maximale bedrag dat de netbeheerder mag uitgeven. Voor een netvlak van 500 kW, ongeveer het vermogen van een MS/LS-station, is het totale budget:  $1,02 \text{ €/MWh/jaar} * 0,5 \text{ kW} * 8.760 \text{ uur/jaar} = 4.500 \text{ €/jaar}$ . Dit budget mag de netbeheerder uitgeven om netcongestie voor opwek en afname op te lossen, via bijvoorbeeld thuisbatterijen, elektrische auto's, curtailment van zon-pv of andere technieken. Het hangt dus sterk af hoeveel netcongestie er is qua vermogen (kW) en het aantal uren per jaar (kWh netcongestie) hoeveel budget er is per woning of thuisbatterij. De hoeveelheid

netcongestie bepaalt ook of thuisbatterijen een oplossing kunnen zijn voor de netcongestie in het gebied. Als de congestie bijvoorbeeld te veel uren achter elkaar duurt, kunnen thuisbatterijen geen oplossing bieden.

## Alternatief voor netverzwaring

In het kader ‘Verzwaren tenzij’ moeten netbeheerders bij een investering in het elektriciteitsnetwerk bepalen of er een meer kosteneffectieve methode is. Dit zou flexibel energiegebruik of opslag in batterijen kunnen zijn. In Tabel 29 zijn de gemiddelde vereiste investeringen voor het verzwaren van het LS- en het MS-netwerk opgenomen gebaseerd op kengetallen van Netbeheer Nederland (Netbeheer Nederland, 2019). Dit is verrekend naar de kosten voor de netbeheerder per jaar voor één kW en voor een nieuwe woning met een gelijktijdig vermogen per kW<sup>4</sup>. De jaarlijkse kosten voor de netbeheerder zijn rond de € 20 tot € 30 per kW voor een netinvestering voor een woning. Een thuisbatterij zou deze netinvestering wellicht kunnen voorkomen, waar de netbeheerder dus in dat geval dit bedrag voor zou kunnen uitkeren.

Tabel 29 - Kosten netbeheerder voor netinvestering voor woningen

Netinvestering	Netinvestering netuitbreiding (€/kW-gelijktijdig vermogen)	Kosten netbeheerder per jaar voor netinvestering (€/kW/jaar)
LS-netwerk (LS-kabels en MS/LS-transformator)	570 €/kW	33 €/kW/jaar
LS- en MS-netwerk (LS-kabels, MS/LS-transformatoren, MS-net en HS/MS-station)	830 €/kW	22 €/kW/jaar

### 4.2.3 Visie netbeheerders op thuisbatterijen als oplossing voor netcongestie

In een studie voor de Provincie Noord-Holland heeft Liander aangegeven dat buurtbatterijen geen voorkeursoplossing zijn voor netcongestie (Witteveen & Bos, 2023). Er zijn andere oplossingen die kosteneffectiever of goedkoper zijn. Daarnaast wordt congestiemanagement tot nu toe niet toegepast in laagspanningsnetten, maar alleen op hogere netvlakken. De verwachting van de netbeheerders is niet dat congestiemanagement snel toegepast wordt op laagspanningsnetwerken.

De netbeheerders geven aan nu primair te richten op het waarborgen dat thuisbatterijen de congestieproblematiek niet vergroten. Het oplossen van netcongestie is nog een volgende stap, waar nu niet de focus op ligt. De netbeheerders zien een hervorming van de nettarieven als belangrijke eerste stap om huishoudens een prikkel te geven het elektriciteitsnet efficiënt te benutten. Daarbij vragen ze zich wel af of de financiële prikkel voldoende is om het mogelijk verhogen van de piekbelasting door thuisbatterijen en andere applicaties door de energiemarkten te voorkomen. Daarom willen de netbeheerders ook de mogelijkheid realiseren om op een maximaal aantal momenten per jaar applicaties te kunnen beperken in hun elektriciteitsgebruik. Congestiemanagement of ‘verzwaren tenzij’ zijn opties die minder geschikt zijn voor laagspanningsnetwerk en consumenten.

<sup>4</sup> Hiervoor is uitgegaan van een afschrijftermijn van 45 jaar en een WACC (weighted average cost of capital) van 2,8%. Dit zijn de huidige uitgangspunten voor het vaststellen van de nettarieven vastgesteld door de ACM (ACM, 2021).



## 4.3 Conclusie thuisbatterijen en netcongestie

### 4.3.1 Huidige situatie: congestie vergroten?

We concluderen dat thuisbatterijen op dit moment geen financiële prikkel hebben om netcongestie te voorkomen of op te lossen. Er is wel een reden om zonne-energie op te slaan, wat soms zal helpen om netcongestie te voorkomen, maar niet altijd.

Inzet op de day-aheadmarkt resulteert erin dat de thuisbatterij de netbelasting van één woning zal vergroten.

Op wijkniveau is er gerekend met bestaande MS/LS-station waar algemene profielen voor de netbelasting voor elektrische auto's en warmtepompen aan toegevoegd is. Uit de resultaten blijkt dat het effect van thuisbatterijen op de piekbelasting sterk afhangt van het aantal elektrische auto's en warmtepompen ten opzichte van het aantal thuisbatterijen. Met de data van 2022 verwachten we bij 5% thuisbatterijen zeer beperkt effect. Bij 10% thuisbatterijen neemt de piek 10 tot 100% toe, maar wel maar een relatief beperkt aantal kwartieren per jaar.

In de toekomst neemt het elektriciteitsverbruik toe door onder andere meer elektrische auto's en warmtepompen. Het piekverhogende effect van 5 of 10% thuisbatterijen is dan beperkt, door de hogere energievraag van de EV en WP. Als in dit scenario echter 33% van de huishoudens een thuisbatterij neemt, resulteren deze thuisbatterijen wel in een hogere piekbelasting, doordat het totale vermogen thuisbatterijen groter is.

Tabel 30 - Overzicht effect van thuisbatterijen op verhogen piekbelasting elektriciteitsnet, de verschillende percentages horen bij verschillende MS/LS-stations

	Aandeel thuisbatterijen	Kwartieren piek verhoogd	Verhoging piekbelasting - afname	Verhoging piekbelasting - opwek
2022 - huidige situatie	5%	5-40	0 tot 25%	0 tot 40%
	10%	20-200	10 tot 50%	10 tot 110%
Huidige situatie + 33% warmtepompen, elektrische auto's en zon-pv	5%	0-10	0% tot 10%	0 tot 25%
	10%	10-40	0 tot 25%	10 tot 50%
	33%	150-2.000	40 tot 100%	40 tot 170%

Een belangrijke onzekerheid in deze analyse is hoe de belasting-profielen er in de toekomst uitzien. Het gebruik van warmtepompen, elektrische auto's en thuisbatterijen is afhankelijk van de energieprijzen. Als die laag zijn, is er dus een reële kans dat deze apparaten allemaal elektriciteit zullen vragen en er dus hogere pieken ontstaan dan aangenomen in deze analyse. Thuisbatterijen dragen dan dus samen met elektrische auto's en warmtepompen bij aan de piekbelasting.

### 4.3.2 Congestie oplossen en potentieel beleid daarvoor

Uit onze analyse concluderen we dat thuisbatterijen de piekbelasting op het net kunnen verlichten, mits strikte voorwaarden voor dit doel ingezet worden tijdens momenten van netcongestie. Kijkend naar de toekomstige situatie, waar het net immers voor ontworpen en gerealiseerd moet worden, met meer elektrische auto's, warmtepompen en zonnepanelen, kan de piek beperkt gereduceerd worden als 10% van de huishoudens een thuisbatterij neemt. Met 33% thuisbatterijen kan de piek in totaal 10 tot 15% gereduceerd worden. Hiervoor is het vereist dat de thuisbatterij 500 tot 1.500 uur ingezet wordt.

Tabel 31 - Inschatting reductie piek door thuisbatterij gebaseerd op 6 MSRs

	Thuisbatterij	Thuisbatterij en oplossen spanningsproblemen
Huidige wijk	5% thuisbatterijen	5 tot 20%
	10% thuisbatterijen	10 tot 30%
Wijk met 33% extra zon-pv, warmtepompen en EV	10% thuisbatterijen	5 tot 8%
	33% thuisbatterijen	10 tot 15%

De netbeheerders geven aan dat een reductie van 15 tot 20% van de piekbelasting ertoe kan leiden dat investeringen voorkomen worden of op een later moment pas plaats hoeven te vinden. Echter is dit zeer locatiespecifiek en hangt dit af van de beschikbare netcapaciteit, het aantal woningen en het aantal grote applicaties (elektrische auto, warmtepomp, zonnepanelen en thuisbatterijen). Thuisbatterijen zouden dus vooral bij kunnen dragen aan de maakbaarheid van de energietransitie door netverzwaringen uit te stellen. In netvlakken waar de thuisbatterij dit kan realiseren, kan het dit naar verwachting kosteneffectief, aangezien de thuisbatterij een relatief beperkt aantal uren per jaar daarvoor ingezet moet worden. Het is op dit moment onduidelijk hoeveel netverzwaringen in LS-netwerken uitgesteld kunnen worden als de piekvraag beperkt gereduceerd kan worden met thuisbatterijen.

Nog een grote uitdaging daarbij is hoe het organisatorisch geregeld dient te worden. De netbeheerders werken daarvoor aan een hervorming van de nettarieven. Daarmee krijgen thuisbatterijen een incentive om de pieken van het huishouden te verlagen, maar worden ze niet optimaal ingezet om congestie op te lossen op het elektriciteitsnetwerk. Met alleen een hervorming van de nettarieven zal dus slechts een gedeelte van het potentieel voor congestie oplossen (totaal is ongeveer 5 tot 15%) daadwerkelijk gerealiseerd worden.

# 5 Overheidsbeleid in verschillende landen

## 5.1 Nederland

### 5.1.1 Algemeen: Nederland

Eind 2021 telde Nederland ongeveer één thuisbatterij op 6.000 huishoudens (Solar Magazine, 2022b). Sindsdien is het aantal geïnstalleerde exemplaren gestaag toegenomen, maar het totaal komt niet hoger dan enkele duizenden, wat in vergelijking met ons omringende landen (België en Duitsland) relatief weinig is. Er zijn meerdere factoren die hierbij kunnen meespelen, maar een belangrijke factor is waarschijnlijk het feit dat de thuisbatterij niet financieel voordelig is. Ten eerste zijn de kosten van aanschaf van een thuisbatterij vrij hoog, variërend tussen de € 2.500 en € 12.000 (CE Delft, 2023b). Daarnaast geldt in Nederland de salderingsregeling. De salderingsregeling houdt in dat de afgeleverde elektriciteit aan het net (door opwek met bijvoorbeeld zon-pv), weggestreept kan worden tegen dat wat van het net gehaald wordt aan elektriciteit. Daarmee fungeert het elektriciteitsnet eigenlijk als een gratis batterij en dit zal financieel dus altijd interessanter zijn dan de aanschaf van een thuisbatterij. De terugverdientijd van de thuisbatterij is op dit moment dan ook behoorlijk. Uit het voorliggende onderzoek blijkt dat de terugverdientijd van de thuisbatterij bij afschaffing van de salderingsregeling op 15 tot 20 jaar komt te liggen.

Hoewel de thuisbatterij op dit moment niet populair is in Nederland, zijn er wel ontwikkelingen die hier verandering in zouden kunnen brengen. Op het moment van schrijven van dit rapport ligt er een voorstel voor afschaffing van de salderingsregeling bij de Eerste Kamer. Daarnaast vindt er een politieke discussie plaats over een mogelijke subsidie voor thuis- en buurtbatterijen. Meer hierover volgt in Paragraaf 5.1.3. Voornamelijk als gevolg van de wens van het kabinet om de salderingsregeling af te schaffen, is er in de media en de rest van de samenleving ook veel aandacht voor de thuisbatterij.

### 5.1.2 Huidig beleid: Nederland

Op dit moment is er in Nederland geen beleid gericht op het stimuleren van de aanschaf of het gebruik van een thuisbatterij. Het voornaamste bestaande beleid dat relevant is met betrekking tot de thuisbatterij, is de salderingsregeling. Deze regeling is ontworpen om de aanschaf van zonnepanelen te stimuleren, maar geeft in die hoedanigheid ook een negatieve prikkel voor mensen om een thuisbatterij aan te schaffen. Het net functioneert met de salderingsregeling namelijk eigenlijk als een grote batterij. We gaan hieronder daarom wat dieper in op de salderingsregeling en de werking ervan. Ook gaan we kort in op de dubbele energiebelasting, die de investering in thuisbatterijen mogelijk minder aantrekkelijk kan maken.

#### **Salderingsregeling**

De salderingsregeling bestaat sinds 2004 en is vastgelegd in de Elektriciteitswet 1998. De regeling is ontworpen in het licht van de opkomst van productie van (hernieuwbare) elektriciteit ‘achter de meter’. De regeling zorgt voor een financieel voordeel en vormt





daarmee een stimulering voor decentrale opwek. Voornamelijk huishoudens die zonnepanelen op hun dak hebben maken veel gebruik van de regeling. De elektriciteit die door deze zonnepanelen geproduceerd wordt, is vaak niet op hetzelfde moment nodig. De elektriciteit die niet nodig is, wordt aan het elektriciteitsnet afgegeven en met de salderingsregeling kan deze weggestreept worden tegen de van het net gehaalde elektriciteit.

De salderingsregeling voorziet dat over het jaar heen de afgenomen elektriciteit en de ingevoede elektriciteit tegen elkaar worden weggestreept. Daarmee geeft de salderingsregeling een financieel voordeel, doordat men netto voor het weggestreepte deel helemaal geen belastingen betaalt. Indien je als prosumer over het jaar heen meer elektriciteit aan het net afgeeft dan afneemt, krijg je een vergoeding voor deze elektriciteit, die afhankelijk is van je energieleverancier. Indien over het jaar heen meer van het net wordt afgenomen dan ingevoerd, betaalt de consument over dit deel de gewone elektriciteitsprijs. De salderingsregeling geeft een prikkel voor mensen om thuis duurzame energie op te wekken (voornamelijk met zonnepanelen), aangezien de investering met deze regeling sneller terugverdiend is dan zonder en netto op de energierekening bespaard kan worden (Tweede Kamer der Staten Generaal, 2020).

Met deze regeling functioneert het elektriciteitsnet voor zonnepaneelhouders dus als een grote gratis batterij, waarbij huishoudens energie kunnen blijven toevoegen en daar financieel voordeel uit halen. Dit zorgt ervoor dat er geen drijfveer is om op het moment van opwek direct gebruik te maken van de zonnestroom of een batterij aan te schaffen voor opslag.

De salderingsregeling kan daarnaast ook tot voordelen leiden voor mensen die reeds een thuisbatterij hebben, indien deze ook acteert op de energiemarkt. Er worden namelijk geen belastingen betaald over het deel van de elektriciteit dat middels de salderingsregeling tegen elkaar wordt weggestreept. Indien de salderingsregeling weg zou vallen, zouden er wel belastingen betaald moeten worden over alle elektriciteit die door de batterij van het net genomen wordt. Hierover wordt in de volgende paragraaf 'Afschaffing dubbele energiebelasting' meer uitgelegd.

## **Deelname thuisbatterij elektriciteitsmarkt via aggregatoren**

Met een thuisbatterij is het ook mogelijk om deel te nemen aan de verschillende elektriciteitsmarkten. Meedoen als particulier op individuele basis is echter niet mogelijk voor alle elektriciteitsmarkten, doordat er minimumbiedgroottes gelden. Op basis van samenwerking kan echter wel meegedaan worden. Dit zorgt voor meer flexibiliteitsmogelijkheden en verhandeling van decentraal opgewekte elektriciteit. De Europese Elektriciteitsrichtlijn uit 2019 kent een aantal waarborgen om de markttoetreding van aggregatoren te bevorderen (EU, 2019).

Een voorbeeld van een initiatief uit Nederland is van Eneco, dat met het netwerk genaamd 'Crowdnett' een proef heeft gedaan om een groep thuisbatterijen gezamenlijk in te zetten op de FCR. De thuisbatterijen functioneren hierbij als een energiecentrale om zo reservecapaciteit te bieden om het net in balans te houden (Crowdnett, 2017). In Duitsland biedt Sonnen al een paar jaar iets vergelijkbaars aan, waardoor individuele huishoudens mee kunnen doen op verschillende markten waaronder de FCR (sonnen, 2020).





## Routekaart energieopslag

In het voorjaar van 2023 heeft het ministerie van EZK de Routekaart Energieopslag uitgebracht. Hierin worden de voor- en nadelen van de verschillende vormen van energieopslag, en daaruit volgend de wenselijkheid en de benodigde (beleidsmatige) acties besproken (Ministerie EZK, 2023).

Voor de thuisbatterij wordt aangegeven dat de wenselijkheid van het gebruik ervan nader onderzocht moet worden. Hiervoor baseert het ministerie zich op verschillende uitgevoerde studies (Ministerie EZK, 2023). Uit de genoemde studies blijkt dat netcongestie door de thuisbatterij voorkomen kan worden bij inzet voor opslag van zonne-energie achter de meter, maar het effect bij toepassing op de elektriciteitsmarkt is onzeker.

Het ministerie geeft een aantal redenen waarom zij een subsidie op de thuisbatterij als waarschijnlijk niet wenselijk ziet. In de Routekaart worden de volgende argumenten genoemd (Ministerie EZK, 2023) (pagina 91):

- Voor de productie van thuisbatterijen is voor een deel van de materialen een afhankelijkheid van landen met (geo)politieke risico's.
- De businesscase voor batterijen is niet rendabel voor het voorkomen van curtailment volgens verwachting van het ministerie. Daardoor is het onzeker hoeveel CO<sub>2</sub> er gereduceerd wordt met een thuisbatterij en of dit opweegt tegen de CO<sub>2</sub>-emissie tijdens de productie van de thuisbatterij. De elektrische auto reduceert bijvoorbeeld ook CO<sub>2</sub> doordat er fossiele brandstoffen worden vervangen. Er is nu nog geen studie naar de hoeveelheid CO<sub>2</sub>-productie en de relatie met hoeveel CO<sub>2</sub> een thuisbatterij reduceert.
- Het ministerie verwacht een flinke toename van elektrische auto's die dezelfde functie als de thuisbatterij kunnen vervullen en kansrijker worden geacht.

Een deel van deze argumenten wordt in deze studie verder geanalyseerd in Paragraaf 6.2.4.

## Huidig netwerktarief: het capaciteitstarief

Het huidige netwerktarief voor kleinverbruikers is het zogenaamde capaciteitstarief. Het tarief is bepaald door de capaciteit van de aansluiting op het elektriciteitsnetwerk, wat wordt uitgedrukt in het aantal Ampère (A). Het totale jaarlijkse capaciteitstarief bestaat uit drie componenten:

1. Het transporttarief is het grootste gedeelte van het tarief en dit betaalt het huishouden voor het transport van elektriciteit naar de aansluiting. Het tarief bestaat uit een vastrecht en een transportdiensttarief. Het transportdiensttarief is ongeveer 90% van het transporttarief en 70% van het totale netwerktarief.
2. Een aansluittarief voor het in stand houden van de netaansluiting.
3. Een meetdiensttarief voor de verhuur van en onderhoud aan de elektriciteitsmeter.

Het transportdiensttarief wordt bepaald door de rekencapaciteit (het vermogen per woning op hoeveel de netbeheerder het elektriciteitsnetwerk ontwerpt) vermenigvuldigd met één bedrag per kW. In Tabel 32 zijn de nettarieven voor kleinverbruikers voor Enexis opgenomen. In deze beschouwing gaan we uit als voorbeeld van Enexis, één van de drie grote netbeheerders in Nederland. Het bedrag per kW rekencapaciteit reflecteert de totale kosten voor Enexis voor het in stand houden van het elektriciteitsnetwerk en het transporteren van elektriciteit naar de aansluiting. Voor Enexis is dit bedrag voor 2023 vastgesteld op 59,18 €/kW-rekencapaciteit (inclusief btw). De rekencapaciteit is een vaststaand aantal kW, afhankelijk van het type aansluiting, ook opgenomen in Tabel 32. Voor een aansluiting tot 3x25A is de rekencapaciteit 4 kW. De totale inkomsten uit het transportdienst tarief door

Enexis in 2023 is € 570 miljoen. Doordat de rekencapaciteit voor een 3x35A aansluiting veel groter is, is daardoor het totale transporttarief dat ook. De rekencapaciteit per type aansluiting is opgenomen in de Tarieencode elektriciteit en vastgesteld door de ACM (ACM, 2022).

Tabel 32 - Capaciteitstarief voor Enexisklanten in 2023

Aansluitwaarde	Maximaal vermogen	Capaciteitstarief Enexis 2023 inclusief btw (€/jaar) (Enexis, 2023)	Rekencapaciteit (kW) (ACM, 2022)
Tot 3x25A-aansluiting	17 kW voor aansluiting van 3x25A	€ 325,89	4 kW
3x35A	24 kW	€ 1.282,90	20 kW
3x50A	34 kW	€ 1.874,72	30 kW

Er is voor consumenten dus een goede financiële reden om, wanneer mogelijk, binnen een 3x25A-aansluiting te blijven (de categorie waar meeste huishoudens binnen vallen). Dit zorgt voor lagere jaarlijkse kosten en er hoeft ook geen grotere aansluiting op het elektriciteitsnetwerk gerealiseerd te worden, wat ook weer kosten met zich mee brengt.

### 5.1.3 (Mogelijk) toekomstig beleid: Nederland

Op dit moment is er in Nederland geen direct beleid dat de aanschaf en/of het gebruik van thuisbatterijen stimuleert. Het zou echter kunnen dat dit in de toekomst verandert. De meest concrete ontwikkeling is de mogelijke afschaffing van de salderingsregeling. Daarnaast wordt er op politiek niveau gespeculeerd over een subsidie voor thuisbatterijen, zoals deze er ook in onze buurlanden is (geweest). Een andere maatregel die mogelijk in de toekomst wordt ingevoerd is een nieuw netwerktarief voor kleinverbruikers, waarmee deze gaan betalen op basis van de voorziene maximale netcapaciteit die zij gebruiken. In Hoofdstuk 5 beschouwen we potentieel additioneel beleid verder.

#### Afschaffing salderingsregeling

Het kabinet heeft voorgesteld om de salderingsregeling vanaf 2025 af te bouwen en vanaf 2031 volledig af te schaffen. Dit voorstel is gedaan omdat zonnepanelen steeds goedkoper worden en daarmee wordt de investering ook zonder salderingsregeling financieel steeds aantrekkelijker. De Tweede Kamer heeft met het voorstel ingestemd, de Eerste Kamer moet hier nog over stemmen (Ministerie van EZK, 2022).

De afbouw en afschaffing van de salderingsregeling kunnen een stimulerend effect voor de aanschaf van thuisbatterijen hebben. Zonder salderingsregeling kan zelf opgewekte elektriciteit namelijk niet meer weggestreept worden tegen de afgenomen elektriciteit van het elektriciteitsnet. Met opslag in een thuisbatterij kunnen hoge elektriciteitskosten voor elektriciteit van het net voorkomen worden. Energie kan opgeslagen worden op momenten dat de elektriciteit van het net goedkoop is en op momenten dat er eigen productie van elektriciteit is. Deze elektriciteit kan vervolgens gebruikt worden op momenten dat afnemen van het net relatief duur is.

## Afschaffing dubbele energiebelasting

Energiebelasting wordt in Nederland betaald door een afnemer van elektriciteit. Doordat een batterij aan de ene kant elektriciteit opneemt en aan de andere kant elektriciteit afgeeft, ontstond daarmee in Nederland bij de opkomst van (grootschalige) batterijen de situatie dat er tweemaal belasting betaald werd over de elektriciteit die door batterijen werd opgenomen: eenmaal door de eigenaar van de batterij bij afname van elektriciteit, en eenmaal door de eindgebruiker van de elektriciteit (Energieia, 2021).

Sinds 1 januari 2022 is de dubbele energiebelasting afgeschaft voor batterijen achter een grootverbruikersaansluiting. Voor batterijen achter een kleinverbruikersaansluiting is er niets veranderd. Dit heeft ermee te maken dat batterijen achter een kleinverbruikersaansluiting vooralsnog ontkomen aan het betalen van belasting door de salderingsregeling. Indien de salderingsregeling echter wordt afgeschaft, zal er een dubbele energiebelasting betaald gaan worden, zolang er niets verandert in de wet- en regelgeving.

Het ministerie van Financiën heeft onderzoek gedaan naar het afschaffen van de dubbele energiebelasting voor thuisbatterijen (Ministerie EZK, 2023). Er zijn twee routes onderzocht voor deze vrijstelling, namelijk een vrijstelling voor levering aan het net door de batterij en een teruggave van de energiebelasting. Het onderzoek concludeert dat de dubbele energiebelasting niet via de twee routes weggenomen kan worden. De redenen hiervoor zijn dat het aanpassingen in de meetinrichting vereist, er aanvullende administratieve lasten voor energieleveranciers bijkomen en er grote wijzigingen in de energiebelasting systematiek vereist zijn. Er wordt in een algemeen onderzoek naar de energiebelasting nog verder gekeken naar dit onderwerp.

## Subsidie voor thuisbatterijen

Direct gerelateerd aan de afbouw van de salderingsregeling is de politieke discussie over een mogelijke subsidie voor thuisbatterijen. De VVD, CU en D66 hebben onlangs een voorstel gedaan om de opbrengst van de afschaffing van de salderingsregeling te gebruiken voor het stimuleren van thuisbatterijen en buurtbatterijen. Dit zou om zo'n € 100 miljoen gaan, gericht op kostenreductie, innovatie en opschaling van de installatie- en productiecapaciteit (Solar Magazine, 2023a). Indieners van het voorstel zien een voordeel in het gebruik van eigen opgewekte energie vanwege autonomie en zien bovendien een rol in het voorkomen van netcongestie. Tegenstanders wijzen op de milieu-impact van thuisbatterijen en de hoge kosten, waardoor zij bovendien een risico zien dat voornamelijk burgers met een grote portemonnee er voordeel aan hebben (Tweede Kamer der Staten Generaal, 2023).

## Nieuwe kleinverbruikersnetwerktarieven

Er zijn op dit moment gesprekken gaande over de hervorming van de nettarieven voor kleinverbruikers. Er zijn twee varianten die het meest concreet overwogen worden.

Op het moment van schrijven van dit rapport is het nog onzeker of en welk nieuw tarief geïmplementeerd zal worden, al lijkt de voorkeur te gaan naar een time-of-use-tarief.

De twee mogelijke varianten zijn:

1. **Time-of-use-tarief:** het nettarief verschilt per uur of per kwartier. Op momenten met hoge netbelasting is het tarief hoog. Op momenten met lage netbelasting is het tarief nul of erg laag. Dit resulteert erin dat consumenten een totale afweging zullen maken wanneer zij stroom gaan gebruiken, daarbij kijkend naar zowel de elektriciteitsprijs op dat moment als het nettarief.

2. **Bandbreedtemodel+:** het tarief omvat verschillende bandbreedtes van bijvoorbeeld 5, 10 en 15 kW. Een huishouden betaalt een hoger netwerktarief als het een hogere bandbreedte heeft. Een huishouden betaalt een extra hoog nettarief als het elektriciteit verbruikt boven de bandbreedte (bijvoorbeeld 0,50 €/kWh).

Een nieuw nettarief kan twee economische effecten hebben op thuisbatterijen:

1. Verbetering businesscase doordat met een thuisbatterij hogere nettariefkosten voorkomen kunnen worden. De thuisbatterij wordt dan ingezet om het nettarief te verlagen, waardoor de terugverdientijd lager zal zijn.
2. Verslechtering businesscase door minder mogelijkheden energiehandel. Het handelen van energie resulteert in extra energie-uitwisseling met het netwerk en daarmee mogelijk in hogere pieken, zoals is onderzocht in Hoofdstuk 3. In een nieuwe tariefstructuur kan dit leiden tot hogere kosten, aangezien er meer betaald moet worden als er hogere pieken zijn. Deze extra kosten zouden dus de terugverdientijd kunnen verlengen.

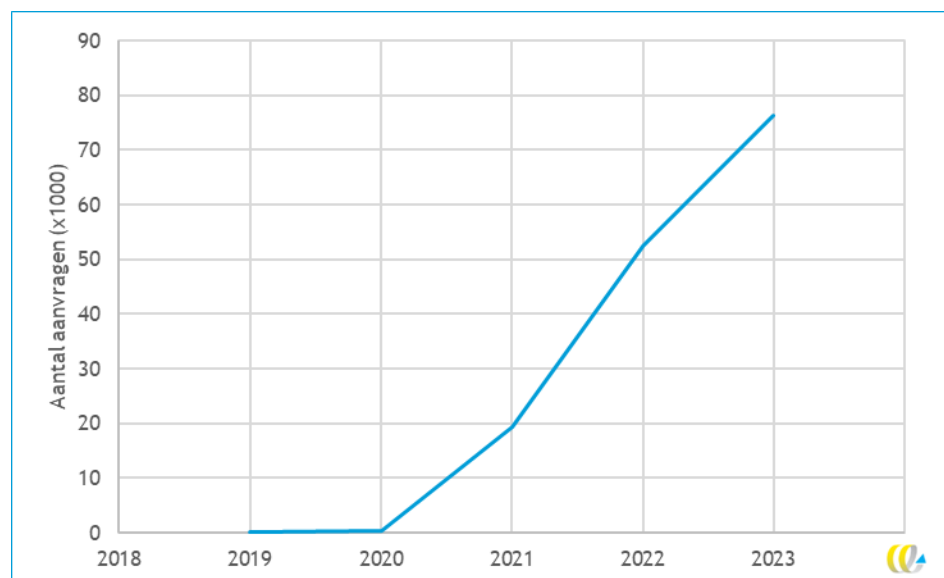
Het is nog te onzeker hoe het nettarief er uit gaat zien om te bepalen wat het effect op de inzet en businesscase van de thuisbatterij zal zijn. In het ontwerp van het nettarief is het belangrijk om thuisbatterijen mee te nemen. Voor de ontwikkeling van thuisbatterijen is het daarom logischerwijs ook belangrijk om de ontwikkeling op dit gebied te monitoren.

## 5.2 Vlaanderen

### 5.2.1 Algemeen: Vlaanderen

In 2019 jaar is in Vlaanderen een subsidieregeling ingevoerd, wat mee heeft gespeeld in de toename van de populariteit van de thuisbatterij (Emis, 2020). In eerste instantie werd er niet erg veel van gebruik gemaakt, maar in 2021 steeg het aantal aanvragen flink en in 2022 werd een recordaantal bereikt. Het is onduidelijk hoeveel thuisbatterijen er op dit moment in Vlaanderen in totaal zijn geïnstalleerd, maar de som van het aantal aanvragen naar subsidie geeft een indicatie. Deze som bedroeg medio 2023 ongeveer 75.000 en de toename over de tijd is weergegeven in Figuur 12 (Solar Magazine, 2023d). Eind 2022 was er in Vlaanderen één thuisbatterij per ongeveer 125 inwoners.

Figuur 12 - Aantal aanvragen subsidie Vlaanderen (x 1.000, cumulatief)



Bron: (Solar Magazine, 2023d).

Er zijn verschillende factoren die hebben bijgedragen aan de toegenomen populariteit van de thuisbatterij in Vlaanderen. Ongetwijfeld heeft de invoering van een subsidie hier invloed op gehad. Daarnaast is in Vlaanderen in 2021 de terugdraaiende teller afgeschaft. Deze regeling zorgde ervoor, op een vergelijkbare manier als de salderingsregeling dat in Nederland doet, dat het elektriciteitsnet als een gratis batterij gebruikt kon worden. De afschaffing zorgde in Vlaanderen dus voor een gunstigere businesscase voor thuisbatterijen.

Echter, ondanks de subsidie en de afschaffing van de terugdraaiende teller, bleef de terugverdientijd van een thuisbatterij in Vlaanderen vrij lang. In april 2021 schatte de Belgische minister van Energie (Demir) de terugverdientijd van de thuisbatterij op tien tot veertien jaar (Solar Magazine, 2022a). Er is geen grootschalig onderzoek hiernaar gevonden, dus deze claim is niet te valideren. De levensduur van een thuisbatterij varieert van zo'n tien tot twintig jaar. Hierdoor is het mogelijk dat de terugverdientijd binnen de levensduur van de thuisbatterij valt. Echt winstgevend was deze op dat moment echter nog niet, toch kozen gezinnen voor de aanschaf van een thuisbatterij (Nieuwsblad, 2022).

Factoren die mee kunnen spelen, zijn (Alpha-Ess, 2020) (Engie, 2023):

- Thuisbatterijen worden door leveranciers vaak in combinatie met zonnepanelen aangeboden. Gezamenlijk leveren ze wel een financieel interessante optie.
- De aanschaf van een thuisbatterij geeft mensen een onafhankelijker gevoel van het elektriciteitsnet of van de overheid.

De huidige (extreem) hoge energieprijzen brengen overigens de terugverdientijd flink omlaag. Zolang deze hoog blijven, zal de businesscase van thuisbatterijen dus wel relatief gunstig zijn.

## 5.2.2 Huidig beleid: Vlaanderen

### Subsidie

In 2019 is er in Vlaanderen een subsidie voor de aanschaf van een thuisbatterij ingevoerd. De eerste paar jaar van de regeling gold er een subsidiebedrag van € 250 per geïnstalleerde kWh, met een maximum van € 3.200 of 35% van het aankoopbedrag. Initieel was het plan al om de subsidie langzaam af te bouwen om oversubsidiëring te voorkomen, maar in 2022 is besloten om de subsidie versneld af te bouwen. De reden daarvoor was volgens minister Demir dat de subsidie er niet toe leidde dat meer huishoudens de thuisbatterij namen. Ook bij een terugverdientijd van tien tot vijftien jaar of langer kochten huishoudens de thuisbatterij (Nieuwsblad, 2022). Per april 2023 is de subsidie volledig stopgezet.

### Afschaf van de terugdraaiende teller

Dit is een beleidsmaatregel die lijkt op de salderingsregeling in Nederland. Tot 1 maart 2021 konden consumenten in Vlaanderen die zonnepanelen installeerden, gebruikmaken van de zogenaamde terugdraaiende teller. Zonnepaneeleigenaars hadden hier vijftien jaar recht op. De regeling werkt als volgt: als iemand stroom van het net afneemt, telt de teller op, en op het moment dat iemand stroom teruglevert aan het net, telt de teller af. Op jaarbasis wordt het netto verbruik berekend. Wanneer dit positief is, wordt over dit verbruik gewoon betaald. Wanneer dit negatief is, wordt uiteindelijk niet betaald, maar wordt ook geen vergoeding ontvangen voor de extra elektriciteit die aan het net is afgegeven. Daarnaast betaalt men het zogenaamde prosumentarief, een vergoeding voor gebruik van het

net welke afhankelijk is van het netgebied en het maximale vermogen van de omvormer van de zonnepaneleninstallatie (zonnepanelenenergie.be, 2020).

De VREG (Vlaamse Reguleringsinstantie voor de elektriciteits- en gasmarkt) is naar het Grondwettelijk Hof gestapt, omdat zij tegen verlenging van de regeling waren. De terugdraaiende teller is afgeschaft omdat het transmissienettarief (de vergoeding voor het hoogspanningsnet), geen Vlaamse, maar een federale bevoegdheid is (VREG, 2021).

Bij gebruik van een digitale meter, kan op dit moment geen gebruik meer gemaakt worden van de terugdraaiende teller. Daarnaast betaalt men geen prosumementtarief meer, maar een tarief op basis van de reële afname. Ter vervanging van de terugdraaiende teller is het injectietarief ingevoerd; dit is een bedrag dat de consument ontvangt voor ingevoede elektriciteit en het tarief is afhankelijk van de energieleverancier. De vergoeding is lager dan het tarief dat men betaalt voor afname van elektriciteit van het net, waardoor direct gebruik wordt gestimuleerd (Vlaamse overheid, n.d.). Bij gebruik van een analoge teller, kan men nog wel gebruik maken van de terugdraaiende teller. In dit geval is het namelijk niet mogelijk om een teruglevercontract af te sluiten, welke nodig is om een injectievergoeding te ontvangen. Analoge tellers kunnen tot 1 januari 2025 gebruikt worden, daarna dient er een digitale teller geïnstalleerd te zijn.

Met de afschaffing van de terugdraaiende teller, is de prikkel voor aanschaf van een thuisbatterij vergroot. Bij gebruik van een thuisbatterij vergroot men namelijk het eigen gebruik van energie en hoeft men minder van het net te halen. Waar bij de terugdraaiende teller netto over het jaar gekeken werd naar het gebruik, is dat sinds de afschaffing niet meer zo. Voor elke kWh moet betaald worden, en het hebben van een thuisbatterij vermindert dit bedrag.

## Capaciteitstarief

In België is op 1 januari 2023 het capaciteitstarief ingevoerd. Dit is een systeem voor het betalen van kosten voor gebruik van het (distributie)net. Voorheen waren de tarieven enkel afhankelijk van de hoeveelheid elektriciteitsgebruik. Met de invoering van het capaciteitstarief zijn de tarieven voor een deel afhankelijk van de piekbelasting (kW). Het tarief wordt elke maand bepaald en is gelijk aan het energiegebruik (kWh) in het kwartier in elke maand waarin de meeste energie werd gebruikt. Er geldt een minimummaandpiek van 2,5 kW (Engie, 2020).

Het capaciteitstarief is ingevoerd om pieken af te vlakken en daarmee netcongestie te voorkomen. Het tarief werkt het gebruik van een thuisbatterij voor eigen gebruik in de hand; daar waar zelfgeproduceerde zonne-energie niet gebruikt wordt, hoeft dit niet (direct) aan het net afgegeven te worden en daarmee wordt het piekverbruik van het net ook lager. Mocht een thuisbatterij op de elektriciteitsmarkt acteren, dan kan het capaciteitstarief aan de andere kant ook zorgen voor hogere kosten.

### 5.2.3 (Mogelijk) toekomstig beleid: Vlaanderen

De afschaffing van de terugdraaiende teller en de invoering van het capaciteitstarief zijn beide een stimulans voor het gebruik van de thuisbatterij. Het (versneld) afschaffen van de subsidie op de thuisbatterij zal vermoedelijk een dip geven in de verkoop ervan. Er is op dit moment geen sprake van nieuw beleid dat een significante (positieve dan wel negatieve) invloed kan hebben op de aanschaf van thuisbatterijen (Solar Magazine, 2023c). Er is veel onzekerheid over de markt voor thuisbatterijen nadat de subsidie is afgeschaft.



Net als in Nederland, wordt er in Vlaanderen wel wat geëxperimenteerd met het gebruik van batterijen op de elektriciteitsmarkt. Zo is er een proef (geweest) van Smart E-Grid/Opteco waarin 2.000 thuisbatterijen deelnamen aan een balanceringsmarkt van hoogspanningsnetbeheerder Elia (Elia, 2022).

## 5.3 Duitsland

### 5.3.1 Algemeen: Duitsland

In absolute aantallen heeft Duitsland binnen Europa het grootste aantal geïnstalleerde thuisbatterijen. Eind 2022 waren er 214.000 nieuw geïnstalleerde exemplaren en naar verwachting wordt dit jaar de grens van 1 miljoen in totaal gepasseerd. Gewogen naar het aantal inwoners had Duitsland eind 2022 één thuisbatterij per ongeveer 130 inwoners (3Energie Consulting, 2022).

Er zijn meerdere factoren die aan de populariteit van de thuisbatterij in Duitsland hebben bijgedragen. Van 2013 tot 2018 was er een subsidie in de vorm van een terugbetalingskorting op een lening, die vanuit de KfW-bank (Kredietanstalt für Wiederaufbau) verstrekt werd. Deze regeling wordt in Paragraaf 5.3.2 verder toegelicht. Hoewel Duitsland op dit moment op nationaal niveau geen directe subsidie meer kent voor de aanschaf van een thuisbatterij, kennen verschillende deelstaten sinds een aantal jaren wel een subsidieprogramma. Daarbij wordt vaak de combinatie van installatie van een pv-systeem en een thuisbatterij gefinancierd, en niet de thuisbatterij apart. Naast de subsidiemogelijkheden kent Duitsland nog steeds een gunstige lening die vanuit de KfW-bank verstrekt wordt, zij het niet meer met een terugbetalingskorting. De bank voorziet in een lening voor 100% van de investeringskosten van een thuisbatterij met een gunstige rente en lange aflossingsperiode (LG Energy Solution, 2021).

Er zijn nog andere elementen die een rol spelen in de groei van de populariteit van thuisbatterijen in Duitsland, al blijft het speculeren welke factor precies welke invloed heeft. Duitsland kent een grote groei van het aantal geïnstalleerde zonnepanelen, onder andere door een gunstige terugleververgoeding sinds het jaar 2000. De groei van het aantal zonnepanelen, en daarnaast mogelijk ook de toenemende populariteit van elektrische auto's, hebben indirect bijgedragen aan het aantal investeringen in de thuisbatterij. De huidige hoge energiekosten zorgen er bovendien voor dat de thuisbatterij een financieel aantrekkelijkere optie is. Ten slotte speelt in Duitsland net als in andere landen het argument van zelfvoorzienend zijn mee bij een keuze van mensen om voor een thuisbatterij te kiezen (Solar Magazine, 2023b).

Het is onzeker hoeveel invloed de verschillende hierboven genoemde factoren apart van elkaar precies hebben op de populariteit van de thuisbatterij. Wel is duidelijk dat de thuisbatterij in populariteit is toegenomen, terwijl deze (nog) niet winstgevend was. Met de huidige hoge energiekosten is dit beeld overigens veranderd.

### 5.3.2 Huidig beleid: Duitsland

#### Terugleververgoeding voor zonnepanelen

Duitsland kent sinds het jaar 2000 een terugleververgoeding (in het leven geroepen door de EEG, de Erneuerbare Energien Gesetz) voor opwek van hernieuwbare energie, die een flinke boost heeft gegeven aan de uitrol hiervan. Hoewel de methode voor het vaststellen van de terugleververgoeding is veranderd gedurende de jaren, heeft deze altijd een dalende trend





gekend. De elektriciteitsprijs daarentegen heeft gedurende de afgelopen twee decennia in Duitsland gemiddeld gezien een stijgende trend gekend. Hierdoor ligt sinds 2019 de terugleververgoeding onder de prijs van elektriciteit. Zodra de terugleververgoeding onder de elektriciteitsprijs ligt, wordt het financieel aantrekkelijk om elektriciteit achter de meter te houden en dit vormt daarmee een prikkel voor de aanschaf van de thuisbatterij. Hoe groter het verschil tussen de elektriciteitsprijs en de terugleververgoeding, hoe groter deze prikkel; met de huidige elektriciteitsprijzen is deze dus behoorlijk (Bosman, 2020).

In de zomer van 2022 is de terugleververgoeding van ingevoede elektriciteit verhoogd door het nieuwe kabinet. Hoewel de financiële prikkel voor aanschaf van een thuisbatterij hierdoor mogelijk afneemt, vormt een groeiende markt voor zonnepanelen op zichzelf ook een prikkel voor mensen om thuisbatterijen gelijktijdig aan te schaffen (SolarPower Europe, 2022).

### **Lening (met voorheen een aflossingsbonus)**

Van 2013 tot en met 2018 bood de KfW-bank een financieringsprogramma aan voor de gecombineerde installatie van pv-systemen en thuisbatterijen (het KfW Programm 275). Het programma omvatte een lening, waarmee tot 100% van de investering in het opslagsysteem gefinancierd kon worden. Een gunstige rente en een aflossingsbonus maakten deze regeling aantrekkelijk. De rentesubsidie hield een percentage van de lening in die niet terugbetaald hoefde te worden; in het begin telde deze 30% en gedurende de jaren is deze gezakt naar 10% in 2018 (KfW, 2016).

Sinds 2019 is deze financieringsmogelijkheid er niet meer, maar kunnen mensen nog wel gebruikmaken van het Programm 270, dat een meer algemeen financieringsprogramma voor hernieuwbare energie biedt. Het programma biedt een gunstige rente en aflossingsperiode, maar geen aflossingsbonus (KfW, 2023).

### **Subsidie thuisbatterij op deelstaatniveau en nationaal niveau**

In Duitsland bestaat er op nationaal niveau geen subsidie voor thuisbatterijen meer, maar op deelstaatniveau bestaan er wel verschillende programma's. Er zijn een aantal deelstaten die een subsidie verstrekken voor de aanschaf van een thuisbatterij. Daarbij gaat het meestal om een paar honderd euro per kWh en geldt de subsidie enkel in combinatie met een pv-installatie. De invoering van een subsidieprogramma wordt besloten op deelstaatniveau en is daarmee afhankelijk van de lokale politieke situatie. Daarmee is het onzeker hoe de beschikbaarheid van subsidies zich zal ontwikkelen naar de toekomst toe (LG Energy Solution, 2021).

In Duitsland is in september 2023 een subsidie aangekondigd voor huiseigenaren, genaamd Solarstrom für Elektrofahrzeuge. Er kan tot € 10.200 subsidie aangevraagd worden voor zonnepanelen, thuisbatterijen en laadpalen. De voorwaarde is dat alle drie de voorzieningen tegelijk worden aangeschaft, individuele componenten zijn niet toegestaan. Het doel van het subsidieinstrument is om elektrische mobiliteit en duurzame opwek te ondersteunen.

### **Deelname thuisbatterij op elektriciteitsmarkten**

Duitsland, één van de eerste landen in Europa waar de thuisbatterij aan populariteit heeft gewonnen, is ook een land waarin al aardig wat geëxperimenteerd is met de functie van de thuisbatterij 'voor de meter'. Sonnen, een leverancier van thuisbatterijen, is een aantal





jaren geleden al begonnen met het gebruik van de thuisbatterij in zogeheten energy communities; virtueel wordt energie die op de ene plek wordt opgewekt, met iemand anders in de energy community gedeeld. In 2019 heeft Sonnen daarnaast 1 MW aan thuisbatterijen voor het eerst mee laten doen op de FCR-balanceringsmarkt via een Virtual Power Plant (VPP). Destijds was het doel om te groeien tot 100 MW. Ten slotte heeft Sonnen de thuisbatterijen ook met succes ingezet op de congestiemarkt in Duitsland, om onder meer wind-energie te kunnen opslaan wanneer daar een overschot aan is (Sino, 2021).

### 5.3.3 (Mogelijk) toekomstig beleid: Duitsland

Op dit moment lijkt er geen verandering te komen in de verschillende beleidsmaatregelen die een significant effect zou hebben op de markt van de thuisbatterij in Duitsland, en zal deze markt de komende jaren vermoedelijk nog flink blijven groeien. De recent verhoogde terugleververgoeding voor zonnepanelen heeft hier naar verwachting geen negatief effect op. Onzekere factoren zijn er echter ook, zoals de beschikbaarheid van geschikte arbeidskrachten. Dit zorgt op dit moment en mogelijk in de toekomst nog meer voor beperking van de opschaling (SolarPower Europe, 2022).

## 5.4 Italië

### 5.4.1 Algemeen: Italië

Na Duitsland, is Italië binnen de EU het land met de grootst geïnstalleerde capaciteit aan thuisbatterijen. In 2021 kende het land een flinke groei in de verkoop, met een nieuw geïnstalleerde hoeveelheid van 321 MWh. Naar verwachting is de hoeveelheid in 2022 doorgegroeid naar ruim 1.100 MWh, wat overeenkomt met zo'n 100.000 thuisbatterijen (SolarPower Europe, 2022). Dit komt neer op één thuisbatterij per ongeveer 260 inwoners.

Hoewel Italië qua zon-pv-markt achterloopt op veel andere landen, heeft de implementatie van zon op dak, evenals de implementatie van thuisbatterijen, de afgelopen jaren een vlucht genomen. Verschillende beleidsmaatregelen hebben hieraan bijgedragen. Sinds 2005 is er een terugleververgoeding van kracht voor zon-pv, en huishoudens kunnen sinds 2012 voor de aanschaf van zonnepanelen van 50% belastingkorting genieten. Deze maatregel is na een aantal jaar uitgebreid naar batterijen en in mei 2020 is als onderdeel van een COVID-19-herstelpakket de 'Superbonus 110%' ingevoerd. Hierdoor is de belastingkorting vergroot naar 110%. Deze laatstgenoemde maatregel heeft waarschijnlijk behoorlijk bijgedragen aan de populariteit van de thuisbatterij in Italië. In 2021 kende de markt een groei van 240% en daarmee lijkt er een duidelijke relatie tussen de twee te bestaan. De Superbonus is een algemene maatregel voor belastingkorting op residentiële renovaties, en zal in Paragraaf 5.4.2 verder worden toegelicht (SolarPower Europe, 2022) (ExpoClima, 2022).

Hoewel de Superbonus een duidelijke boost heeft gegeven voor de thuisbatterij in Italië, spelen hier net als in andere landen ook andere zaken mee. Het gevoel van mensen om onafhankelijk te zijn, zal tot in zekere mate hebben bijgedragen aan de populariteit. Ook de hoge energiekosten van de afgelopen periode werken de verkoop van thuisbatterijen in de hand (SolarPower Europe, 2022).



## 5.4.2 Huidig beleid: Italië

### Superbonus 110%

In Italië is er één beleidsmaatregel waarvan een duidelijke relatie is af te leiden met de toegenomen populariteit van de thuisbatterij: de ‘Superbonus 110%’. Dit is een maatregel die medio 2020 is ingevoerd als deel van een COVID-19-herstelpakket en mag ofwel gebruikt worden om het huis aardbevingsbestendiger te maken, ofwel om de energie-efficiëntie van het huis te verbeteren. De aanschaf van een thuisbatterij valt onder de tweede categorie en een belangrijke voorwaarde is dat de plaatsing van de batterij gepaard moet gaan met een grote renovatie zoals isolatie of het vervangen van het warmtesysteem. De belasting mag tot 110% afgetrokken worden. De Italiaanse overheid heeft aan deze beleidsmaatregel sinds de invoering tot aan april 2022 € 21 miljard uitgegeven (Accounting Bolla, 2022).

### Scambio sul Posto

Sinds 2009 is er in Italië een beleidsmaatregel van kracht waarmee teruggeleverde elektriciteit aan het net weggestreept kan worden tegen elektriciteit die van het net afgenomen wordt. Deze maatregel heet ‘Scambio sul Posto’ (letterlijk: uitwisseling ter plekke) en geldt voor een opwekcapaciteit van maximaal 500 kW. In eerste instantie krijgen pv-eigenaren op uurbasis betaald door hun energieleverancier (marktprijs) en betalen zij ook voor de elektriciteit die van het net afgenomen wordt. Eens per jaar wordt de balans opgemaakt: de hoeveelheid ingevoede elektriciteit wordt weggestreept tegen de hoeveelheid opgenomen elektriciteit. De ontvangen hoeveelheid geld van de energieleverancier wordt door de GSE (overheidspartij, manager van energieservices) aangevuld tot de kosten die betaald zijn voor de van het net afgenomen elektriciteit. Indien over het jaar heen meer elektriciteit wordt geproduceerd dan wordt geconsumeerd, geldt er een vergoeding voor de extra elektriciteit die ingevoed wordt in het net. Indien netto meer elektriciteit wordt geconsumeerd dan geproduceerd, moet betaald worden voor de extra elektriciteit die afgenomen wordt (RES LEGAL Europe, 2019). De regeling komt hiermee grotendeels overeen met de salderingsregeling in Nederland.

### Netwerktarieven

In Italië is er al een aantal jaren een verschuiving gaande van netwerktarieven op basis van kWh, naar tarieven op basis van aansluitcapaciteit. Hoewel een deel van het netwerktarief al langere tijd bestaat uit een component die afhankelijk is van de aansluitcapaciteit (beginnend bij 1.5 kW), is er sinds 2018 een sterkere differentiatie tussen de mogelijke aansluitcapaciteiten. Dit stimuleert het gebruik van minder aansluitcapaciteit en de daaraan gerelateerde lagere kosten (Eurovent Certita, 2020). Een thuisbatterij kan huishoudens helpen om tot een lagere aansluitcapaciteit te komen.

## 5.4.3 (Mogelijk) toekomstig beleid: Italië

De ‘Scambio sul Posto’ maatregel, die voor pv-eigenaren een motivatie vormt om geproduceerde elektriciteit aan het net af te geven, wordt naar verwachting in de nabije toekomst afgeschaft. De afschaffing van deze maatregel kan een positief effect hebben op de aantrekkelijkheid van een thuisbatterij, doordat er minder geld te verdienen valt voor het afgeven van elektriciteit aan het net. Pv-eigenaren zullen nog steeds een vergoeding krijgen voor de verkoop van elektriciteit met de maatregel Ritiro Dedicato, maar deze zal niet meer door de GSE aangevuld worden. Op momenten van hoge elektriciteitskosten en maar



een beperkte hoeveelheid zoninstraling, wordt het dan financieel voordeliger om zelf opgeslagen elektriciteit te gebruiken (SolarPower Europe, 2022).

De Superbonus 110%, die een belangrijke motivatie was voor huishoudens om een thuisbatterij aan te schaffen, wordt vanaf 2023 geleidelijk aan afgebouwd. Dit houdt in dat in 2012 een belastingkorting van 90%, in 2024 70% en in 2025 65% geldt. De afbouw van deze maatregel zal mogelijk resulteren in afname van de populariteit van de thuisbatterij (GrantThornton, 2023). Het mogelijke tekort aan arbeidskrachten voor het installeren van thuisbatterijen is net als in vele andere West-Europese landen in Italië daarnaast ook een factor die meespeelt (SolarPower Europe, 2022).

## 5.5 Conclusie overheidsbeleid in verschillende landen

Hoewel het erg onzeker is wat precies het effect is van verschillende beleidsmaatregelen op de verkoop van thuisbatterijen in de verschillende behandelde landen, kunnen we wel enkele algemene uitspraken hierover doen. Daarnaast kunnen we een grof beeld schetsen over wat dergelijke maatregelen in Nederland voor effect zouden kunnen hebben op de businesscase en populariteit van de thuisbatterij. De meest relevante mogelijke maatregelen zijn:

- **Een subsidie voor thuisbatterijen:** in zowel Duitsland, Vlaanderen als Italië heeft een subsidie op thuisbatterijen vermoedelijk bijgedragen aan de toename van het aantal verkochte exemplaren. Zeker in Vlaanderen en Italië is er een duidelijke correlatie tussen de subsidie en de toename van het aantal geïnstalleerde exemplaren. Een subsidie zou in Nederland vermoedelijk ook voeten aan de grond kunnen zetten voor het aantal huishoudens dat een thuisbatterij aanschaft. Daarbij speelt vermoedelijk naast een financiële motivatie ook een mentale motivatie mee (er is een subsidie, dus het zal wel gunstig uitpakken).
- **Afschaffing van de salderingsregeling:** zowel in Italië als in Vlaanderen is er een regeling (geweest) die vergelijkbaar is met de salderingsregeling in Nederland. In Vlaanderen is deze al afgeschaft en in Italië zal dit vermoedelijk in de nabije toekomst ook gebeuren. Terwijl met de verschillende regelingen het net functioneert als een zeer goedkope (zo niet gratis) batterij, zorgt de afschaffing ervan dat de thuisbatterij voor opslag financieel concurreert met het net. Hierbij dient opgemerkt te worden dat bij inzet van de thuisbatterij op de day-aheadmarkt via een dynamisch energiecontract er ook een financieel nadeel is van de afschaffing van de salderingsregeling, doordat er meer energiebelasting en btw betaald zal moeten worden. Voor beide situaties hebben we het effect op de businesscase onderzocht in Hoofdstuk 3. Het netto-effect is afhankelijk van de situatie.
- **Deelname aan elektriciteits- en congestiemarkt(en):** op dit moment kan in Nederland de thuisbatterij al meedoen aan de day-aheadmarkt, maar het meedoen aan balanceringsmarkten is nog in de experimentele fase. Duitsland is hier al wat verder mee en heeft de thuisbatterij ook succesvol weten in te zetten op de congestiemarkt. Stimulans vanuit overheidswege kan het gebruik van de thuisbatterijen op deze markten vergroten en daarmee ook een financiële prikkel geven.
- **Nettarieven:** zoals besproken in Paragraaf 4.2.2 wordt er in Nederland gewerkt aan een nieuw tariefstelsel. Hoe dit ingevuld gaat worden is nog onzeker, en ook het effect ervan op de businesscase van de thuisbatterij is onzeker. Sturen op de piekbelasting (bijvoorbeeld per maand), zoals bijvoorbeeld sinds dit jaar in Vlaanderen gebeurt, kan ervoor zorgen dat huishoudens minder hoeven te betalen voor het net. Anderzijds beperkt dit ook de deelname van de thuisbatterij op de verschillende elektriciteitsmarkten, wat op zichzelf een negatief effect heeft op het financiële plaatje.

# 6 Potentieel beleid voor thuisbatterijen

In dit onderzoek is de potentie van thuisbatterijen voor vier rollen onderzocht: eigen zonne-energie opslaan, energiebalancering, congestiemanagement en piekbelasting van het huishouden verlagen. Hieruit is de potentiële bijdrage per rol voor Nederland bepaald. Daarnaast is onderzocht welk beleid er in Nederland, Vlaanderen, Duitsland en Italië gevoerd wordt. In dit hoofdstuk combineren we deze kennis om vast te stellen welk beleid mogelijk is en analyseren we deze beleidsmaatregelen.

## 6.1 Maatschappelijke waarde

De maatschappelijke waarde van thuisbatterijen bestaat uit verschillende componenten:

- **Lagere energiekosten:** lagere energiekosten ontstaan door het opslaan van goedkope stroom om de inkoop van dure stroom te voorkomen. Deze lagere kosten zijn berekend in Hoofdstuk 3, maar zijn dus niet voldoende om de thuisbatterij terug te verdienen binnen vijftien jaar.
- **Additionele CO<sub>2</sub>-reductie:** de thuisbatterij zorgt ervoor dat er minder elektriciteit wordt gebruikt op momenten dat er te weinig duurzame energie is, door opgeslagen zonne-energie te gebruiken. Een thuisbatterij heeft ook een CO<sub>2</sub>-impact bij productie. De hoeveelheid CO<sub>2</sub>-reductie hangt af van hoe de thuisbatterij ingezet wordt.
- **Leveringszekerheid:** doordat de thuisbatterij wordt ingezet voor lagere energiekosten, draagt de thuisbatterij bij aan het matchen van vraag en aanbod. TenneT verwacht dat in 2030 hiervoor 9 tot 10 GW aan flexibiliteit nodig is, voornamelijk in de vorm van thuisbatterijen. Batterijen kunnen hier nog directer aan bijdragen door deel te nemen aan de andere energie- en balanceringsmarkten. In totaal is er, naast andere flex-bronnen, in Nederland nu enkele honderden MW aan batterijen.

Thuisbatterijen worden dus echter niet of beperkt rendabel, ondanks deze maatschappelijke toegevoegde waarde. We zien dus zeer beperkt potentieel voor thuisbatterijen in het oplossen van netcongestie, en dus ook geen significante maatschappelijke waarde. Bij deze maatschappelijke waarde van thuisbatterijen is het belangrijk om op te merken dat daarvoor ook (schaarse) materialen gebruikt moeten worden en technische uitvoeringscapaciteit.

## 6.2 Potentieel additioneel beleid

### 6.2.1 Randvoorwaarden inpassing thuisbatterijen

In het Kennisdocument in Bijlage B is algemene informatie en (opkomende) beleid benoemd op het gebied van brandveiligheid, cybersecurity en grondstoffen en recycling. Hierna worden randvoorwaarden geschetst voor de inpassing van thuisbatterijen rondom deze onderwerpen.

## Brandveiligheid

Het ontbreekt momenteel aan (aankomende) regelgeving op het gebied van brandveiligheid voor kleinere batterijsystemen zoals de thuisbatterij. Regelgeving voor thuisbatterijen zou kunnen voortborduren op de PGS 37-1 voor grotere lithium-ion-energiedragers (> 20 kWh), maar kent mogelijk andere maatregelen door de kleinere omvang van thuisbatterijen. Hiervoor is aanvullend werk nodig, dat zich nu in een beginstadium bevindt. Staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat, Vivianne Heijnen, heeft aangekondigd nader onderzoek te willen laten doen naar risicoprofielen van thuisbatterijen (Staatssecretaris van I&W, 2022). Regelgeving en algemene kennisuitbreiding richting consumenten kan het bewustzijn bij consumenten vergroten wat risico's kan verkleinen.

### *Plaatsing in huishouden*

Een randvoorwaarde voor de inpassing van thuisbatterijen zijn richtlijnen voor veilige plaatsing in huishoudens, aangezien hiermee risico's kunnen worden verkleind. In eerste instantie is het belangrijk dat de thuisbatterij niet op een plek staat waar deze makkelijk beschadigd kan raken door stoten, aangezien dit de interne batterijcellen ernstig kan schaden. Daarnaast gaat de voorkeur uit naar een locatie die voor hulpdiensten goed bereikbaar is en die niet in de vluchtroute staat voor bewoners.

### *Hergebruik batterijen, installateurs en fabrikanten*

Aanvullend zou regelgeving voor thuisbatterijen zich ook kunnen focussen op regelgeving en certificering rondom hergebruik van batterijen, installateurs, plaatsing en onderhoud. Een tweedehandsbatterij is veel lastiger in te schatten op veiligheidsrisico's, aangezien het onbekend is of de batterij schade heeft geleden. Hierdoor zijn de risico's vele malen groter (OPSS, 2023). Daarnaast zou regelgeving in kunnen gaan op aanvullende veiligheidseisen vanuit fabrikanten, zoals het verplicht stellen van ingebouwde blusmiddelen of een ingebouwde vulopening met verzegeling, welke opent bij hoge temperaturen. Hierdoor kan de brandweer alsnog de normaal gesproken afgesloten batterijcellen blussen.

### *Inzicht brandweer in data huishoudens met thuisbatterij*

Inzicht in data over huishoudens met thuisbatterijen is van belang voor de veilige inzet van de brandweer en ontbreekt momenteel nog. Er is sinds eind 2022 een registratieplicht voor opslageenheden zoals een thuisbatterij bij de netbeheerder. Er is echter geen registratieverplichting bij de brandweer of veiligheidsregio. Voor hulpdiensten kan het cruciaal zijn om bij het betreden van een woning met brand te weten of er een thuisbatterij aanwezig is. Momenteel wordt er gekeken of de brandweer inzicht kan krijgen in de data van de netbeheerder.

## Grondstoffen en recycling

### *Circulaire principes*

Beleidssturing op inzet van circulaire (ontwerp)principes is cruciaal om te voorzien in de (vraag)reductie van materialen in batterijen. Zo kan optimalisatie van de levensduur en efficiëntie van apparaten in de ontwerpfase van een product zorgen voor een lagere vraag naar grondstoffen (rethink, reduce). Op deze manier hoeven nieuwe apparaten minder snel te worden geproduceerd. Ook is het van belang dat in het productontwerp rekening gehouden wordt met latere recycling. Tot slot is het cruciaal om niet alleen de grondstofwinning, maar ook de grondstofrecycling op te schalen en te optimaliseren.



## *Europees beleid*

Beleid vanuit de Europese Unie, zoals de Europese Critical Raw Materials Act en de Europese Batterijenverordening, geeft richting voor de grondstoffen- en recyclingstrategieën. De European Critical Raw Materials Act moet ervoor zorgen dat de EU haar toevoer van kritieke grondstoffen aanzienlijk kan vergroten en diversifiëren om zo de leveringszekerheid te borgen. De Europese Batterijenverordening bevat diverse verplichtingen die de circulariteit bevorderen, als ook de veiligheid en duurzaamheid van batterijen. De verordening beoogt een circulaire economie voor de batterijsector door zich te richten op alle fasen van de levenscyclus van batterijen, van ontwerp tot afvalverwerking. Voorbeelden zijn eisen op het gebied van inzameling, het stimuleren van de repareerbaarheid en hergebruik, recycling, en op de verplichting om gerecycled materiaal toe te passen in nieuwe lithiumbatterijen.

## *Nederlands beleid voor inzameling en recycling thuisbatterijen*

Specifiek voor thuisbatterijen bestaat er momenteel nog geen concreet plan van aanpak voor de inzameling aan het einde van de levensduur. Bij een groter aantal thuisbatterijen zal meer aandacht besteed moeten worden aan de infrastructuur voor veilige inzameling en recycling van thuisbatterijen, zoals bijvoorbeeld een installateur die in huishoudens voor veilige demontage zorgt. Recycling van thuisbatterijen zal grotendeels vergelijkbaar zijn met de recycling van andere (grote) lithium-ion-batterijen, maar mogelijk zijn aanpassingen nodig binnen de huidige voorzieningen.

Voor veel andere apparaten en lampen geldt al langere tijd een recyclingbijdrage, die in de prijs van het product verrekend is. Voor zonnepanelen zal binnenkort in Nederland een hogere recyclingbijdrage gelden, aangezien deze sterk groeiende markt voor een steeds grotere afvalstroom zal zorgen. Het is aan te bevelen om voor thuisbatterijen soortgelijke maatregelen te treffen. In België bestaat al zo'n soort milieubijdrage voor thuisbatterijen. De bijdrage dekt de kosten voor registratie, preventie, sensibilisering, inzameling, ontmanteling, verwerking, recycling, rapportering aan de overheid en onderzoek om na te gaan of de batterij een tweede leven kan krijgen.

## **Cybersecurity**

Op dit moment gelden er geen wettelijke eisen rondom cybersecurity voor thuisbatterijen en energiemanagementsystemen. Strikt genomen is er daarom (nog) geen juridische basis om de naleving op cyberveiligheid te handhaven. Europees beleid zoals de Network and Information Security Directive 2 (NIS2), Cyber Resilience Act (CRA) en Radio Equipment Directive (RED) wordt momenteel geïmplementeerd in de Nederlandse wet- en regelgeving en zal naar verwachting in 2024 van kracht worden. Het is hierbij van belang dat dit beleid direct toepasbaar is voor producenten en installateurs en verifieerbaar is voor inspecties. Daarnaast zou eventueel nieuwe regelgeving met terugwerkende kracht kunnen gelden, voor apparaten die al op de markt zijn.

## *Cybersecurity gehele energiesysteem huishouden*

Voor energie-opwek, -opslag en vraagsturing in een huishouden zijn verschillende apparaten nodig, die vaak afkomstig zijn van verschillende producenten en aanbieders en die ook mogelijk apart geïnstalleerd worden door verschillende installatiebedrijven. Aangezien al deze verschillende apparaten wel met elkaar verbonden zijn en met het internet, geldt dat het systeem zo sterk is als de zwakste schakel. Het is daarom belangrijk dat voor alle partijen, zowel leveranciers als installateurs, duidelijk is wat ieders rol is binnen cybersecurity,



wie toegang heeft tot de data en wie verantwoordelijk is voor software updates. Concrete regelgeving over afspraken, standaardisering en certificering of bijvoorbeeld standaardcontracten vanuit de Europese Commissie of nationale overheden, kunnen hiervoor handvaten bieden.

### 6.2.2 Salderingsregeling

Zoals besproken in Paragraaf 5.1 is er op dit moment een salderingsregeling van kracht, waarmee elektriciteitsinvoeding en -afname over het hele jaar van elkaar afgetrokken kan worden. Het kabinet heeft voorgesteld om de salderingsregeling procentueel af te bouwen, stapsgewijs vanaf 2025 tot aan 2031, in welk jaar hij volledig afgeschaft zou moeten zijn. In het voorstel is daarnaast afgesproken dat er een minimale vergoeding moet komen vanuit energieleveranciers, voor de elektriciteit die zonnepaneel-eigenaren aan het net afgeven maar niet meer kunnen salderen. Tot 2027 is dit minimaal 80% van het leveringstarief dat overeen is gekomen met de energieleverancier.

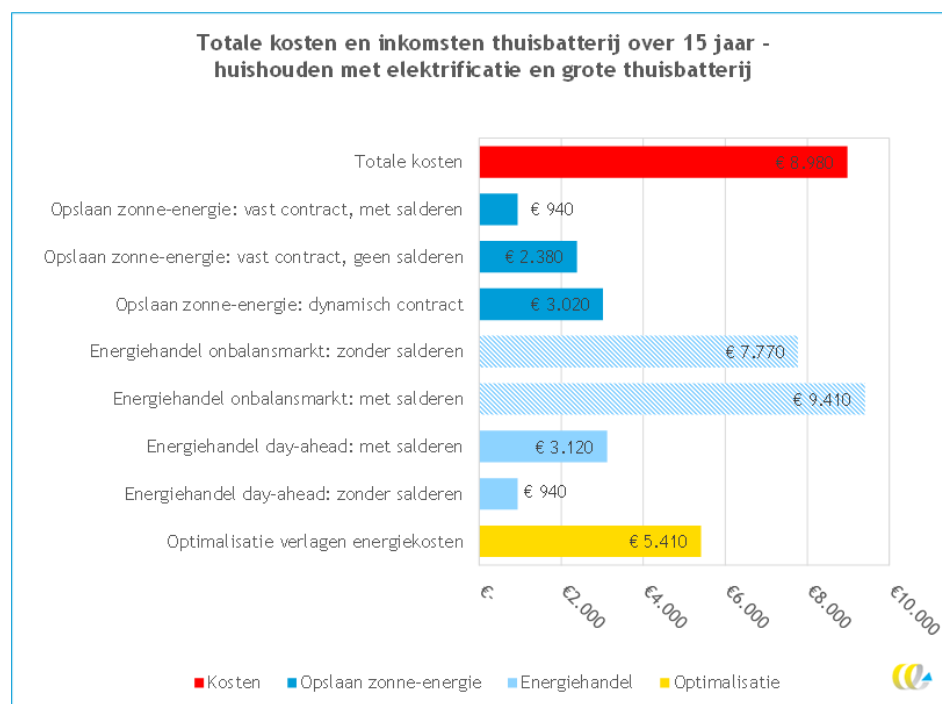
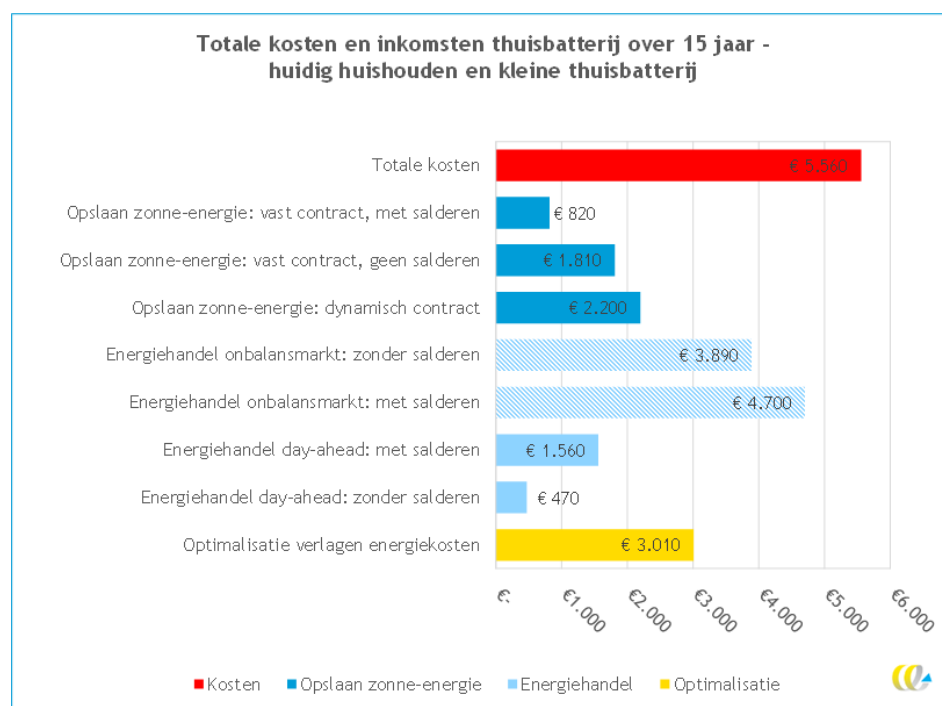
Het voorstel is ingediend vanwege het feit dat zonnepanelen steeds goedkoper worden, en de investering ook zonder salderingsregeling terugverdiend kan worden. Het voorstel voor de afschaffing van de salderingsregeling is door de Tweede Kamer aangenomen en ligt op het moment van schrijven nog bij de Eerste Kamer.

Indien de salderingsregeling inderdaad wordt afgeschaft, dan verwacht het ministerie een positief effect op de businesscase en de terugverdientijd van de thuisbatterij (Ministerie van EZK, 2022). Uit onze modellering blijkt dit effect echter niet. Door de afschaffing van de salderingsregeling moet er meer energiebelasting en btw betaald worden, waardoor de meest rendabele businesscase verslechtert.

Figuur 13 laat de businesscase zien voor verschillende energiemarkten en resultaten met en zonder salderingsregeling. Voor het opslaan van zonne-energie is de salderingsregeling positief voor de businesscase, maar het netto-effect op de businesscase is negatief. Voor een (enigszins) rendabele businesscase is handel op de energiemarkten nodig. Als de salderingsregeling afgeschaft wordt, is dat minder aantrekkelijk. Nu dient er alleen energiebelasting en btw betaald te worden over het netto-energiegebruik, oftewel de energieverliezen van de batterij. Als de salderingsregeling wordt afgeschaft dan moet er energiebelasting en btw betaald worden over alle afgenomen elektriciteit.



**Figuur 13 - Resultaten businesscase voor huishouden met zon-pv met kleine thuisbatterij (boven) en huishouden met zon-pv, warmtepomp en elektrische auto met grote thuisbatterij (onder) \***



\* 'Optimalisatie' betekent verlagen van energiekosten op meest optimale manier, zoals toegelicht in Paragraaf 3.3.3.

Het afschaffen van de salderingsregeling zal dus niet bijdragen aan de rentabiliteit van de thuisbatterij. Het effect op lagere inkomsten voor energiehandel is groter dan de hogere inkomsten voor het opslaan van de zonne-energie.





### 6.2.3 Afschaffen dubbele energiebelasting

Thuisbatterijen kunnen last hebben van de energiebelasting doordat ze voor de afname van elektriciteit van het net energiebelasting betalen. Als men elektriciteit invoedt, hoeft er geen energiebelasting betaald te worden, maar ontvangt men ook geen energiebelasting terug. Over de geleverde elektriciteit wordt echter door een andere afnemende partij opnieuw energiebelasting betaald. Thuisbatterijen hebben hier met de huidige salderingsregeling veel minder last van: er wordt alleen energiebelasting betaald over de netto afgenomen elektriciteit. Voor handel op de elektriciteitsmarkten betekent dit dat er alleen energiebelasting betaald hoeft te worden over de energieverliezen van de batterij.

Na het afschaffen van de salderingsregeling, waarbij ook de fiscale component niet meer gesaldeerd wordt, hebben thuisbatterijen wel last van de energiebelasting. De energiebelasting betekent dat een veel grotere ‘spread’ nodig is om energiehandel rendabel te maken. De spread is het verschil in de prijs waarmee de batterij oplaadt en ontlad. Door de energiebelasting worden extra kosten gemaakt, dus moet de elektriciteit voor een veel hogere prijs verkocht worden om winst te maken. Dit komt veel minder uren/dagen per jaar voor.

Voor grootschalige batterijen is de energiebelasting afgeschaft om zo dubbele energiebelasting te voorkomen (Ministerie van Financiën, 2022). Het ministerie van Financiën heeft een onderzoek gedaan of dit voor thuisbatterijen ook mogelijk is (Ministerie van Financiën, 2023). Er is uit dit onderzoek gebleken dat dit niet via de huidige methodiek kan. De complexiteit ligt vooral in dat het onduidelijk is welke elektriciteit opgeslagen wordt in de thuisbatterij, later weer ingevoerd wordt, direct gebruikt wordt of na opslag in de thuisbatterij gebruikt wordt in het huishouden. Voor het afschaffen van de dubbele energiebelasting dient dus nog een additionele methode gevonden te worden. Na afbouwen van de salderingsregeling is er dus geen gelijk speelveld tussen grootschalige batterijen en thuisbatterijen. Men zou kunnen overwegen om bij de afschaffing van de salderingsregeling de fiscale effecten te beperken of op te heffen. Dit resulteert erin dat de spread tussen de prijs voor invoeding en de prijs van netafname groter wordt en een batterij beter rendeert.

Figuur 14 toont de potentiële inkomsten op de day-aheadmarkt per kW-batterijvermogen in 2030. Handelen op alleen deze markt is niet rendabel, maar het figuur laat wel een duidelijk effect zien op de mogelijke inkomsten. Het afschaffen van de energiebelasting voor thuisbatterijen resulteert erin dat er veel hogere inkomsten gerealiseerd kunnen worden. Dit betekent dat de inkomsten voor energiehandel hoger zullen zijn.

### 6.2.4 Subsidie thuisbatterijen

Er zijn verschillende mogelijkheden om via beleidsmaatregelen de aanschaf of het gebruik van thuisbatterijen te stimuleren. De VVD, CU en D66 hebben een voorstel gedaan om de opbrengst van de afschaffing van de salderingsregeling te gebruiken voor het stimuleren van thuisbatterijen en buurtbatterijen. Dit zou om zo'n € 100 miljoen gaan, gericht op kostenreductie, innovatie en opschaling van de installatie- en productiecapaciteit (Solar Magazine, 2023a).

Het hierboven genoemde voorstel is een mogelijkheid om de thuisbatterij aan de innovatiekant te stimuleren. Een andere mogelijkheid is om de aanschaf van de thuisbatterij zelf te stimuleren via een maatregel als de ISDE-subsidie. De ISDE-subsidie (Investeringsubsidie duurzame energie en energiebesparing) is een subsidie voor energiebesparende en duurzame maatregelen in een woning of bedrijfspand. Overigens zou er ook gesubsidieerd kunnen worden in de vorm van een belastingkorting. Zo geldt er voor de aanschaf van zonnepanelen sinds januari 2023 een belasting van 0% op de levering en installatie.



Een dergelijke maatregel zou ook voor de thuisbatterij ingevoerd kunnen worden (Belastingdienst, 2022). Daarbij kan ook gekeken worden naar de verwachte prijsdaling van thuisbatterijen, zoals toegelicht in Paragraaf 3.1.

## Mogelijke uitwerking maatregel

Uit onze businesscase-analyse blijkt een onrendabele top voor thuisbatterijen als het wordt ingezet om de energiekosten te verlagen via de day-aheadmarkt. De resultaten uit Paragraaf 3.5 zijn hieronder weergegeven voor de maximale omzet met een dynamisch energiecontact. We hebben in Paragraaf 3.5 echter ook geconcludeerd dat er nog veel onzekerheid is over de inkomsten op de energiemarkten, afhankelijk van de ontwikkeling van de energieprijzen. Mogelijk is er nog extra winst haalbaar uit de onbalansmarkt, maar deelname van thuisbatterijen is daarmee nog niet direct haalbaar. Met deelname aan de onbalansmarkt zal een terugverdientijd tussen de tien en vijftien jaar haalbaar zijn, schatten we in. De vraag is echter of thuisbatterijen kunnen concurreren op deze markten met andere flexibiliteitsbronnen, zoals grootschalige batterijen. Tabel 33 toont de inkomsten en kosten van de thuisbatterijen. De inkomsten voor de thuisbatterij door het voorkomen van een eventuele heffing van de energieleverancier en eventueel voorkomen van gemiste inkomsten door afschakelen van de omvormer, zijn hier niet in opgenomen. Dit omdat ze zeer situatieafhankelijk zijn. In totaal zijn deze extra inkomsten geschat op maximaal € 800 over vijftien jaar.

Tabel 33 - Businesscase voor optimaal verlagen energiekosten en handel day-aheadmarkt

	Batterij	Totale kosten 15 jaar	Totale inkomsten inschatting 15 jaar	Terugverdientijd
Huishouden met zon-pv	Kleine thuisbatterij	€ 5.560	€ 3.010	> 15 jaar
	Grote thuisbatterij	€ 9.050	€ 4.050	14 jaar
Huishouden met zon-pv, WP en EV	Kleine thuisbatterij	€ 5.560	€ 3.540	> 15 jaar
	Grote thuisbatterij	€ 9.050	€ 5.410	> 15 jaar

De vereiste subsidie is afhankelijk van de vereiste terugverdientijd en op welke markt thuisbatterijen ingezet worden. De salderingsregeling is ooit opgezet om zonnepanelen binnen zeven jaar terug te verdienen. Als thuisbatterijen een terugverdientijd van zeven jaar vereist is, dan is er logischerwijs meer subsidie vereist. Tabel 34 toont de vereiste subsidiebedragen. Als de batterijen alleen acteren op de day-aheadmarkt om de energiekosten te verlagen, is er een subsidie nodig van 35 tot 55% van de totale kosten (investering, installatie, operationele kosten) om een terugverdientijd van vijftien jaar te realiseren. Voor een terugverdientijd van zeven jaar is meer subsidie vereist. Als de thuisbatterij wordt ingezet voor de onbalansmarkt, is er beperkt subsidie nodig voor een terugverdientijd van vijftien jaar. Een terugverdientijd van zeven jaar (zoals voor zonnepanelen het doel was) vereist logischerwijs wel subsidie.

Tabel 34 - Inschatting vereist subsidiebedrag per terugverdientijd (TVT)

	Kleine thuisbatterij		Grote thuisbatterij		Maatschappelijke waarde
Verlagen energiekosten rendabel maken (TVT = 15 jaar)	€ 2.000 tot € 3.000	35-55%	€ 3.500 tot € 5.000	40-55%	Vraag en aanbod binnen de dag bij elkaar brengen, CO <sub>2</sub> -reductie
Verlagen energiekosten rendabel maken (TVT = 7 jaar)	€ 3.500 tot € 4.000	60-75%	€ 6.000 tot € 7.000	70-80%	
Onbalans markt rendabel maken (TVT = 15 jaar)	- € 500	10%	Geen subsidie vereist naar verwachting		Balanshandhaving op kortetermijnschaal
Onbalans markt rendabel maken (TVT = 7 jaar)	€ 2.500 tot € 3.000	45-55%	€ 3.000 tot € 3.500	35-40%	
Btw-teruggaveregeling	€ 1.000	21%	€ 1.600	21%	Afhankelijk van inzet

### 6.2.5 Aanpassing nettarieven

Er zijn op dit moment gesprekken gaande over de hervorming van de nettarieven voor kleinverbruikers, zoals beschreven in Paragraaf 5.1.3. De nieuwe nettarieven kunnen twee economische effecten hebben op thuisbatterijen:

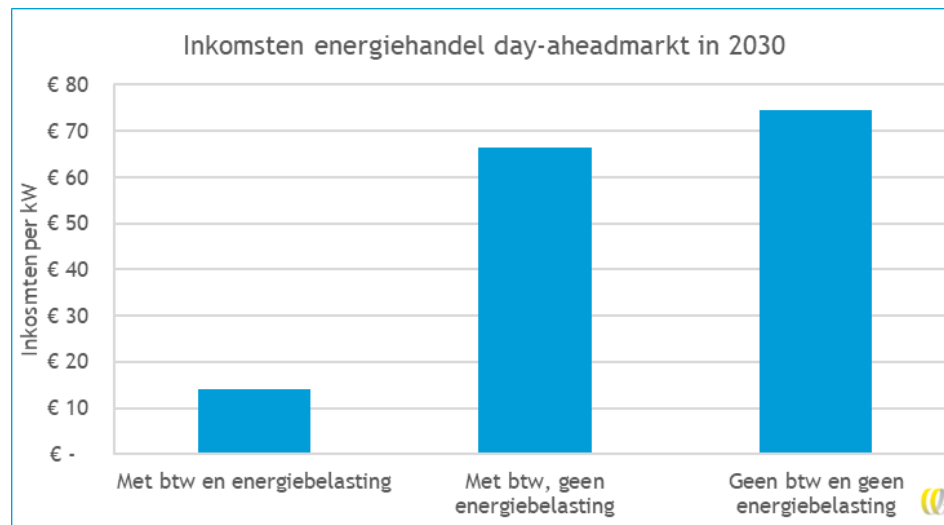
1. Verbetering businesscase doordat met een thuisbatterij hogere nettariefkosten voorkomen kunnen worden. De thuisbatterij wordt dan ingezet om het nettatarief te verlagen, waardoor de terugverdientijd lager zal zijn.
2. Verslechtering businesscase door minder mogelijkheden energiehandel. Het handelen van energie resulteert in extra energie-uitwisseling met het netwerk en daarmee mogelijk in een nieuwe tariefstructuur en extra kosten. Deze extra kosten zouden dus de terugverdientijd kunnen verlengen.

Het is nog te onzeker hoe het nettatarief er uit gaat zien om te bepalen wat het effect op de inzet en businesscase van de thuisbatterij zal zijn. In het ontwerp van het nettatarief is het belangrijk om thuisbatterijen mee te nemen. Voor de ontwikkeling van thuisbatterijen is het daarom logischerwijs ook belangrijk om de ontwikkeling op dit gebied te monitoren.

### 6.2.6 Verplichting thuisbatterijen

Minister Jetten heeft een aantal nieuwe klimaatmaatregelen aangekondigd om de CO<sub>2</sub>-reductiedoelstellingen te behalen. Eén van die maatregelen is een verplichting voor batterijen bij grootschalige zon-pv (Ministerie van EZK, 2023). Er is een subsidie beschikbaar voor de projecten die onder de verplichting vallen om de onrendabele top te vergoeden. Thuisbatterijen vallen hier niet onder. Het zou mogelijk zijn batterijen ook verplicht te maken bij kleine pv-installaties. Dit zou dus betekenen dat huishoudens die nieuwe zonnepanelen willen, dit altijd in combinatie moeten doen met een thuisbatterij. Voor veel huishoudens is dit wellicht ongewenst, wat de verdere uitrol van zon-pv zou kunnen beperken omdat er geen ruimte is of omdat de kosten hoog zijn.

Figuur 14 - Effect afschaffen energiebelasting op energieopslag



### 6.3 Beoordeling en aanbevelingen additioneel beleid

Voor de beoordeling voor ons beleid baseren we ons op onze eigen analyses en doorrekeningen, aangevuld met de huidige visie van de rijksoverheid op grootschalige batterijen. Het subsidie-instrument wordt hierna in een losse paragraaf toegelicht.

Voor thuisbatterijen doen we de volgende aanbevelingen:

- **Randvoorwaarden thuisbatterijen:** voor een eventuele grootschalige uitrol van thuisbatterijen is het belangrijk dat de randvoorwaarden rond brandveiligheid, cybersecurity, grondstoffen en recycling beter vormgegeven wordt. Een vervolg op de Routekaart Energieopslag en het Nationaal Programma Circulaire Economie zou daar een goede plek voor kunnen zijn.
- **Afschaffen salderingsregeling:** het afschaffen van de salderingsregeling is wenselijk voor energietransitie algemeen en het creëren van een juiste prikkel voor het gebruiken van zelfgeproduceerde zonne-energie.
- **Afschaffen dubbele energiebelasting:** het afschaffen van de salderingsregeling resulteert erin dat er energiebelasting betaald dient te worden over alle afgenomen elektriciteit van het net. De dubbele energiebelasting is bij grootschalige thuisbatterijen ook afgeschaft. Voor thuisbatterijen zijn er nog wel uitvoeringsproblemen vanwege de meer complexe energiestromen.
- **Analyse hervorming nettarieven:** de netbeheerders bezinnen zich nog op een hervorming van de transporttarieven voor kleinverbruikers. In deze studie concluderen we dat thuisbatterijen de piekbelasting kunnen verhogen op het net, zeker als steeds meer applicaties gaan sturen op de energiemarkten. Daarnaast kunnen ze echter ook de piek voor een huishouden verlagen, mits daarvoor prikkels zijn. De thuisbatterij moet daarom een factor zijn in de analyses voor de hervorming van de nettarieven voor kleinverbruikers.

Er zijn ook enkele beleidsmaatregelen die onderzocht zijn, maar die wij niet direct aanbevelen:

- **Thuisbatterijen inzetten voor congestie oplossen:** we voorzien geen grote rol voor thuisbatterijen in het oplossen van netcongestie. Technisch is een beperkte vermogensreductie mogelijk, afhankelijk van hoeveel thuisbatterijen er zijn. Dit is echter organi-

satorisch complex en de businesscase voor energiehandel is beter. Een extra subsidie gericht voor het oplossen van netcongestie, is dus niet wenselijk. Het inzetten van congestiemanagement voor het oplossen van congestie in het LS-netwerk zal naar verwachting niet op korte termijn plaatsvinden. Een groep van thuisbatterijen kan mogelijk wel effectief bijdragen aan het oplossen van netcongestie op hogere netvlakken.

## Subsidie voor thuisbatterijen

Een subsidie voor thuisbatterijen kan overwogen worden voor verschillende argumenten. In deze studie is de energetische rol van thuisbatterijen onderzocht. Daaruit volgt dat voor een aantal onderdelen er geen directe aanleiding is voor subsidie en dat er voor enkele rollen wel argumentatie is voor een subsidie:

- **Ontwikkeling markt:** een subsidie kan ertoe leiden dat de markt zich ontwikkelt en groeit, waardoor mogelijk ook de kosten dalen en thuisbatterijen aantrekkelijker worden. Enkele randvoorwaarden worden dan ook beter ontwikkeld, zoals installateurs, levering producten en software voor aansturing.
- **Energiebalancering voor leveringszekerheid:** energiebalancering is essentieel voor een betrouwbaar en duurzaam energiesysteem. Thuisbatterijen zijn één van de technieken die energiebalancering kan leveren. Voor thuisbatterijen is hier, volgens onze modellering, echter geen rendabele businesscase voor. Voor grootschalige batterijen hebben we eerder bepaald dat ook daarvoor slechts een beperkt vermogen een rendabele businesscase is (CE Delft, 2023a).
- **CO<sub>2</sub>-reductie:** thuisbatterijen dragen bij aan CO<sub>2</sub>-reductie door zonne-energie op te slaan, zodat deze later gebruikt kan worden. Hiermee wordt op momenten curtailment voorkomen. De hoeveelheid CO<sub>2</sub>-reductie hangt af van de inzet van de thuisbatterij en kan dus niet exact vooraf vastgesteld worden. De hoeveelheid voorkomen curtailment hangt daarnaast af van hoeveel spanningsproblemen er zijn, de hoeveelheid zonnepanelen en de hoeveelheid elektriciteitsvraag. Een eventuele subsidie met als doel CO<sub>2</sub>-reductie dient dan afgewogen te worden tegen andere CO<sub>2</sub>-reducerende mogelijkheden.
- **Netcongestie:** we concluderen in deze studie dat thuisbatterijen netcongestie technisch kunnen oplossen, maar dat daar nu geen prikkels en/of markten voor zijn vanuit de netbeheerder. Met het huidige beleid zouden thuisbatterijen zelfs tot extra pieken op het net leiden. Vanwege de belemmeringen voor congestie oplossen en het piekverhogende effect van thuisbatterijen in de huidige situatie lijkt netcongestie geen logisch argument voor een subsidie voor thuisbatterijen.

In deze studie is berekend dat er voor een terugverdientijd van vijftien jaar beperkte subsidie tot 40-50% van het aankoopbedrag vereist is, afhankelijk van op welke markten wordt ingezet. Dit komt overeen met maximaal € 3.000 voor een kleine thuisbatterij en € 5.000 voor een grote thuisbatterij. Voor een terugverdientijd van 7 jaar is 60-75% subsidie vereist van het aankoopbedrag voor een kleine thuisbatterij en 70-80% van het aankoopbedrag van een grote thuisbatterij. De invoering van een subsidie is uiteindelijk een politieke keuze.



# 7 Referenties

- 3Energie Consulting. (2022). BVES Sector Analysis 2022. [https://www.3ec.energy/wp-content/uploads/2022/04/BVES-Branchenanalyse-2022\\_en.pdf](https://www.3ec.energy/wp-content/uploads/2022/04/BVES-Branchenanalyse-2022_en.pdf)
- Accounting Bolla. (2022). *What is the Superbonus and how to benefit from it, even if you don't pay Italian income tax.* <https://accountingbolla.com/blog/superbonus-110-and-other-tax-breaks/#gref>
- ACM. (2021). *Methodebesluit regionale netbeheerders elektriciteit 2022-2026.*
- ACM. (2022). *Tarievencode Elektriciteit.*
- Alpha-Ess. (2020). *Onderzoek: de terugverdientijd van een thuisbatterij.*
- Belastingdienst. (2022). *Btw-tarief zonnepanelen.* [https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/btw/tarieven\\_en\\_vrijstellingen/goederen\\_0\\_btw/btw-tarief-zonnepanelen#:~:text=Vanaf%201%20januari%202023%20is,u%20meer%20over%20de%20voorwaarden.](https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/btw/tarieven_en_vrijstellingen/goederen_0_btw/btw-tarief-zonnepanelen#:~:text=Vanaf%201%20januari%202023%20is,u%20meer%20over%20de%20voorwaarden.)
- Bosman, L. (2020). *A Comparison of the Renewable Energy and Energy Storage Sectors in Germany and the United States, with Recommendations for Engineering Teaching Practices.* [https://www.researchgate.net/publication/344700994\\_A\\_Comparison\\_of\\_the\\_Renewable\\_Energy\\_and\\_Energy\\_Storage\\_Sectors\\_in\\_Germany\\_and\\_the\\_United\\_States\\_with\\_Recommendations\\_for\\_Engineering\\_Teaching\\_Practices/link/601c2f7f458515893980583a/download](https://www.researchgate.net/publication/344700994_A_Comparison_of_the_Renewable_Energy_and_Energy_Storage_Sectors_in_Germany_and_the_United_States_with_Recommendations_for_Engineering_Teaching_Practices/link/601c2f7f458515893980583a/download)
- CE Delft. (2021). *Elektrificatie en Vraagprofiel 2030 - Rapport experttraject TenneT E-Top.*
- CE Delft. (2022). *Acht beleidsmaatregelen.*
- CE Delft. (2023a). *Beleid voor grootschalige batterijen en afnamenetcongestie.*
- CE Delft. (2023b). *Kennisdocument thuisbatterijen.*
- Crowdnett. (2017). *CrowdNett: The First Dutch Virtual Power Plant Of Aggregates Home Batteries.*
- Elaadnl. (2023). *Regulier en Netbewust laden - Outlook Laadprofielen Elektrische personenauto's.*
- Elia. (2022). *2000 thuisbatterijen houden het Belgische elektriciteitssysteem mee in evenwicht.* [https://www.elia.be/nl/nieuws/persberichten/2022/09/20220912\\_homebattery](https://www.elia.be/nl/nieuws/persberichten/2022/09/20220912_homebattery)
- Emis. (2020). *Premie thuisbatterij verlengd tot eind 2021.* <https://emis.vito.be/nl/artikel/premie-thuisbatterij-verlengd-tot-eind-2021>
- Energiea. (2021). *Kabinet maakt einde aan dubbele heffing van energiebelasting bij opslaan elektriciteit.* <https://energiea.nl/energiea-artikel/40097914/kabinet-maakt-einde-aan-dubbele-heffing-van-energiebelasting-bij-opslaan-elektriciteit>
- Enexis. (2023). *Tarieven.* <https://www.enexis.nl/tarieven>
- Engie. (2020). *Capaciteitstarief in Vlaanderen: dit moet je weten.* <https://www.engie.be/nl/blog/allerlei/capaciteitstarief-Vlaanderen/>
- Engie. (2023). *Een thuisbatterij apart kopen.* <https://www.engie.be/nl/blog/zonnepanelen/aankoop-thuisbatterij-apart/>
- Engineering. (2021). *Grid Frequency Stability and Renewable Power.* <https://www.engineering.com/story/grid-frequency-stability-and-renewable-power>
- EU. (2019). *Directive (EU) 2019/944 on common rules for the internal market for electricity and amending Directive 2012/27/EU. Official Journal of the European Union, L158(14.6.2019), 125-199.* <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32019L0944>





- Eurovent Certita. (2020). Reform of electric charges: in Italy energy charges have changed. <https://www.eurovent-certification.com/en/category/article/reform-of-electric-charges-in-Italy-energy-charges-have-changed?universe=energy-efficiency>
- ExpoClima. (2022). *Domestic solar batteries, Italy in second place in Europe, behind only Germany. + 240% installed power compared to 2020.* <https://www.expoclima.net/en/domestic-solar-batteries-italy-in-second-place-in-europe-behind-only-germany-240-installed-power-compared-to-2020>
- GrantThornton. (2023). *New provisions on '90 - 110 % Superbonus'.* <https://www.bgt-grantthornton.it/en/alert/alert/new-provisions-on-90--110--superbonus/>
- KfW. (2016). *Follow-up programme for promoting battery storage systems in connection with photovoltaic installations starts on 1 March 2016.* [https://www.kfw.de/About-KfW/Newsroom/Latest-News/Pressemitteilungen-Details\\_341696.html](https://www.kfw.de/About-KfW/Newsroom/Latest-News/Pressemitteilungen-Details_341696.html)
- KfW. (2023). *Erneuerbare Energien - Standard.* [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/F%C3%B6rderprodukte/Erneuerbare-Energien-Standard-\(270\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/F%C3%B6rderprodukte/Erneuerbare-Energien-Standard-(270)/)
- LG Energy Solution. (2021). *Electricity Storage Subsidies in Germany.* <https://lghomebatteryblog.eu/en/electricity-storage-subsidies-in-germany/>
- Milieu Centraal. *Salderingsregeling voor zonnepanelen.* Retrieved 04/03 from <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/zonnepanelen/salderingsregeling-voor-zonnepanelen/>
- Ministerie EZK. (2023). *Routekaart Energieopslag.*
- Ministerie van EZK. (2022). *Afbouw salderingsregeling.*
- Ministerie van EZK. (2023). *Scherpe doelen, scherpe keuzes: IBO aanvullend normerend en beprijzend nationaal klimaatbeleid voor 2030 en 2050.*
- Ministerie van Financiën. (2023). *Rapport dubbele energiebelasting achter de kleinverbruikaansluiting bij opslag van elektriciteit.*
- Ministerie van Financiën. (2022). *Belastingplan 2022.*
- Movares. (2015). *Flexibiliteit op de elektriciteitsmarkt.*
- Netbeheer Nederland. (2019). *Basisdocument over energie-infrastructuur.*
- Nieuwsblad. (2022). *Demir kondigt snellere afbouw van steun voor thuisbatterij aan: "Maar dubbel zo veel steun voor warmtepompen".* *Nieuwsblad.* [https://www.nieuwsblad.be/cnt/dmf20221027\\_93557505](https://www.nieuwsblad.be/cnt/dmf20221027_93557505)
- NPRES. (2022). *Handreiking Regionale Energiestrategie.*
- NREL. (2023). *Utility-Scale Battery Storage.* [https://atb.nrel.gov/electricity/2023/utility-scale\\_battery\\_storage](https://atb.nrel.gov/electricity/2023/utility-scale_battery_storage)
- OPSS. (2023). *A Study on the Safety of Second-life Batteries in Battery Energy Storage Systems.*
- OTE. (2018). *Afwegingskader verzwaren tenzij.* Overlegtafel Energievoorziening (OTE). Retrieved februari from [https://www.netbeheernederland.nl/\\_upload/Files/OTE\\_Rapport\\_Afwegingskader\\_verzwaren\\_tenzij\\_128.pdf](https://www.netbeheernederland.nl/_upload/Files/OTE_Rapport_Afwegingskader_verzwaren_tenzij_128.pdf)
- RES LEGAL Europe. (2019). *Net-Metering (scambio sul posto).* <http://www.res-legal.eu/search-by-country/italy/single/s/res-e/t/promotion/aid/net-metering-scambio-sul-posto/lastp/151/>
- Rijksoverheid. (2021). *Wetsvoorstel Energiewet (UHT).*
- Sino. (2021). *Business Models of Virtual Power Plants (VPPs) in Germany.*
- Solar Magazine. (2022a). *Ineenstorting Vlaamse markt thuisbatterij? 'Dip te verwachten, maar er is een basis gelegd'.* <https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i28374/ineenstorting-vlaamse-markt-thuisbatterij-dip-te-verwachten-maar-er-is-een-basis-gelegd>
- Solar Magazine. (2022b). *Nederland telt 1.351 thuisbatterijen, opslagcapaciteit gegroeid naar 185 megawattuur.* <https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i26518/nederland-telt-1-351-thuisbatterijen-opslagcapaciteit-gegroeid->



- [naar-185-megawattuur#:~:text=16%20februari%202022-,Nederland%20telt%201.351%20thuisbatterijen%2C%20opslagcapaciteit%20gegroeid%20naar%20185%20megawattuur,2021%20zo%27n%20185%20megawattuur.](#)
- Solar Magazine. (2023a). *Afbouw salderen: CU, D66 en VVD willen 100 miljoen euro voor buurt- en thuisbatterijen.* <https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i28797/afbouw-salderen-cu-d66-en-vvd-willen-100-miljoen-euro-voor-buurt-en-thuisbatterijen#:~:text=18%20januari%202023-,Afbouw%20salderen%3A%20CU%2C%20D66%20en%20VVD%20willen%20100%20miljoen%20euro,stimulering%20van%20buurt%2D%20en%20thuisbatterijen>.
- Solar Magazine. (2023b). *Energieopslag in Duitsland, hoe staat het bij de oosterburen?* [https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i34023/energieopslag-in-duitsland-hoe-staat-het-bij-de-oosterburen?utm\\_source=Solar%20Magazine&utm\\_campaign=a2f2df423f-Zonneflits%20%7C%20Energieopslag:%20de%20onmisbare%20scha&utm\\_medium=email&utm\\_term=0\\_54b49bf328-a2f2df423f-74586662](https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i34023/energieopslag-in-duitsland-hoe-staat-het-bij-de-oosterburen?utm_source=Solar%20Magazine&utm_campaign=a2f2df423f-Zonneflits%20%7C%20Energieopslag:%20de%20onmisbare%20scha&utm_medium=email&utm_term=0_54b49bf328-a2f2df423f-74586662)
- Solar Magazine. (2023c). *Thuisbatterij in Vlaanderen: here to stay.* <https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i29141/thuisbatterij-in-vlaanderen-here-to-stay>
- Solar Magazine. (2023d). *Vlaanderen: recordaantal aanvragen subsidie thuisbatterij, groei van 75 procent.* <https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i28815/vlaanderen-recordaantal-aanvragen-subsidie-thuisbatterij-groei-van-75-procent>
- SolarPower Europe. (2022). *European Market Outlook For Residential Battery Storage.*
- sonnen. (2020, 2023). *sonnen presents revolutionary software for connecting household devices to virtual power plants.* <https://sonnengroup.com/sonnen-presents-revolutionary-software-connecting-household-devices-virtual-power-plants/>
- Staatssecretaris van I&W. (2022). *Schoon en zuinig.*
- Tennet. *Balancing Service Provider (BSP).* <https://www.tennet.eu/nl/balancing-service-provider-bsp>
- TenneT. (2022). *Handboek aFRR voor BSPs.*
- Tweede Kamer der Staten Generaal. (2020). *Wijziging van de Elektriciteitswet 1998 en de Wet belastingen op milieugrondslag ter uitvoering van de afbouw van de salderingsregeling voor kleinverbruikers.*
- Tweede Kamer der Staten Generaal. (2023). *Afbouw salderingsregeling kleinverbruikers.* Retrieved from <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/h-tk-20222023-40-7.pdf>
- Vandebroun. (2023). *Alles wat je moet weten over onze nieuwe vaste terugleveringskosten.* In: Vandebroun.
- Vlaamse overheid. (n.d.). *Terugleveringscontract voor elektriciteit die u zelf produceert en op het distributienet injecteert.* Digitaal Vlaanderen. <https://www.vlaanderen.be/energieleveranciers-en-energiecontracten/terugleveringscontract-voor-elektriciteit-die-u-zelf-produceert-en-op-het-distributienet-injecteert>
- VREG. (2021). *Veelgestelde vragen over arrest Grondwettelijk Hof.* <https://www.vreg.be/nl/faq/arrest-grondwettelijk-hof>
- Witteveen & Bos. (2023). *Onderzoek buurtbatterijen.*
- zonnepanelenenergie.be. (2020). *De terugdraaiende teller bij zonnepanelen (en de vele misvattingen eromheen).* <https://zonnepanelenenergie.be/terugdraaiende-teller>



# A Aannames businesscase

## A.1 Methode

De aannames voor de methode zijn:

- Uitgangspunt is een gemiddelde Nederlandse woning in twee varianten:
  1. **Normaal huishouden:** huishoudelijk verbruik, zonnepanelen en thuisbatterij.
  2. **Huishouden met sterke elektrificatie:** huishoudelijk verbruik, zonnepanelen, elektrisch koken, elektrische auto, warmtepomp en thuisbatterij.
- We berekenen de businesscase voor twee typen batterijen: een kleinschalige en groot-schalige thuisbatterij. De eigenschappen zijn opgenomen in Tabel 3. Dit zijn de verwachte thuisbatterijen die veel voorkomen, maar er zullen ook grotere installaties gerealiseerd worden.
- We modelleren de businesscase in 2025 en 2030. We extrapoleren deze gegevens om de terugverdientijd te bepalen. We gaan uit van een investering in 2024 en een technische levensduur van vijftien jaar, oftewel tot 2028.
- We modelleren de businesscase van thuisbatterijen in de huidige situatie. Voor de modellering gebruiken we dezelfde methode als in de studie '[Beleid voor grootschalige batterijsystemen en netcongestie](#)'. De modellering is hetzelfde, maar we houden rekening met de verschillen voor thuisbatterijen, zoals de energiebelasting. We modelleren de inzet van thuisbatterijen in vier gevallen:
  1. Opslaan en gebruik van eigen zonne-energie met vast energiecontract. We gaan er daarbij in dit referentiescenario van uit dat er tot 2030 een salderingsregeling is en deze in 2030 wordt afgeschaft.
  2. Opslaan en gebruik van eigen zonne-energie met variabel energiecontract. We gaan er daarbij in dit referentiescenario vanuit dat er tot 2030 een salderingsregeling is en deze in 2030 wordt afgeschaft.
  3. Energiehandelen met een flexibel energiecontract (day-aheadmarkt). De modellering van de day-aheadmarkt is gebaseerd op ons PowerFlex-model wat de elektriciteitsprijs per uur modelleert.
  4. Inzet op onbalansmarktmarkt: de inzet van een thuisbatterij op deze markt wordt nu nog niet toegepast in Nederland, maar is wel mogelijk. We bepalen hierbij het potentieel.
- Beleidsmaatregelen worden doorgerekend om het effect op de businesscase te berekenen. Beleidsmaatregelen zijn:
  - afschaffen van de salderingsregeling;
  - vrijstelling energiebelasting voor thuisbatterij;
  - subsidie voor thuisbatterij.

## A.2 Modellering energiemarkten

### Day-aheadmarkt

De day-aheadmarkt wordt ook wel de APX-markt genoemd, naar de Amsterdam Power Exchange die vroeger de markt faciliteerde. Voor de modellering van de day-aheadmarkt is het model 'Powerflex' gebruikt. Dit model berekent de prijs van de day-ahead-elektricitetsmarkt per uur, gebaseerd op verschillende aannames.

## Vrijwillige onbalansmarkt

Partijen kunnen ook zonder deel te nemen aan de aFRR een bijdrage leveren om de onbalans in het net te verkleinen. TenneT stelt daarvoor een near realtime-prijssignaal voor op- en afregelen beschikbaar. Deze vrijwillige bijdrage om de onbalans te verkleinen wordt vaak 'de onbalansmarkt' genoemd, hoewel het niet echt een markt is.

De prijs van de onbalansmarkt is gelijk aan de duurste ingeschakelde asset op de aFRR. De inkomsten op de onbalansmarkt zijn gebaseerd op de historische onbalansprijzen in 2022. De batterij laadt en onlaadt in het model aan de hand van de regeltoestand van TenneT en kijkt daarbij niet vooruit of er later een betere prijs is, in het echt is dat namelijk ook niet van tevoren bekend. We schatten de inkomsten voor 2025 en 2030 gebaseerd op onze verwachting van de prijzen en inkomsten op de day-aheadmarkt.

### A.3 Aannames

De specifieke aannames zijn opgenomen in de onderstaande tabellen.

#### Energieprijzen

Voor de vaste energieprijzen hanteren we prognoses uit de KEV 2022. Daarbij nemen we de energiebelasting aan zoals geprognosticeerd door CE Delft in eerdere studies. Deze aannames zijn weergegeven in Tabel 35

Tabel 35 - Aannames elektriciteitsprijzen voor vast contract en voor energiebelasting

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Leveringsprijs	€ 0,14	€ 0,13	€ 0,13	€ 0,12	€ 0,12	€ 0,11	€ 0,10
Energiebelasting	€ 0,10	€ 0,09	€ 0,08	€ 0,07	€ 0,07	€ 0,06	€ 0,07
Leveringsprijs inclusief EB en btw	€ 0,29	€ 0,26	€ 0,25	€ 0,24	€ 0,23	€ 0,21	€ 0,20
Prijs invoeding	€ 0,11	€ 0,10	€ 0,10	€ 0,10	€ 0,09	€ 0,09	€ 0,08

Voor de modellering van de elektriciteitsprijzen per uur hanteren we het PowerFlex-model. De inputs daarvoor zijn het opgesteld vermogen van verschillende productiebronnen (gas, kolen, zon, wind, kernenergie) en de energieprijzen. De aangenomen energieprijzen zijn weergegeven in Tabel 36.

Tabel 36 - Energieprijsaannames


Commodity	Eenheid	2025			2030		
		Laag	Midden	Hoog	Laag	Midden	Hoog
Gas	€/MWh	€ 30	€ 50	€ 90	€ 20	€ 35	€ 60
Kolen	€/ton	€ 80	€ 130	€ 210	€ 60	€ 120	€ 190
CO <sub>2</sub>	€/ton	€ 70	€ 100	€ 120	€ 90	€ 120	€ 150

Deze modellering resulteert voor het middenscenario in 2030 in een gemiddeld maximaal prijsverschil binnen één dag van 118 €/MWh, oftewel 0,118 €/kWh. We kijken hierbij naar het verschil tussen de laagste en hoogste prijs binnen één dag. Zonder salderingsregeling betalen echter ook belasting en btw over die elektriciteitsprijs. De spread binnen één dag is dan nog maar 34 €/MWh, oftewel 0,33 €/kWh. Er kunnen 280 dagen per jaar een positieve spread gerealiseerd worden met energiebelasting en btw, waarbij de gemiddelde spread van die dagen 51 €/MWh is.

## B Kennisdocument thuisbatterijen

Vanaf de volgende pagina is het kennisdocument thuisbatterijen opgenomen. Dit losstaande document is gepubliceerd in juni 2023 en omvat algemene informatie over thuisbatterijen. De thema's in dit kennisdocument zijn modellen thuisbatterijen, de rol van thuisbatterijen in de energietransitie, brandveiligheid, grondstoffen & recycling en cybersecurity.





# Kennisdocument thuisbatterijen

Algemene informatie voor overheden,  
installateurs en consumenten



*Committed to the Environment*

# Kennisdocument thuisbatterijen

Algemene informatie voor overheden, installateurs en consumenten

Delft, CE Delft, mei 2023

Publicatienummer: 23.220408.074

Opdrachtgever: Huawei Technologies B.V.

Dit kennisdocument is opgesteld door: Heleen Groenewegen, Lucas van Cappellen en Marieke Nauta

## **CE Delft**

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al meer dan 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



# 1 Introductie van het energiesysteem en thuisbatterijen

## 1.1 Het nieuwe energiesysteem



Het energiesysteem in Nederland verduurzaamt door de overstap op hernieuwbare energie. Als onderdeel daarvan elektrificeert de samenleving in hoog tempo. Door steeds meer gebruik van elektrisch vervoer, elektrificatie in de industrie, warmtepompen in huizen en de aanleg van zonnepanelen en windmolens ontstaat zowel een grotere vraag als ook steeds meer aanbod van duurzame elektriciteit. Flexibiliteit wordt daardoor steeds belangrijker en is nodig voor twee doeleinden:

- **Energiebalancering:** door de toename in vraag naar elektriciteit en duurzame elektriciteitsproductie is er meer behoefte aan flexibiliteit op korte en lange termijn voor de balancering van vraag en aanbod.
- **Netcongestie:** de toename in de vraag en het aanbod van elektriciteit leidt ertoe dat de capaciteit van het huidige elektriciteitsnet onvoldoende is voor alle activiteiten. Dit probleem wordt ook wel netcongestie genoemd. Flexibiliteit kan ook ingezet worden om netcongestie te voorkomen of op te lossen.

Deze flexibiliteit kan gecreëerd worden door slimmer om te gaan met het verbruik (vraagsturing) of met bijvoorbeeld opslag in de vorm van elektriciteit, in moleculen zoals waterstof of in warmte. Opslag in de vorm van elektriciteit kan bijvoorbeeld in grootschalige batterijen of kleinschalig middels thuisbatterijen. In de toekomst is voor particulieren opslag en teruglevering vanuit de accu van hun elektrische voertuigen ook mogelijk, ook wel vehicle-to-grid genoemd.

Het doel van dit kennisdocument is om een overzicht te geven over de thuisbatterij en in te gaan op de rol van elektriciteitsopslag in thuisbatterijen, grondstoffen en recycling, brandveiligheid en cybersecurity. In een [verdiepende studie](#) (verwachte oplevering september 2023) richten we ons in meer detail op de businesscase van thuisbatterijen, de relatie met netcongestie, de rol in het energiesysteem en beleidsaanbevelingen voor de overheid en netbeheerders. Daarnaast wordt ook ingegaan op de ontwikkeling van thuisbatterijen in andere landen.

## 1.2 De thuisbatterij



De thuisbatterij is een batterij die wordt geplaatst bij huishoudens of kleine bedrijven. Thuisbatterijen worden achter de elektriciteitsmeter geplaatst en zijn onderdeel van het elektriciteitssysteem. De focus van dit kennisdocument is de lithium-ion-batterij, aangezien dit momenteel de standaard is voor commerciële thuisbatterij.

Een thuisbatterij kan voor verschillende functies ingezet worden: overtollige zonne-energie opslaan, handelen op energiemarkten of de piekbelasting op het elektriciteitsnetwerk verlagen. Het opslaan van eigen zonne-energie leidt tot lagere energiekosten voor het huishouden, doordat er minder energie via de energieleverancier gekocht hoeft te worden. Daarnaast kunnen gebruikers die een dynamisch energiecontract hebben (waarbij de prijzen fluctueren gedurende de dag) elektriciteit inkopen tegen gunstige tarieven en deze opslaan, zodat op momenten van ongunstige tarieven er geen stroom van het net gekocht hoeft te worden. Daarbij biedt het voor veel huishoudens een extra gevoel van onafhankelijkheid, ook al blijft met een thuisbatterij een aansluiting op het elektriciteitsnetwerk vereist. In Nederland zijn er nu nog weinig thuisbatterijen geïnstalleerd, onder andere omdat de terugverdientijd nu nog lang is.

Dit rapport is mede mogelijk gemaakt door betrokkenheid van Huawei, NVDE, ESNL, Netbeheer Nederland, Ministerie van EZK en Nederlands Instituut Publieke Veiligheid.

## 2 Thuisbatterijmodellen

### 2.1 Inleiding

De markt voor thuisbatterijen groeit, mede door het groeiend aantal zonnepanelen bij huizen. Er zijn verschillende aanbieders van lithium-ion-thuisbatterijen. Ter illustratie worden in dit hoofdstuk de thuisbatterijen van Huawei, LG Chem, Tesla en SolarWatt kort besproken, aangezien dit in Nederland of wereldwijd grote leveranciers zijn. Voor elk merk is een overzicht gemaakt van verschillende soorten batterijen met gegevens over de opslagcapaciteit en vermogen, kosten en formaat. De kosten zijn indicatief en worden bepaald door de leveranciers. Andere aanbieders van thuisbatterijen zijn onder andere Enphase, Solax, Fronius, Growatt, BYD, Varta, SMA, sonnenBatterie en Mercedes.

Thuisbatterijen zijn er in verschillende soorten en maten. Huidige reguliere modellen kunnen zo'n 2 tot 12 kWh opslaan. Thuisbatterijen zijn toepasbaar in ieder huishouden met genoeg ruimte om de batterij te plaatsen. De levensduur van een thuisbatterij varieert tussen de 10 en 20 jaar, afhankelijk van het aantal laadcycli. De kosten voor een thuisbatterij verschillen van € 2.500 tot € 12.000, toenemend met de opslagcapaciteit. Het gewicht varieert tussen de 20 en 170 kg, ook afhankelijk van de opslagcapaciteit.

#### Tekstblok 1 - Vermogen (W) en capaciteit (Wh)

Watt (W) en Wattuur (Wh) lijken op elkaar, maar zijn toch verschillend. **Watt** is het vermogen: dit is hoeveel energie een apparaat nodig heeft om te werken per tijdseenheid. **Wattuur** is een maat voor de hoeveelheid energie die wordt verbruikt, opgeslagen of geleverd: een stofzuiger met een vermogen van 1 kW (1 kW is 1.000 W) die een uur aan staat, heeft 1 kWh verbruikt. Een batterij met een capaciteit van 5 kWh kan vijf uur stroom leveren op een vermogen van 1 kW of twee uur op een vermogen van 2,5 kW. Ter vergelijking, een fietsaccu heeft een opslagcapaciteit van 0,4-1,0 kWh en de accu van een elektrische auto 40-100 kWh.

Een Nederlands gemiddeld huishouden met aardgasaansluiting verbruikt dagelijks gemiddeld 7,5 kWh elektriciteit. Indien een huis de warmtevraag niet voorziet met gas maar met een elektrische warmtepomp, dan is het dagelijks gebruik gemiddeld zo'n 15kWh. Er zijn echter sterke onderlinge verschillen in stroomverbruik die bepaald worden door type woning en het aantal personen in een huishouden. Ook varieert het stroomgebruik gedurende de seizoenen, met name als de warmtevraag elektrisch geregeld is.

### 2.2 Voorbeelden van thuisbatterijen

#### Huawei Luna2000

Het Chinese Huawei produceert de modulaire thuisbatterij *Huawei Luna2000*. Doordat de batterij modulair is, kan de batterij indien gewenst uitgebreid worden door meer modules op elkaar te stapelen. Hierdoor wordt de opslagcapaciteit vergroot naar 15 kWh.

#### Thuisbatterijmodellen van Huawei

Naam	Opslagcapaciteit en vermogen (kWh/kW)	Formaat (b x d x h) (cm)
Bron: (Huawei)		
LUNA2000 5 kWh	5/2,5	67 x 15 x 60
LUNA2000 10 kWh	10/5	67 x 15 x 96
LUNA2000 15 kWh	15/5	67 x 15 x 132



Huawei-omvormer en -thuisbatterijen (10 kWh) (MR Solar)



## LG Chem

LG Chem is onderdeel van het Zuid-Koreaanse LG. Het merk biedt batterijen met diverse bruikbare opslagcapaciteiten. De LG RESU FLEX is een modulaire batterij waarbij tot wel vier batterijmodules gecombineerd kunnen worden, in totaal goed voor 17,2 kWh (Memodo blog, n.d.).

### Thuisbatterijmodellen van LG Chem

Naam	Opslagcapaciteit en vermogen (kWh/kW)	Formaat (b x d x h) (cm)
Bron: (Alma Solar)		
RSU3.3	3,3/3	45 x 12 x 40
RSU6.5	6,5/4,2	45 x 12 x 65
RSU10	9,8/5	45 x 23 x 48
RSU12	13,1/5	45 x 23 x 63
RESU10H PRIME	9,6/5	50 x 30 x 82
RESU16H PRIME	16/7	50 x 30 x 109
RESU FLEX (BMA)	8.6/4,3	67 x 15 x 67



Omvormer (boven) en de LG RSU10 thuisbatterij (onder) (Q-Home).

## SolarWatt

Het Duitse SolarWatt maakt thuisbatterijen in samenwerking met BMW. Het Solarwatt Battery flex-systeem is modulair opgebouwd en kan gestapeld worden tot 57,6 kWh.

### Thuisbatterijmodellen van SolarWatt

Naam	Opslagcapaciteit en vermogen (kWh/kW)	Formaat (b x d x h) (cm)
Bron: (SolarWatt)		
Flex base accu	4,8/6	54 x 30 x 25
AC-1.3		
Flex middle/top pack	2,4/0.8	54 x 30 x 14

Rechts: drie SolarWatt MyReserve packs en een base accu (Twente Zon).



## Tesla Powerwall

De Amerikaanse autofabrikant Tesla levert ook thuisbatterijen. De Powerwall is vanwege grote opslagcapaciteit met name interessant voor een huishouden met groter verbruik. Er kunnen tot wel tien Powerwalls aan elkaar gekoppeld worden om een grotere opslagcapaciteit te creëren. Powerwall 2 is op dit moment nog niet te koop in Nederland.

### Thuisbatterijmodel van Tesla

Naam	Opslagcapaciteit en vermogen (kWh/kW)	Formaat (b x d x h) (cm)
Bron: (Tesla360, 2022)		
Powerwall 2	13,5/5	75 x 15 x 115

Rechts: Tesla Powerwall en lader voor elektrische auto (Tesla).





### 3 Rol van thuisbatterijen in het energiesysteem

Thuisbatterijen hebben verschillende mogelijke rollen in het energiesysteem. Hieronder zijn drie richtingen weergegeven, elk begeleid met een gestapelde figuur. Hoe de thuisbatterij ingezet wordt hangt af van de keuze van de eigenaar en de software op de thuisbatterij. Deze keuze is mede-gebaseerd op hoe het meeste geld verdiend kan worden met een thuisbatterij. Het is uiteraard mogelijk om de verschillende functies af te wisselen, er is dus niet spraken van uitsluitende één van deze rollen voor een thuisbatterij.

Toelichting rol thuisbatterij	Voorbeeld energiestromen voor één dag
<p><b>Zonne-energieopslag</b></p> <p>De thuisbatterij slaat overdag overtollige elektriciteit van zonnepanelen op. De opwek kan verschillen per seizoen, de figuur toont een typisch zonprofiel voor een zomerse dag. In de avond kan de elektriciteitsvraag van het huishouden geleverd worden uit de batterij, in plaats vanuit het elektriciteitsnetwerk. Als de batterij leeg is, moet er elektriciteit afgenomen worden van het net. Met het afschaffen van de salderingsregeling ontstaat er een financiële reden om dit te doen. In ons vervolgonderzoek bekijken we of er dan een rendabele businesscase is voor thuisbatterijen.</p>	
<p><b>Handel op energiemarkten</b></p> <p>De thuisbatterij wordt ingezet om geld te verdienen op de energiemarkten, door te laden en ontladen. In de avondpiek is de stroom relatief duur, het is aantrekkelijk om de elektriciteit uit de batterij te gebruiken. Op sommige momenten is het in de toekomst zelfs mogelijk voordelig om de opgeslagen elektriciteit weer te verkopen. Met een dynamisch energiecontract kan een huis deelnemen aan de energiemarkten, deelname aan balanceringsmarkten is mogelijk via een energieleverancier.</p>	
<p><b>Netcongestie reduceren</b></p> <p>De dag- en avondpiek wordt actief verlaagd door de batterij. Dit gebeurt door overdag zonne-energie op te slaan en 's avonds de batterij te ontladen, afhankelijk van de behoefte van het elektriciteitsnetwerk. Als er voldoende batterijen zijn, kan de netbelasting verlaagd worden en zou dit netcongestie in het elektriciteitsnetwerk kunnen voorkomen. Daarnaast heeft een huishouden wellicht geen grotere aansluiting op het elektriciteitsnetwerk nodig. Er zijn nu nog geen markten of nettarieven die sturen op het oplossen van congestie door huishoudens.</p>	

Batterijen kunnen ook in een groep ingezet worden door een externe partij, zoals een energieleverancier. De batterij kan dan ingezet worden op andere energiemarkten voor energiebalancering en zo meer geld verdienen. Naast de beschreven functies kan een thuisbatterij ook ingezet worden als back-up-elektriciteitsvoorziening voor het huishouden als de stroom uitvalt. Voor deze noodstroom is vaak nog wel een extra onderdeel nodig.

In de [verdiepende studie](#) onderzoeken we de potentie van thuisbatterijen voor het opslaan van zonne-energie, handelen op energiemarkten en netcongestie verhelpen. Daarbij analyseren we de businesscase voor consumenten en bedrijven die thuisbatterijen centraal kunnen aansturen, de potentiële toegevoegde waarde voor het energiesysteem en belemmeringen.

## 4 Grondstoffen en recycling

Het groeiend aantal batterijen voor de verduurzaming van voertuigen en het energiesysteem dragen significant bij aan de toenemende vraag naar grondstoffen zoals lithium, kobalt, grafiet, koper, nikkel en aluminium. Voor thuisbatterijen wordt door de meeste fabrikanten de zogenoemde lithium-ijzerfosfaatbatterij (LFP) gebruikt. Voorheen was ook kobalt, naast lithium, een hoofdcomponent van thuisbatterijen, maar om verschillende redenen wordt kobalt tegenwoordig minder gebruikt.

### 4.1 Lithium

Cruciaal voor batterijen is het metaal lithium. Ongeveer de helft van alle lithium wordt momenteel gewonnen in Australië. Daarna komen respectievelijk Chili en China. Gezamenlijk zorgen deze landen voor meer dan 90% van de wereldwijde lithiumproductie (IEA, 2023). China domineert verder de lithiumketen, aangezien meer dan de helft van al het lithium wordt verwerkt in China en vervolgens wordt meer dan driekwart van de batterijen gemaakt in China (IEA, 2023). Lithium is geologisch gezien niet schaars, het is echter onzeker hoeveel lithium economisch winbaar is. Schattingen over de toekomstige vraag naar lithium lopen sterk uiteen, door zowel onzekerheid over toekomstige groeiende vraag als minder vraag door technologische ontwikkelingen. Zo is de verwachting dat batterijen efficiënter worden en daardoor meer energie kunnen krijgen uit dezelfde hoeveelheid materiaal, waardoor er minder grondstoffen nodig zijn. Daarnaast kunnen nieuwe type batterijen met andere grondstoffen er ook voor zorgen dat de vraag zich anders ontwikkelt.

#### Tekstblok 2 - Alternatieve grondstoffen voor (thuis)batterijen

Omdat er een limiet is aan de winning van lithium, wordt er ook gekeken naar batterijen waarin het metaal vervangen wordt door lichte metalen zoals natrium of kalium. Natrium-ion-batterijen lijken op lithium-ion-batterijen, maar gebruiken veel goedkoper en minder zeldzaam natrium. Natrium-ion-batterijen kunnen binnen enkele jaren competitief worden met lithium-ion en zouden een grote rol kunnen spelen voor energieopslagssystemen (NP RES & CE Delft, 2022).

Het World Economic Forum schat dat de vraag in 2030 meer dan 3 miljoen ton lithium carbonate equivalent (LCE) zal bedragen. In 2021 was de wereldwijde productie 540.000 ton LCE en opschaling van zowel de winning als de productie is dan ook vereist (WEF, 2023). Het opstarten van nieuwe mijnbouwprojecten kent een aanlooptijd tussen de 6 en 15 jaar. Lithiumwinning gaat vaak gepaard met ecologische complicaties, zoals vervuiling van land en water en heeft vaak grote gevolgen voor de lokale bevolking. Daarnaast is de productie van lithium een zeer waterintensief proces, terwijl het vaak gewonnen wordt in droge zoutvlaktes waar water schaars is.

Circulaire ontwerpprincipes kunnen daarom ook een cruciale rol spelen om te voorzien in de vraag(reductie) naar lithium. Ten eerste zorgen optimalisatie van de levensduur en efficiëntie van apparaten in de ontwerpfase van een product voor een lagere vraag naar grondstoffen (rethink, reduce). Er hoeven zo minder snel nieuwe apparaten te worden geproduceerd. Ook is het van belang dat in het productontwerp rekening gehouden wordt met latere recycling (Royal HaskoningDHV, 2021). Tot slot is het cruciaal om niet alleen de grondstofwinning, maar ook de grondstofrecycling op te schalen en te optimaliseren.

## 4.2 Europese Critical Raw Materials Act

Momenteel zijn Nederland en de EU voor de toevoer van lithium en andere kritieke grondstoffen vrijwel geheel afhankelijk van import. De winning van grondstoffen en de productie van batterij is vaak zeer geconcentreerd in enkele landen. De EU wil minder afhankelijk zijn van import en de risico's van de strategische afhankelijkheid beperken.

De European Critical Raw Materials Act moet ervoor zorgen dat de EU haar toevoer van kritieke grondstoffen aanzienlijk kan vergroten en diversifiëren om zo de leveringszekerheid te borgen (Europese Commissie, 2023). De verordening stelt een regelgevingskader vast om de ontwikkeling van Europese productiecapaciteit te ondersteunen en de duurzaamheid en circulariteit van de toeleveringsketens van kritieke grondstoffen in de EU te versterken. De EU-lidstaten zullen nationale programma's moeten ontwikkelen voor het verkennen van geologische hulpbronnen. In Europa zijn lithiumvoorraden aanwezig in onder andere Spanje, Portugal, Oostenrijk, Frankrijk en Scandinavië. Naar verwachting zal het creëren van draagvlak onder de lokale bevolking voor het (her)openen van mijnen een uitdaging zijn.

Met de verordening worden normen voor de productiecapaciteit binnen de EU vastgesteld voor zowel kritieke als strategische grondstoffen. In 2030 moet de toeleveringsketen voor kritieke grondstoffen minimaal het volgende leveren: 10% van het jaarlijkse EU-verbruik voor raffinage (industriële zuivering noodzakelijk voor verdere verwerking), 40% van het jaarlijkse EU-verbruik voor verwerking en 15% van het jaarlijkse EU-verbruik voor recycling (Europese Commissie, 2023).

## 4.3 Europese Batterijenverordening

Naast de European Critical Raw Materials Act bevat de nieuwe Europese Batterijenverordening diverse verplichtingen die de circulariteit bevorderen, als mede ook de veiligheid en duurzaamheid. Deze nieuwe verordening zal een modernisering en vervanging zijn van de huidige Batterijenrichtlijn. De verordening beoogt een circulaire economie voor de batterijsector door zich te richten op alle fasen van de levenscyclus van batterijen, van ontwerp tot afvalverwerking. Voorbeelden zijn eisen op het gebied van inzameling, het stimuleren van de repareerbaarheid en hergebruik, recycling en op de verplichting om gerecycled materiaal toe te passen in nieuwe lithiumbatterijen. Zo wordt het streefcijfer voor de terugwinning van lithium uit afgedankte batterijen vastgelegd op 50% in 2027 en 80% in 2031. De verordening voorziet ook in etiketterings- en informatievereisten over de componenten en gerecyclede inhoud van de batterij (Raad van de Europese Unie, 2023). In de Verkenning regelgeving veiligheid batterijen (Royal HaskoningDHV, 2021) wordt uitgebreid ingegaan op de bestaande en nieuwe regelgeving. De auteurs merken op dat er in de voorgestelde verordening veel verantwoordelijkheid bij de producent wordt neergelegd, maar dat het lastig is te controleren of een producent er alles aan doet of een batterij op de juiste manier afgevoerd, verwerkt, gerecycled of refurbished wordt.

## 4.4 Nederlands beleid

Nederland werkt vanuit de agenda voor Buitenlandse Handel en Ontwikkelingssamenwerking aan het vergroten van de leveringszekerheid van kritieke grondstoffen en via diverse organisaties aan verduurzaming van deze grondstoffenketens. Er komt daarbij steeds meer nadruk op de grondstoffenketens die geraakt worden door de energietransitie en naar de milieu- en klimaatrisico's in deze ketens (Staatssecretaris van I&W, 2022b).

In Nederland is recent ook het Nationaal Programma Circulaire Economie 2023-2050 gepresenteerd, waar de grondstoffenstrategie voor een volledig circulair Nederland in 2050 wordt toegelicht (Ministerie van I&W, 2023). In Nederland geldt op dit moment al een producentenverantwoordelijkheid met betrekking tot batterijen, waardoor de partij die een batterij op de markt plaatst ook verantwoordelijk is voor het op een juiste wijze van de

markt afhaken (Stibat, n.d.). De producenten zijn daarmee verantwoordelijk voor (de kosten van) het inzamelen en recyclen van gebruikte producten.

Specifiek voor thuisbatterijen bestaat er momenteel nog geen concreet plan van aanpak. Voor veel andere apparaten en lampen geldt al langere tijd een recyclingbijdrage, die in de prijs van het product verrekend is. Voor zonnepanelen zal binnenkort een hogere recyclingbijdrage gelden, aangezien deze sterk groeiende markt voor een steeds grotere afvalstroom zal zorgen. Bij een grotere aantal thuisbatterijen zal meer aandacht besteed moeten worden aan de infrastructuur voor veilige inzameling en recycling van thuisbatterij, zoals bijvoorbeeld een installateur die in huishoudens voor veilige demontage zorgt.

#### **4.5 Belgisch beleid rondom inzameling en recycling**

In België zijn er vanwege de grotere inzet van thuisbatterijen meer ontwikkelingen rondom de inzameling en recycling. Er geldt, net zoals in Nederland, de producentenverantwoordelijkheid. Om de toekomstige groei van verwerkingskosten te dekken, geldt er sinds 1 januari 2022 een milieubijdrage voor thuisbatterijen. De bijdrage dekt de kosten voor registratie, preventie, sensibilisering, inzameling, ontmanteling, verwerking, recycling, rapportering aan de overheid en onderzoek om na te gaan of de batterij een tweede leven kan krijgen. Deze dient de producent of installateur bij het op de markt komen van de batterij te betalen aan Bebat. Bebat organiseert in België de inzameling en recycling van batterijen, vergelijkbaar met het Nederlandse Stibat (Bebat, n.d.).

## 5 Brandveiligheid

### 5.1 Veiligheidsrisico's

De lithium-ion-batterij is een volwassen technologie, maar kent wel veiligheidsrisico's. Hoewel de kans op calamiteiten klein is, is de impact bij brand van een thuisbatterij in een huishouden groot. Het scenario met de grootste gevolgen is het ontstaan van een thermal runaway, waarbij er te veel warmte in de batterijcellen ontstaat, met oververhitting en een onomkeerbaar chemisch verhittingsproces tot gevolg (PGS team, 2022).

Dit leidt tot een felle, lastig te bestrijden brand, het vrijkomen van giftige stoffen en mogelijk een explosie. Bij het blussen ontstaat vervolgens verontreinigd bluswater, wat schadelijk kan zijn voor de brandweer en andere omstanders (Veiligheidsregio Haaglanden et al., 2019). Een thermal runaway kan verschillende oorzaken hebben, zoals:

- productiefout;
- mechanische schade door vallen of stoten;
- extreem laadgebruik van de batterij, oftewel overladen of volledig ontladen;
- te hoge of lage temperatuur;
- veroudering, hieronder valt ook het in gebruik nemen van een oudere tweedehands thuisbatterij;
- ondeskundig onderhoud of ondeskundig uitgevoerde montages of reparaties.

Als eenmaal een thermal runaway plaatsvindt bij een batterij, is de situatie moeilijk te stabiliseren, vanwege de zeer snelle toename van de temperatuur en druk, door de uiterst brandbare bestanddelen van een lithium-ion-batterij. Bij een thermal runaway zal de lithium-ion-energiedrager zeker tot ontbranding komen. Brandbestrijding van thuisbatterijen is lastig, aangezien de batterij een afgesloten geheel is waarbij normaal gesproken geen vocht of stof kan komen. Hierdoor kan het bluswater de batterijcellen slecht bereiken, waardoor de brand zich kan verspreiden naar naastgelegen batterijcellen binnenin de batterij, waardoor de brand heviger wordt. Koeling en blussen kan verdere uitbreiding van de brand beperken, mits het bluswater op enige wijze de batterijcellen kan bereiken.

Het is lastig in te schatten hoe vaak een thermal runaway voorkomt bij een thuisbatterij, omdat er nog geen grootschalig onderzoek naar gedaan is. Daarnaast spelen gebruik en het onderhoud een rol en zijn deze factoren lastig te voorspellen. Om de kans op thermal runaway te verkleinen is voorlichting over veilige plaatsing, gebruik en onderhoud van belang.

Naast thermal runaway zijn andere mogelijke veiligheidsrisico's van lithium-houdende energiedragers het vrijkomen van (toxische) chemicaliën in het geval van beschadiging en elektrische gevaren zoals kortsluiting zoals voor de meeste elektrische apparaten.

### 5.2 Ingebouwd veiligheidssysteem en veilige plaatsing

Voor batterijen gelden, net zoals voor andere apparaten, internationale product- en systeemnormen en certificeringseisen. Om risico's te verkleinen hebben thuisbatterijen ingebouwde veiligheidssystemen waaronder constante monitoring van de temperatuur, afschakeling bij oververhitting en in sommige gevallen een ingebouwd brandblusmiddel. Daarnaast wordt in de meeste nieuwe modellen gebruik gemaakt van de nieuwere batterijtypes lithium-ijzerfosfaatbatterij (LFP), waarbij de weerstand tegen hoge temperaturen beter is dan bij andere types (NMC of NCA). Hierdoor zal minder snel een thermal runaway plaatsvinden.

Naast ingebouwde maatregelen is het belangrijk om voorzorgsmaatregelen te treffen bij het plaatsen van een thuisbatterij en in het gebruik zorgvuldig om te gaan met het apparaat.

In eerste instantie is het belangrijk dat de thuisbatterij niet op een plek staat waar deze makkelijk beschadigd kan raken. Daarnaast gaat de voorkeur uit naar een locatie die voor hulpdiensten goed bereikbaar is en die niet in de vluchtroute staat voor bewoners. Een voorbeeld van veilige plaatsing kan zijn in een garage, tegen een stenen muur en op ooghoogte. Dit laatste om te voorkomen dat een auto of fiets tegen de thuisbatterij aanstoot. De thuisbatterij kan eventueel ook aan de buitenmuur van een woning geplaatst worden. Het is hierbij echter van belang dat de thuisbatterij beschermd wordt tegen verwarming door zonneschijn en tegen regen.

In de ruimte waar de thuisbatterij staat is het belangrijk dat er voldoende ventilatie is en bij voorkeur ook een brandmelder en een onbrandbare rookgasafvoer. Een brandwerende vloeistofdichte bak om de thuisbatterij kan ook de gevolgen van een brand beperken, doordat deze bak bij brand gevuld kan worden met water. Het document 'Veiligheidsprincipes kleinschalige EOS'en' geeft nog meer gedetailleerde veiligheidsvoorschriften voor zowel gebruikers als voor veiligheidsregio's, verzekeraars en bevoegd gezag (Meijer et al., 2021).

Er is sinds eind 2022 een registratieplicht voor opslageenheden zoals een thuisbatterij bij de netbeheerder. Er is echter geen registratieverplichting bij de brandweer of veiligheidsregio. Voor hulpdiensten kan het cruciaal zijn om bij het betreden van een woning met brand te weten of er een thuisbatterij aanwezig is. Momenteel wordt er gekeken of de brandweer inzicht kan krijgen in de data van de netbeheerder.

De kans op brand bij een thuisbatterij is zeer klein, maar de impact kan groot zijn. Een installateur en de consument zouden op de hoogte moeten zijn van de hiervoor genoemde voorzorgsmaatregelen en op deze manier bijdrage aan de veilig plaatsing van een thuisbatterij. Op dit moment is er nog geen concrete regelgeving voor de plaatsingen van de thuisbatterij en voor erkende installateurs hiervan. Veiligheid bestaat uit een veelvoud van maatregelen, advisering en bewustwording. Zowel de installateur als de eigenaar van de thuisbatterij zou daarom goed geïnformeerd moeten zijn, om zo de risico's te minimaliseren.

#### Tekstblok 3 - Hergebruik batterijen

Standaardmodellen thuisbatterijen zijn met name het domein van gerenommeerde en grote fabrikanten, waarbij veiligheid een belangrijk thema in de ontwikkeling is. Daarnaast worden batterijen ook vaak hergebruikt. Oudere modellen accu's of systemen met gebruikte batterijen uit elektrische auto's worden bijvoorbeeld op eigen initiatief ingezet als thuisbatterijen. Een tweedehandsbatterij is veel lastiger in te schatten op veiligheidsrisico's, aangezien het onbekend is of de batterij schade heeft geleden. Hierdoor zijn de risico's vele malen groter (OPSS, 2023). Op dit moment worden er ook nog geen regels gesteld aan refurbishment (Royal HaskoningDHV, 2021).

### 5.3 Beleid voor brandveiligheid

Met een toename van het aantal lithium-ion-batterijen is het belangrijk dat de veiligheid gewaarborgd wordt. Het regelgevend kader blijft echter (nog) achter rondom energie-opslagsystemen met lithium-ion-batterijen en de kennis bij gebruikers is beperkt. Er worden ook geen specifieke eisen met betrekking tot batterijen gesteld aan de brandveiligheid van gebouwen (Royal HaskoningDHV, 2021).

De ‘Circulaire risicobeheersing lithium-ion-energiedragers’ bevat uitleg omtrent de risico’s en adviezen om de veiligheid in de omgeving van lithium-ion-energiedragers te verhogen, voor systemen met een capaciteit van 100 kWh en meer (Ministerie van I&W, 2020). Dit document is opgesteld vooruitlopend op de totstandkoming van daadwerkelijke regelgeving over lithium-ion-energiedragers. Momenteel is er een conceptversie richtlijn voor de veilige opslag van elektriciteit in lithium-houdende energieopslagsystemen groter dan 20 kWh, genaamd PGS 37-1 (PGS team, 2022). De conceptrichtlijn bevat eisen over de constructie, de plaatsing, de brandveiligheidsvoorzieningen en het benodigde onderhoud van de batterijen, om de veiligheidsrisico’s te beperken. PGS 37-1 zal onderdeel worden van de Omgevingswet, in het ‘Besluit activiteiten leefomgeving’ (Bal), en daarmee het wettelijke kader vormen voor lithium-ion-energiedragers groter dan 20 kWh. Aangezien thuisbatterijen voornamelijk kleiner zijn dan 20 kWh, zal deze richtlijn niet gaan gelden voor de meeste thuisbatterijen, maar voor grotere batterijsystemen voor in huishoudens met een groot elektriciteitsverbruik of buurtbatterijen. De verwachting is dat een toekomstige richtlijn voor thuisbatterijen wel veel gelijkenis zal tonen met PGS 37-1.

Het ontbreekt dus momenteel aan (aankomende) regelgeving op het gebied van brandveiligheid voor kleinere batterijsystemen zoals de thuisbatterij. Regelgeving voor thuisbatterijen zou kunnen voortborduren op aanstaande wetgeving voor grotere lithium-ion-energiedragers, maar kent mogelijk andere maatregelen door de kleinere omvang. Hiervoor is aanvullend onderzoek nodig, welke zich nu in een beginstadium bevindt. Staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat, Vivianne Heijnen, heeft aangekondigd nader onderzoek te willen laten doen naar risicoprofielen van thuisbatterijen (Staatssecretaris van I&W, 2022a).

Specifiek zou de regelgeving in kunnen gaan op aanvullende veiligheidseisen voor fabrikanten, zoals het verplicht stellen van ingebouwde blusmiddelen of een ingebouwde vulopening met verzegeling, welke opent bij hoge temperaturen. Hierdoor kan de brandweer alsnog de normaal gesproken afgesloten batterijcellen blussen. Inzicht in data over huishoudens met thuisbatterijen is van belang voor de veilige inzet van de brandweer en ontbreekt momenteel nog. Daarnaast zou regelgeving voor thuisbatterijen zich ook kunnen focussen op regelgeving en certificering rondom installateurs, plaatsing en onderhoud. Regelgeving en algemene kennisuitbreiding kan het bewustzijn bij consumenten vergroten wat risico’s kan verkleinen.



## 6 Cybersecurity

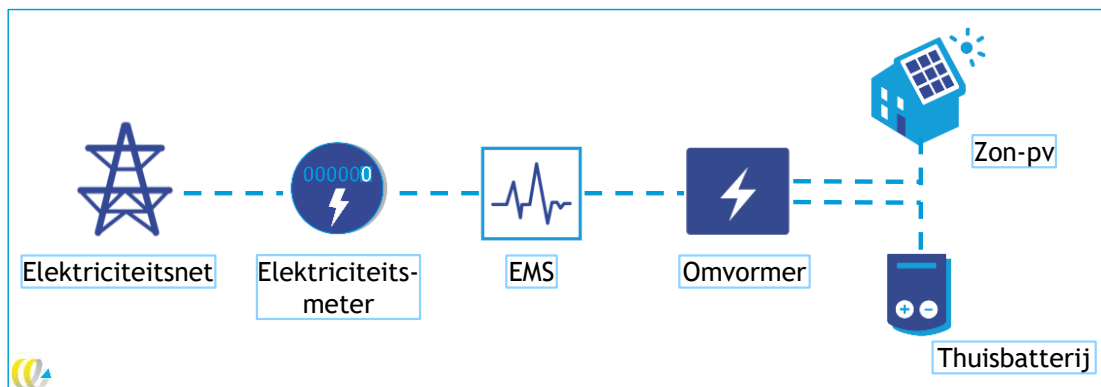
Digitale beveiliging, ook wel cybersecurity, speelt een grote rol in het veilig gebruik van thuisbatterijen. Cybersecurity is een steeds belangrijker thema, aangezien het aantal apparaten dat in verbinding met het internet staat steeds verder groeit. Via een internetverbinding zijn apparaten vatbaar voor cyberaanvallen. In dit hoofdstuk zal eerst uitgelegd worden hoe de besturing van een thuisbatterij werkt. Vervolgens wordt in Paragraaf 6.2 ingegaan op mogelijke gevolgen van een cyberaanval op een thuisbatterij. Beveiliging en beleid voor cybersecurity spelen een grote rol in het minimaliseren van cyber risico's en worden behandeld in Paragraaf 6.3.

### 6.1 Besturing thuisbatterij

Voor energieopwek en -opslag in een huishouden is een combinatie van apparaten nodig. Er is veelal sprake van een zonnepaneleninstallatie, welke aangesloten is op een omvormer. Deze omvormer is vervolgens weer verbonden met de meterkast en de thuisbatterij. Voor veel modellen van thuisbatterijen geldt dat een thuisbatterij een op zichzelf staande accu is met relatief eenvoudige regelsoftware. De thuisbatterij is zelf niet met het internet verbonden en is geen 'slim apparaat', welke andere apparaten kan aansturen. Een thuisbatterij is te vergelijken met een normale wasmachine of koelkast.

Een toevoeging van een energiemanagementsysteem (EMS) maakt het mogelijk om efficiënt om te gaan met elektriciteitsvraag en -productie. Het energiemanagementsysteem is een los apparaat met internetverbinding dat aangesloten moet worden op de meterkast en de thuisbatterij. Een EMS kan ook onderdeel zijn van de omvormer of thuisbatterij, maar dan is er sprake van twee aparte componenten. De verschillende onderdelen zoals hier beschreven zijn schematisch weergegeven in Figuur 1. Een EMS kan met behulp van geavanceerde software elektriciteitsstromen meten en analyseren. Vervolgens kan de EMS een thuisbatterij en andere apparaten in het huishouden intelligent aansturen en in- en uitschakelen.

Figuur 1 - Schematische weergave van onderdelen voor energieopwek en -opslag in een huishouden met energiemanagementsysteem (EMS). Het EMS is via de meterkast verbonden met andere apparaten binnen het huishouden. Er zijn verschillende configuraties mogelijk, het onderstaande is een voorbeeld.



Een EMS is met het internet verbonden. Daarmee is het ook mogelijk om via een EMS te handelen op elektriciteitsmarkten, door de thuisbatterij te laden en te ontladen. Om de thuisbatterij op te kunnen laden met wisselspanning (AC) van het elektriciteitsnetwerk is een omvormer nodig die wisselspanning kan omzetten in gelijkspanning (DC) voor de thuisbatterij. Vaak heeft een standaardstelsel met zonnepanelen nog niet zo'n soort omvormer, maar alleen een omvormer die DC kan omzetten naar AC. Voor het opladen van een

thuisbatterij is dus een omvormer nodig die ook AC kan omzetten naar DC. Het EMS stuurt de omvormer aan om zo de thuisbatterij te laden met netstroom en te ontladen. In de [verdiepende studie](#) (september 2023) wordt verder ingegaan op het handelen op de elektriciteitsmarkten met een thuisbatterij.

Een EMS kan geleverd worden bij de thuisbatterij door dezelfde producent, maar er zijn ook in toenemende mate bedrijven die zich alleen focussen op de ontwikkeling van het EMS. Vaak kan het EMS en de verbonden apparaten met een app gevolgd worden en soms ingesteld worden door de gebruiker. Een EMS kan gebruikt worden om binnen het huishouden opwek, vraag en opslag zo efficiënt mogelijk te combineren. Daarnaast kan een EMS steeds vaker ook aangestuurd worden door een externe partij, bijvoorbeeld de leverancier van het EMS of een softwareontwikkelaar. Een voorbeeld hiervan is dat een energiebedrijf meerdere EMS'en en daarmee apparaten in huishoudens aanstuurt op de balanceringsmarkten of om netcongestie te voorkomen.

## 6.2 Gevolgen hack op een thuisbatterij

Een thuisbatterij is zelf niet met het internet verbonden, waardoor deze niet voor cyberaanvallen vatbaar is (Royal HaskoningDHV, 2021). Het energieopslagsysteem in een huishouden als geheel is daarentegen via het energiemanagementsysteem wel verbonden met het internet, waardoor deze wel vatbaar is voor cyberaanvallen. Cybersecuritybeleid is daarom met name van toepassing voor het energiemanagementsysteem, aangezien dit onderdeel verbonden is met het internet (Royal HaskoningDHV, 2021). Met een cyberaanval kunnen hackers de controle krijgen over het EMS en daarmee de thuisbatterij en andere verbonden apparaten beïnvloeden. Hierbij kunnen deze apparaten in het huishouden (tijdelijk) onbruikbaar worden of ongewenst gedrag vertonen. Ook kunnen bij een hack persoonsgegevens gestolen worden.

Een thuisbatterij vormt op kleine schaal ook onderdeel van het energiesysteem. De rol en het aantal thuisbatterijen bepalen met name de risico's en de grootte van de gevolgen van cyberaanvallen op thuisbatterijen voor het energiesysteem. Indien thuisbatterijen in combinatie met het EMS ingezet worden om op grote schaal flexibiliteit te creëren voor energiebedrijven of het elektriciteitsnetwerk, dan zijn er grote gevolgen voor het energiesysteem bij een cyberaanval op EMS'en. Door thuisbatterijen niet in te zetten, of juist op een ongewenste manier, zou er onbalans in het elektriciteitssysteem kunnen ontstaan, waardoor in het slechtste geval leveringszekerheid in gevaar komt of het netwerk overbelast raakt. Daarnaast zou er netcongestie kunnen ontstaan met mogelijke stroomuitval als gevolg.

## 6.3 Beleid voor cybersecurity

Om de kans op en het effect van cyberaanvallen te minimaliseren is het van belang dat een EMS werkt met beveiligde software welke regelmatig voorzien wordt van updates door de softwareleverancier. Eventueel zou extra ingebouwde beveiliging mogelijk zijn of eventueel als eis vanuit de overheid gesteld kunnen worden. Dit kan bijvoorbeeld in lijn met het zero-trustprincipe (NCSC, 2020), waarin authenticatie, autorisatie en monitoren een grote rol spelen. Bij het zero-trust wordt elk verzoek van toegang volledig geverifieerd, geautoriseerd en versleuteld voordat toegang wordt verleend. Met zero-trust zouden bijvoorbeeld toegangsrechten voor externen tot het EMS beperkt worden. Alleen geautoriseerde gebruikers kunnen dan toegang krijgen tot het systeem en de bevoegdheid hebben om het systeem te beheren en controleren. Ook zouden de activiteiten gemonitord kunnen worden, waarbij waarschuwingen gegeven worden aan de gebruikers als het EMS en de thuisbatterij benaderd of gebruikt worden. Tot slot dient de internetverbinding waarop het EMS is aangesloten ook beveiligd te zijn en van sterke wachtwoorden te worden voorzien.

Er is op Nederlands en Europees niveau al veel aandacht voor cybersecurity en de kwetsbaarheden die ontstaan bij de toename aan ‘slimme apparaten’ in de energietransitie. Cybersecuritybeleid specifiek voor thuisbatterijen wordt momenteel geagendeerd, maar concrete afspraken of regelgeving ontbreken nog. Op Europees niveau zijn voornamelijk de volgende verwachte regelgevingen van belang voor thuisbatterijen:

- **Network and Information Security Directive (NIS):** De NIS-richtlijn is in Nederland in 2018 vertaald in de Wet Beveiliging Netwerk- en Informatiesystemen (Wbni). Echter de NIS1 is verouderd en eind 2022 is deze uitgebreid naar de NIS2. De Europese NIS2 Directive wordt momenteel geïmplementeerd in Nederlandse wet- en regelgeving, naar verwachting zal de wet eind 2024 van kracht worden. In NIS2 worden afspraken tussen de supply chain, EMS-leveranciers en eindgebruikers wettelijk vastgelegd ten behoeve van de digitale weerbaarheid (Fox-IT, n.d.).
- **Cyber Resilience Act (CRA):** Een EU-brede norm voor cyberbeveiligingsregels voor zowel hardware- als softwareproducten. Speerpunten van de CRA zijn dat fabrikanten in zowel de ontwerpfase als gedurende levenscyclus de veiligheid van digitale producten moeten bevorderen en zorgen voor een samenhangend kader voor cybersecurity. Zo worden fabrikanten verplicht gedurende een bepaalde tijd updates te faciliteren. De norm zal vermoedelijk in 2024 in werking treden (Europese Commissie, 2022).
- **Radio Equipment Directive (RED):** De RED biedt al een aantal jaar richtlijnen voor radioapparatuur. Een update van de RED wordt in 2024 verwacht, waarbij vooral het toegevoegde artikel over cybersecurity van belang is voor de thuisbatterij.

Aangezien de bovengenoemde regelgevingen nog in wording zijn, ontbreekt het momenteel aan concrete regelgeving op het gebied van cybersecurity voor thuisbatterijen en energiemanagementsystemen. Voor de nog te verschijnen cybersecurityregelgeving is het van belang dat deze direct toepasbaar is voor producenten en installateurs en verifieerbaar is voor inspecties. Daarnaast zou eventueel nieuwe regelgeving met terugwerkende kracht kunnen gelden, voor apparaten die al op de markt zijn. Voor energieopwek, -opslag en vraagsturing in een huishouden zijn verschillende apparaten nodig, die vaak afkomstig zijn van verschillende producenten en aanbieders en die ook mogelijk apart geïnstalleerd worden door verschillende installatiebedrijven. Aangezien al deze verschillende apparaten wel met elkaar verbonden zijn, is het belangrijk dat voor alle partijen duidelijk is wat ieders rol is binnen cybersecurity en wie toegang heeft tot de data. Concrete regelgeving over afspraken, standaardisering en certificering of bijvoorbeeld standaardcontracten vanuit de Europese Commissie of nationale overheden kunnen hiervoor handvaten bieden.

In Nederland is de Rijksinspectie Digitale Infrastructuur (RDI), voorheen Agentschap Telecom, toezichthouder, uitvoerder en expert voor digitaal veilige apparatuur en cybersecurity. Als nationale cybersecurity certificeringsautoriteit kan de RDI toetsen of producten of productieprocessen wel voldoen aan de standaarden voor cybersecurity.

Recent publiceerde zij een onderzoek waarbij ze gekeken hebben naar omvormers van zonnepaneelinstallaties. Deze omvormers waren verbonden met het internet, in een aantal gevallen via een aparte EMS. Het onderzoek richtte zich zowel op cybersecurity als de mogelijkheid dat er storing op andere toepassingen werden veroorzaakt (RDI, 2023). Hieruit bleek dat alle onderzochte omvormers niet voldeden aan de normen voor cybersecurity. De RDI concludeert dat ze daardoor eenvoudig zijn te hacken, van afstand uitgeschakeld kunnen worden of zijn in te zetten voor DDoS-aanvallen. Ook kunnen er via de omvormers persoons- en gebruiksgegevens worden gestolen. Daarnaast kunnen omvormers storingen veroorzaken bij radio of draadloze tags om deuren te openen. Lucht- en scheepvaart kunnen daarnaast ook hinder ondervinden van verstoring in radiocommunicatie. De RDI maakt zich daarom ernstig zorgen om een groot deel van de zonnepaneelomvormers op de markt, maar concludeert ook dat eisen voor cybersecurity pas vanaf augustus 2024 actief zijn. Pas als deze wetgeving van kracht is kan de RDI gaan handhaven.

## Literatuur

- Alma Solar, 2023 Zonnepanelen [Online] <https://www.alma-solarshop.nl/121-zonne-batterijen#/show-all> 24-03-2023.
- Bebat, n.d. *De milieubijdrage voor thuisbatterijen* [Online] <https://www.bebat.be/nl/thuisbatterij> 4-4-2023.
- Europese Commissie, 2022. *Cyber Resilience Act*, 30-1-2023 <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/cyber-resilience-act> 1-5-2023.
- Europese Commissie, 2023. *Voortgang Critical Raw Materials Act*, [https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13597-European-Critical-Raw-Materials-Act\\_nl](https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13597-European-Critical-Raw-Materials-Act_nl) 17-2-2023.
- Fox-IT, n.d. *NIS2: een nieuwe Europese richtlijn voor Netwerk- en Informatiebeveiliging*, <https://www.fox-it.com/nl/nis2-eeen-nieuwe-europese-richtlijn-voor-netwerk-en-informatiebeveiliging/> 1-5-2023.
- Huawei, n.d. *Smart String Energy Storage System* [Online] <https://solar.huawei.com/nl-NL/download?p=%2F-%2Fmedia%2FSolar%2Fattachment%2Fpdf%2Fnl%2Fdatasheet%2FLUNA2000-5-15-S0.pdf> 24-3-2023.
- IEA, 2023. *Energy Technology Perspectives 2023*, Paris International Energy Agency (IEA).
- Meijer, M., Lepelaar, S. & Hessels, T., 2021. *Veiligheidsprincipes kleinschalige EOS'en (<20 kWh)*, Instituut Fysieke Veiligheid Kennisontwikkeling en Onderwijs, 01-03-2021 <https://nipv.nl/wp-content/uploads/2022/03/20210301-IFV-LIOGS-VRH-Veiligheidsprincipes-kleinschalige-EOSen.pdf> 2-2-2023.
- Memodo blog, n.d. *LG RESU FLEX: High-voltage battery with Tetris system* [Online] <https://blog.memodo-shop.com/lg-resu-flex/> 24-3-2023.
- Ministerie van I&W, 2020. *Circulaire risicobeheersing lithium-ion energiedragers*, Rijksoverheid, <https://wetten.overheid.nl/BWBR0043769/2020-07-01/0/informatie>.
- Ministerie van I&W, 2023. *Nationaal Programma Circulaire Economie 2023-2030 (NCPE)*, Den Haag: Ministerie van I&W.
- MR Solar, n.d. *Huawei omvormer met thuisbatterij* [Online] <https://www.mrsolar.be/particulier/realisaties/huawei-omvormer-met-thuisbatterij-10-kwh-hoevenen/> 24-3-2023.
- NCSC, 2020. *What about zero trust?*, <https://www.ncsc.nl/actueel/weblog/weblog/2020/what-about-zero-trust> 5-5-2023.
- NP RES & CE Delft, 2022. *Factsheet Opslag van elektriciteit*, Den Haag.
- OPSS, 2023. *A Study on the Safety of Second-life Batteries in Battery Energy Storage Systems*.
- PGS team, 2022. *Concept PGS 37-1*, <https://publicatiereeksgevaarlijkstoffennl/publicaties/online/pgs-37-1/2021/0-1-februari-2022#voorwoord-1> 2-2-2023.
- Raad van de Europese Unie, 2023. *Raad en Parlement sluiten voorlopig akkoord over batterijen*, 18-01-2023 <https://www.consilium.europa.eu/nl/press/press-releases/2022/12/09/council-and-parliament-strike-provisional-deal-to-create-a-sustainable-life-cycle-for-batteries/> 28-3-2023.
- RDI, 2023. *Onderzoek storingsproblematiek en cyberveiligheid omvormers voor zonnepanelen*.
- Royal HaskoningDHV, 2021. *Verkenning regelgeving veiligheid batterijen*, Amersfoort: HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.
- SolarWatt, *Datasheet MyReserve3* [Online] [https://www.zelfenergieproduceren.nl/wp-content/uploads/2022/02/SOLARWATT\\_Battery\\_flex\\_AC-1\\_nl.pdf](https://www.zelfenergieproduceren.nl/wp-content/uploads/2022/02/SOLARWATT_Battery_flex_AC-1_nl.pdf) 24-3-2023.
- Staatssecretaris van I&W, 2022a. *Schoon en zuinig*.
- Staatssecretaris van I&W, 2022b. *Voortgang strategische aanpak batterijen 2022*, Ministerie van I&W, 23-12-2023 <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-2e66f1494249ef25343c700416f62fffe9795391/pdf>.



- Stibat, n.d. *Producenten verantwoordelijkheid* [Online]  
<https://www.stibat.nl/diensten/producentenverantwoordelijkheid/> 28-3-2023.
- Tesla360, 2022 *Tesla Powerwall kopen? 13 vragen & antwoorden!* [Online]  
<https://tesla360.nl/tesla-powerwall-kopen/> 24-3-2023.
- Veiligheidsregio Haaglanden, Veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond & Landelijk Informatiepunt Ongevallen Gevaarlijke Stoffen, 2019. *Handreiking Opslag Li-ion energiedragers (accu's en batterijen)*, 2-2-2023.
- WEF, 2023 *The future of lithium production* [Online]  
<https://www.weforum.org/agenda/2023/01/chart-countries-produce-lithium-world/#:~:text=The%20future%20of%20lithium%20production,tonnes%20of%20LCE%20in%202021.> 28-3-2023.

