

Afschakelende zonnepanelen: een verkenning van oplossingen om de lasten rechtvaardig te verdelen

Marijn Rijken

Jorrit Nutma

Sebastiaan la Fleur

TNO 2024 R12692, 11 December 2024



H1 Inleiding

Problematiek

Het aantal huishoudens met zonnepanelen is de laatste jaren in Nederland fors gegroeid. Op zonnige dagen wordt er nu zo veel terug geleverd, dat het elektriciteitsnet het niet overal meer aan kan en er congestie optreedt. De spanning op het net in de wijk loopt dan op en zodra de spanning boven een grenswaarde komt, schakelt de overspanningsbeveiliging van de omvormers in het huis de panelen tijdelijk af om het net en de aangesloten apparaten te beschermen. Het huishouden kan dan niet terugleveren, maar ook geen zelf-opgewekte stroom gebruiken. De spanning is niet overal in het net gelijk waardoor sommige huishoudens hier vaker mee te maken hebben dan anderen. Dit zorgt voor ongelijke situaties waarbij de rechtvaardigheid in het geding komt. Temeer omdat huishoudens vaak niet weten dat ze er mee te maken hebben, en ze er meestal ook niets aan kunnen doen. Netbeheerders werken hard aan het verzwaren van de netten, maar kunnen de forse groei van zonnepanelen niet bijbenen. Als er geen aanvullende maatregelen worden genomen, is de verwachting van de netbeheerders dat tot en met 2030 ruim 750.000 kleinverbruikers (huishoudens, bedrijven en maatschappelijke organisaties) jarenlang te maken krijgen met overspanning (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2024, p.5). Voor een meer uitgebreide toelichting op de problematiek en de rechtvaardigheidsaspecten zie de eerder gepubliceerde memo van TNO (2023).

Doel van deze studie

Het doel van deze studie is te verkennen of er oplossingen zijn die het afschakelen van zonnepanelen kunnen verminderen of beter scoren op het aspect rechtvaardigheid dan de huidige situatie. Met deze inzichten willen we betrokken partijen informeren. We denken hierbij aan beleidsmakers bij het Ministerie van Klimaat en Groene Groei, de ACM, netbeheerders, installateurs, fabrikanten en brancheverenigingen.

Landelijk Actieplan Netcongestie

Tijdens de uitvoering van het onderzoek is in 2023 door het toenmalige Ministerie van Economische Zaken en Klimaat een nieuw werkspoor laagspanning opgezet binnen het Landelijk Actieplan Netcongestie (LAN), waar ook de problematiek van afschakelende zonnepanelen is beschouwd. Aan dit werkspoor namen veel stakeholders deel zoals netbeheerders, overheidsinstanties, brancheorganisaties, marktpartijen en ook TNO. Omdat het werkspoor en deze studie gelijktijdig liepen zijn tussentijdse inzichten en concept resultaten onderling uitgewisseld.

Indeling van dit rapport

Deze TNO rapportage beschrijft de geïdentificeerde mogelijke oplossingen en geeft een beoordeling van zes uitgelichte oplossingen. Eerst worden H2 de gebruikte onderzoeks aanpak en beoordelingsmethodiek uitgelegd. Dan volgt in H3 een lijst met een korte beschrijving per geïdentificeerde oplossing, waarna in H4 de zes uitgelichte oplossingen met de beoordeling volgen. H5 gaat in op de rol van het informeren van huishoudens. De conclusies en aanbevelingen staan beschreven in H6 en H7 geeft een vooruitblik.

De studie is door TNO op eigen initiatief uitgevoerd, als onderdeel van het Onderzoeksprogramma Energietransitiestudies (OPETS), dat gesubsidieerd wordt door het Ministerie van Klimaat en Groene Groei.

H2 Methodologie

De lijst van geïdentificeerde oplossingen is gemaakt op basis van literatuurstudie en gesprekken met interne en externe experts. Oplossingen zijn gezocht in de techniek, maar ook in de juridische, sociale en economische richting.

Om vervolgens de mogelijke oplossingen te kunnen beoordelen en onderling te kunnen vergelijken is een beoordelingsraamwerk opgesteld, met daarin een aantal criteria en sub-criteria. Zie de tabel hiernaast en de bijlage voor een toelichting per sub-criterium. Per criterium is in expertsessies door onderzoekers bij TNO met technische, economische, juridische en sociale achtergronden beredeneerd of de oplossingen naar verwachting beter of slechter scoren ten opzichte van de huidige situatie, waarin een deel van de huishoudens te maken heeft met afschakelende zonnepanelen als gevolg van plaatselijk oplopende spanning.

Op basis van de verkregen inzichten is een selectie gemaakt van de oplossingen waarvan we verwachten dat ze het afschakelen van zonnepanelen verminderen of beter scoren op het aspect rechtvaardigheid dan de huidige situatie, en ook wenselijk en haalbaar zijn gelet op de andere criteria. Ook bleek er een oplossing te zijn waar bij de beoordeling duidelijk werd dat deze juist niet wenselijk is. Dit resulteerde in zestal oplossingen, waarvan drie generieke oplossingen die netcongestie in de bredere zin adresseren, en drie specifieke oplossingen die zich specifiek richten op afschakelende zonnepanelen. De zes oplossingen inclusief beoordeling worden nader beschreven in **H4 Selectie oplossingen**.

We merken op dat door de diversiteit aan oplossingen, deze zich niet altijd goed onderling lieten vergelijken. Zo hadden generieke oplossingen soms hogere kosten dan de specifieke oplossingen, maar ook baten op een breder vlak. Het betreft dan ook een kwalitatieve studie, met als doel om inzicht te geven in de uitwerking van verschillende oplossingen op verschillende criteria.

Vernieuwend is dat dit onderzoek rechtvaardigheid centraal stelde, en de term energierechtvaardigheid heeft geoperationaliseerd en toegepast, voortbouwende op wetenschappelijke literatuur (Jenkins, 2016).

Beoordelingsraamwerk

Criteria en sub-criteria	
Effectiviteit	Niet-financiële aspecten
Effectiviteit	Ruimtebeslag
Bijeffect netcongestie	impact op milieu of klimaat
Rechtvaardigheid	Juridische haalbaarheid
Procedurele rechtvaardigheid	Past het binnen de regelgeving?
Verdelende rechtvaardigheid	Handhaafbaarheid
Erkende rechtvaardigheid	Draagvlak
Technische haalbaarheid	Politiek
Bredere toepasbaarheid	Maatschappelijk
Toekomstbestendigheid	Netbeheerders
Veiligheid (fysiek en digitaal)	Energieleveranciers
Financieel	Leveranciers van PV installaties
Kosten en baten voor maatschappij	Consumenten
Kosten en baten voor gebruiker	Volwassenheid
Levensvatbaar businessmodel	Tijd benodigd tot implementatie

H3 Overzicht van mogelijke oplossingen

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van mogelijke oplossingen die in beschouwing zijn genomen in deze studie. De meeste oplossingen die al door Netbeheerder Nederland zijn geadviseerd aan huishoudens in de “factsheet tips en tricks bij spanningsproblemen” (Netbeheer Nederland, 2022) zijn hierbij buiten beschouwing gelaten omdat dit rapport zich op niet op huishoudens richt, maar op beleidsmakers, toezichthouders, netbeheerders, installateurs, fabrikanten en brancheverenigingen.

De oplossingen zijn geclusterd en genummerd in de volgende groepen:

1) aanpassingen aan de omvormer, 2) aanpassingen aan het net, en 3) nieuwe marktmechanismen en tariefstructuren.

1 Aanpassingen aan de omvormer

Het eerste cluster van mogelijke oplossingen richt zich op de omvormer. Een deel van de oplossingen is technisch van aard en moet nog ontwikkeld worden, een ander deel is al voorhanden maar kan door nieuwe wettelijke regelingen of betere voorlichting worden bereikt.

1.1 Lagere capaciteit omvormer

Het piekvermogen van zonnepanelen wordt slechts op een beperkt aantal dagen in het jaar benaderd en dan ook alleen op de meest zonnige uren van de dag. Een oplossing waarbij er minder wordt afgeschakeld is door middel van een wettelijke regeling te borgen dat alle nieuwe installaties gebruik maken van een omvormer met een lagere capaciteit. De toegestane capaciteit van de omvormer wordt dan beperkt tot een percentage van het piekvermogen van de zonnepanelen (het gehanteerde percentage is doorgaans ongeveer 70%, maar een verdergaande beperking tot 50% is ook denkbaar).

Het huishouden mist dan een klein deel van de jaarlijkse opwek, maar bespaart op de aanschaf van de installatie omdat een kleinere omvormer doorgaans goedkoper is. Mogelijk kan deze oplossing in plaats van een wettelijke verplichting ook door betere voorlichting worden bereikt. Bij zonneparken met SDE++ subsidie geldt al langer dat het te contracteren terugleververmogen maximaal 50% van het piekvermogen van de zonnepanelen mag zijn.

1.2 3-fase omvormer

Omvormers vanaf 5 kW zijn volgens de voorwaarden in de Netcode elektriciteit “in de regel op drie fasen aangesloten” (Autoriteit Consument & Markt [ACM], 2024, artikel 2.33 lid 5). Deze omvormers verdelen de opwek gelijkmatig over de drie fasen van het elektriciteitsnet wat de fasesymmetrie in het net ten goede komt. Voor PV installaties tot 2 kW zijn 3-fase omvormers niet beschikbaar maar voor middelgrote installaties kunnen 3-fase omvormers worden gebruiken in plaats van 1-fase omvormers. Zodra een significant deel van de installaties gebruik maakt van een 3-fase omvormer wordt voorkomen dat één van de drie fasen ‘toevallig’ onevenredig veel wordt gebruikt voor teruglevering. De netcapaciteit wordt bij veelvuldig gebruik van 3-fase omvormers dus zo goed mogelijk benut waardoor spanningsproblemen worden verminderd. Deze oplossing is geschikt voor bestaande installaties (door de omvormer te vervangen) en voor nieuwe installaties en wordt ook geadviseerd door Netbeheer Nederland (Netbeheer Nederland, 2022). Een 3-fase omvormer is wel duurder in aanschaf en installatie.

1.3 Spanningsgestuurde dynamische vermogensbeperking

Omvormers met een vermogensbegrenzing op basis van spanningsmeting benutten de ruimte die de spanning in het elektriciteitsnet biedt maximaal. Dit doen zij door het geleverde vermogen precies zo in te stellen dat de spanning niet boven de maximaal toegestane waarde (253 V) komt.

Deze omvormers zijn vandaag de dag verkrijgbaar maar de toepassing zou meer gestimuleerd kunnen worden, zowel als vervanging van omvormers bij bestaande systemen als bij de aanschaf van nieuwe systemen. Op de “Actieagenda netcongestie laagspanningsnetten” staat dit ook benoemd als aparte maatregel (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2024, p.55). Als een omvormer deze functionaliteit ondersteunt, moet dat typisch nog wel in de instellingen in het installateursmenu worden geconfigureerd. Daarom verdient het de aanbeveling dat huishoudens (laten) checken of hun omvormer dit misschien al ondersteunt maar nog niet goed is ingesteld.

1.4 Instantaan nul-op-de-meter gestuurde dynamische vermogensbeperking

Net als bij oplossing 1.3 maakt ook deze oplossing gebruik van dynamische vermogensbegrenzing. Hierbij wordt echter de spanning niet bij de omvormer maar bij de slimme meter (het overdrachtpunt van de aansluiting) gemeten. Indien er op het aansluitpunt sprake is van overspanning, schakelt de omvormer niet af maar wordt het opgewekte vermogen van de zonnepanelen gelimiteerd tot het verbruik achter de meter (instantaan nul op de meter). Op die manier kan opgewekte energie achter de meter worden geconsumeerd en dus hoeft er in het geval van overspanning geen extra energie van het net te worden geïmporteerd. In geval van een 3-fase huisaansluiting werkt dit alleen voor apparaten die op dezelfde fase zitten aangesloten als de omvormer.

Het verschil met oplossing 1.3 is dat de omvormer bij een hogere spanning dan 253 V afschakelt, zonder daarmee de spanning op overige groepen in het huis en het openbare net te verhogen. Maar daarmee vergt deze oplossing wel een wijziging op juridisch vlak. Dit is een nieuwe, voor zover bekend, nog niet bestaande oplossing. Noemenswaardig is dat er wel oplossingen zijn die vermogensbegrenzing op basis van stroommeting op het aansluitpunt doen (Growatt, z.d.; Zonnedimmer, z.d.). Die lijken veel op hier beschreven oplossing maar het verschil is dat deze oplossing alleen begrenst bij overspanning.

1.5 Centraal gecoördineerde dynamische vermogensbeperking

Door het toepassen van centraal gecoördineerde aansturing van omvormers wordt de beperking van het opgewekte vermogen over meer installaties verdeeld dan met de huidige individueel opererende overspanningsbeveiligingen. Bij deze oplossing wordt de spanning in de wijk gemeten door een lokaal werkend systeem dat communiceert met de omvormers zodra er spanningsproblemen worden gedetecteerd. Door de beperking van het opgewekte vermogen te coördineren met zo veel mogelijk omvormers, worden niet elke keer de installaties aan het einde van de kabel als eerste getroffen. Dit lijkt rechtvaardiger. De maatregel vereist dat elke omvormer wordt voorzien van software die deze functionaliteit mogelijk maakt en ook moet de omvormer geschikt zijn om te kunnen communiceren met een (lokale centrale) coördinator. Daarmee biedt de oplossing niet op de korte termijn resultaat. Er moeten op zowel op technisch vlak, als op het gebied van wetgeving en ook organisatorisch flinke stappen worden gezet die in totaal vele jaren doorlooptijd hebben.

1.6 Decentraal gecoördineerde dynamische vermogensbeperking

Met deze oplossing worden omvormers van een algoritme voorzien dat in geval van (dreigende) overspanning bepaalt wanneer en in welke mate het vermogen van de omvormer wordt gereduceerd. Dit algoritme houdt er rekening mee dat er ook andere omvormers deze functionaliteit hebben waardoor de afschakeling niet steeds door dezelfde omvormers wordt gedaan. Het algoritme maakt gebruik van randomisatie en is adaptief. Met deze oplossing zal het afschakelen bij meer verschillende huishoudens voorkomen, en daarmee wordt het probleem verdeeld over meer huishoudens in vergelijking met het huidige mechanisme. Het effect is dus ongeveer hetzelfde als bij oplossing 1.5 maar deze oplossing is eenvoudiger omdat er geen centrale coördinator nodig is.

2. Aanpassingen aan het net

De spanningsproblematiek wordt sterk bepaald door de fysieke karakteristieken van het elektriciteitssysteem. Met alle veranderingen in de energietransitie, zoals de explosieve groei van zonne-opwek en elektrificatie van verwarming en vervoer, zijn in het verleden gemaakte ontwerpkeuzes in de huidige tijd vaak niet meer afdoende. Oplossingen voor spanningsproblematiek kunnen dan ook worden gezocht in aanpassingen van het net. We merken hierbij op dat aanpassingen aan het net sowieso nodig zijn in de bredere context van alle veranderingen die de energietransitie met zich meebrengt.

2.1 Verruiming spanningsgrenzen

Een belangrijke Europese norm die bepaalt dat omvormers moeten afschakelen bij te hoge spanning is EN 50549-1 voor laagspanning (LS) opwekeenheden. Die norm verplicht dat er een grenswaarde wordt gehanteerd waarbij opwekeenheden moeten afschakelen. De specifieke waarden van de grenzen mogen door de nationale autoriteiten worden bepaald (maar moeten wel binnen een bepaald bereik vallen). De Netcode Elektriciteit (waarop de ACM handhaaft) bevat relatief strikte regels voor de verplichte afschakeling. In andere landen worden er minder striktere grenzen aan de spanning gehanteerd. Sinds 2023 behandelde ACM een Netcode wijzigingsvoorstel van Netbeheer Nederland om de ruimte die EN50549-1 biedt beter te benutten (ACM, 2023). Eind oktober 2024 hebben de netbeheerders echter hun voorstel terug getrokken onder meer omdat ze zorgen over de veiligheid die bij partijen zijn ontstaan nooit volledig kunnen wegnemen (ACM, 2024). De wijziging houdt in dat omvormers pas bij een 10-minuten gemiddelde spanningswaarde boven 110% van de nominale spanning hoeven af te schakelen in plaats van bij een spanningoverschrijding zonder tijdsvertraging. Echter, de tijdsduur dat omvormers nu afschakelen vanwege te hoge spanning is typisch langer dan 10 minuten dus zal de oplossing wel tot gevolg hebben dat omvormers iets later afschakelen maar nauwelijks dat ze minder vaak afschakelen.

2.2 Netverzwaring

Bij netverzwaring worden kabels en transformatoren vervangen met als gevolg dat de spanningsproblematiek vermindert. Er ligt in Nederland ongeveer 260.000 km aan laag- en middenspanningskabel, vrijwel volledig ondergronds en voor een groot gedeelte in de jaren 60 en 70 aangelegd. Netbeheerders geven aan dat 23-32% van die kabels zal moeten worden vervangen om de energietransitie mogelijk te maken (Netbeheer Nederland, 2021, p.33). Gezien de grote hoeveelheid kabels is het vervangen van bestaande kabels door dikkere kabels een zeer ingrijpende, tijdrovende en kostbare klus. Weliswaar is een groot deel van de kabels vanwege de leeftijd sowieso aan vervanging toe maar de snelheid waarmee zonnepanelen zijn/worden geïnstalleerd is hoger dan het tempo waarin de regionale netbeheerders in staat zijn om kabels te vervangen. Regionale netbeheerders moeten daarom keuzes maken welke wijken als eerste worden aangepakt. Hierbij speelt ook dat afschakelende zonnepanelen voor de netbeheerders niet een direct probleem vormen terwijl een overbelast net door te veel warmtepompen of elektrische voertuigen dat wel is. Daarom wordt netverzwaring in die gevallen vaak geprioriteerd.

2.3 Plaatsing extra netstation

Afhankelijk van de exacte nettopologie kan het een oplossing zijn om een extra netstation te plaatsen als spanningsproblemen bij een grotere groep huishoudens voorkomt. In zo'n geval zijn één of meerdere laagspanningskabels te lang zijn en te dun zijn om de opwekte stroom van zonnepanelen te kunnen transporteren. In plaats van vervanging van de kabel kan de netbeheerder dan kiezen om de kabel op te knippen en een extra MS/LS transformator te plaatsen. Dit betekent dat er fysieke ruimte moet worden gevonden voor het netstation maar de kabels naar de woningen kunnen blijven liggen. Het voordeel is dus dat er maar een beperkte hoeveelheid kabel hoeft worden gelegd of vervangen.

2.4 Dynamische regeling omzetverhouding transformator

In het elektriciteitsnet worden verschillende spanningsniveaus gebruikt: hoogspanning (HS), middenspanning (MS) en laagspanning (LS). Om de spanning van het ene naar het andere niveau te brengen worden transformatoren toegepast. De spanning in het laagspanningsnet wordt bepaald door de spanning in het middenspanningsnet, de stroom door het laagspanningsnet en de omzetverhouding van de MS/LS transformator.

In het geval van grote overproductie door zonnepanelen wordt er momenteel ingegrepen in de productie om de spanning binnen de gestelde grenzen te houden door zonnepanelen af te schakelen. Echter, ook de omzetverhouding van de transformator kan worden aangepast. Bij de meeste MS/LS transformatoren ligt de omzetverhouding vast, maar er bestaan ook transformatoren, zogenaamde regeltransformatoren, waarbij de verhouding instelbaar is. Van de transformatoren met instelbare omzetverhouding zijn er varianten die door een monteur moeten worden ingesteld (met stroomonderbreking, dus een verandering van de omzetverhouding wordt nauwelijks gedaan) en varianten die dynamisch de omzetverhouding kunnen aanpassen.

Regelbare transformatoren zijn vooral een oplossing voor lange en laagbelaste LS netten omdat hoger belaste netten ook al eerder tegen de stroombeperkingen van de kabels en transformatoren aanlopen. Deze oplossing zal dus alleen in bepaalde situaties een uitweg bieden.

2.5 Buurtbatterij

Een buurtbatterij kan gebruikt worden om opgewekte zonnestroom die niet lokaal wordt verbruikt tijdelijk op te slaan.

Door de batterij op een slimme plek in het net te plaatsen en die op te laden als er lokaal veel overproductie is, loopt de spanning minder hoog op waardoor zonnepanelen minder tot niet worden afgeschakeld. Het is de uitdaging om de fysieke ruimte te vinden waar een batterij van ongeveer 10x3x2 meter geplaatst kan worden. Aangezien de elektriciteitswet de netbeheerder in principe niet toestaat om een batterij te plaatsen en te gebruiken (Elektriciteitswet 1998, 2024) - in de wet zijn de taken van netbeheer en energielevering namelijk gescheiden - wordt er bij deze oplossing vanuit gegaan dat een derde partij, een flexibiliteitsdienstverlener, het eigenaarschap en/of de besturing van de batterij op zich neemt. Het is zeer voor de hand liggend dat deze derde partij de batterij voornamelijk zal gebruiken om te handelen op de energiemarkten omdat dit meer oplevert, i.p.v. om de spanningskwaliteit te bewaken. Daarom zijn er duidelijke afspraken tussen netbeheerder en flexibiliteitsdienstverlener nodig over het gebruik van de batterij voor congestiemanagement en het verbeteren van de spanningskwaliteit. Eventueel moeten die afspraken worden gevormd binnen een nieuw wettelijk kader.

3. Nieuwe marktmechanismen en tariefstructuren

Naast de oplossingen die meer technisch van aard zijn, kunnen oplossingen ook in een heel andere hoek worden gezocht: dit cluster bevat oplossingen die ervoor zorgen dat de economische prikkels voor huishouders veranderen wat ertoe zou kunnen leiden dat het afschakelen vermindert of wordt gecompenseerd.

3.1 Vaste financiële compensatie

Deze oplossing behelst een vaste financiële compensatie voor huishoudens bij wie afschakeling of terugschaling van zonnepanelen is vastgesteld, onafhankelijk van de hoeveelheid zonnepanelen, hoe vaak het voorkomt en hoe lang het optreedt. Dit is een relatief simpele variant van een compensatiemaatregel want er hoeft niet te worden bepaald hoeveel energie een huishouden heeft gemist door de afschakeling. Helaas zullen bij deze maatregel sommige huishoudens meer geld mislopen dan anderen. Ook kan het voorkomen dat huishoudens een hogere compensatie ontvangen dan wat ze door afschakeling missen. Het uitgangspunt is dat de compensatie wordt opgebracht door alle bezitters van zonnepanelen.

3.2 Variabele financiële compensatie

Bij deze oplossing is de compensatie gebaseerd op een schatting van de gemiste opgewekte energie. Gemiddeld gezien zal dit een eerlijkere compensatie opleveren in vergelijking met een vaste compensatie (oplossing 3.1) maar de praktische uitvoerbaarheid is complexer. Er is een manier nodig om te bepalen hoeveel energie er was opgewekt als er niet was afgeschakeld. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van het aantal overspanningsgebeurtenissen dat geregistreerd is door de slimme meter, oriëntatie van de panelen, het aantal panelen, de omvormercapaciteit en zonne-instralingsdata.

3.3 Beëindiging salderingsregeling

Door het salderen mogen kleinverbruikers (waaronder huishoudens) hun verbruik en opbrengst op jaarbasis tegen elkaar wegstrepen alsof ze gelijktijdig waren.

Het gewenste effect van het beëindigen van de salderingsregeling is dat huishoudens gestimuleerd worden om de eigen productie direct te consumeren, of tijdelijk op te slaan. Ook zullen ze overwegen om kleinere installaties aan te schaffen, omdat die een betere terugverdientijd krijgen. Dat alles zorgt voor minder teruglevering en daarmee verminderen ook de spanningsproblemen.

Het is de bedoeling dat samen met de wet die de salderingsregeling beëindigt er een eerlijk teruglevertarief komt. Dit tarief wordt dan vastgesteld aan de hand van de marktprijzen voor elektriciteit door onder andere de minister en de ACM.

3.4 Aanpassing structuur nettarieven

De verwachting is dat de nettarieven flink zullen blijven stijgen (Netbeheer Nederland 2023b). Omdat een eerlijke verdeling van de kosten gewenst is (ACM, 2024c) worden momenteel alternatieve tariefstelsels voor verkend. Tevens moeten alternatieve tarieven een prikkel vormen om het net efficiënter te gebruiken. Zo kunnen huishoudens gestimuleerd worden om minder terug te leveren.

De vaste tarieven voor de netaansluiting voor afname van elektriciteit die op dit moment worden gehanteerd voor kleinverbruikers vormen geen stimulans om pieken in het energiegebruik en teruglevering te vermijden. Er zijn vele varianten van een nieuwe structuur van nettarieven denkbaar. Een variant waar de netbeheerders momenteel naar kijken is het introduceren van een tijdgebonden kWh-tarief, waarbij de hoeveelheid afgenomen energie en het tijdstip de hoogte van het tarief bepalen. Een andere variant is het bandbreedtetarief, waarbij consumenten betalen voor het hoogste piekvermogen. Indien deze variant niet alleen op afname maar ook op de invoeding van toepassing wordt, worden consumenten gestimuleerd om pieken in het energieverbruik en teruglevering te vermijden. Beiden varianten leiden naar verwachting tot een vermindering van terugleverpieken waardoor spanningsproblemen verminderen.

3.5 Marktgebaseerde congestiemanagement op LS-niveau

Nu netcapaciteit op het middenspanning- en laagspanningsniveau steeds schaarser wordt, wordt er gezocht naar effectieve mechanismes om de capaciteit zo goed mogelijk te benutten. Een voorbeeld daarvan is GOPACS, een markt waarop energieflexibiliteit wordt verhandeld waarmee netbeheerders in staat worden gesteld om netcongestie op MS niveau te verminderen. Het is denkbaar dat de flexibiliteit van huishoudens op LS niveau ook kan worden verhandeld op een markt voor flexibiliteit die op straat- of wijkniveau functioneert en het mogelijk maakt energieflexibiliteit ten behoeve van congestiemanagement of verbetering van de spanningskwaliteit aan te bieden. Aandachtspunt is daarbij wel dat er voldoende aanbieders en afnemers op deze kleinschalige markt moeten zijn om de markt goed te laten functioneren. Ondanks experimenten die in pilots zijn gedaan, ligt momenteel nog geen schaalbaar marktontwerp voor het lokaal verhandelen van energieflexibiliteit op het laagspanningsniveau, laat staan dat er markten zijn waar netspanning gerelateerde producten kunnen worden verhandeld. Bovendien zijn er nog onvoldoende apparaten die goed zijn aan te sturen.

H4 Selectie van oplossingen

Dit hoofdstuk geeft een nadere beschrijving en beoordeling van de geselecteerde oplossingen met als doel inzicht te geven in de verwachte effecten op het afschakelen van zonnepanelen en rechtvaardigheidsaspecten. De geselecteerde oplossingen zijn oplossingen waarvan we verwachten dat ze het afschakelen van zonnepanelen verminderen of beter scoren op het aspect rechtvaardigheid dan de huidige situatie, en ook wenselijk en haalbaar zijn gelet op de andere criteria. Om de meerwaarde van de toegepaste beoordelingsmethode te illustreren bespreken we ook een oplossing (financiële compensatie) waar, in tegenstelling tot onze aanvankelijke verwachtingen, bleek dat deze laag scoorde op wenselijkheid.

De selectie betreft een zestal oplossingen, waarvan drie generieke oplossingen die netcongestie in de bredere zin adresseren en daarmee sowieso wenselijk zijn:

- Netverzwaring (Oplossing 2.2)
- Beëindiging salderingsregeling (Oplossing 3.3)
- Aanpassing structuur nettarieven (Oplossing 3.4)

En verder drie specifieke oplossingen die zich specifiek richten op afschakelende zonnepanelen en een aanvullend effect hebben:

- Lagere capaciteit omvormer (Oplossing 1.1)
- Instantaan nul-op-de-meter gestuurde dynamische vermogensbeperking (Oplossing 1.4)
- Financiële compensatie (Oplossingen 3.1 en 3.2)

Netverzwaring (Oplossing 2.2)

Uitleg oplossing

De spanningsproblematiek wordt sterk bepaald door de fysieke karakteristieken van het elektriciteitssysteem. Simpel gezegd, hoe dunner de kabel, hoe langer de kabel en hoe zwaarder de kabel belast wordt, des te meer komen spanningsproblemen voor. Toen onze netten decennia geleden zijn ontworpen, was de verwachte belasting een stuk lager dan tegenwoordig. Met alle veranderingen van de energietransitie, zoals de explosieve groei van zonne-opwek en elektrificatie van verwarming en vervoer, komt het steeds vaker voor dat in het verleden gemaakte ontwerpkeuzes niet meer afdoende zijn.

Een oplossing voor de spanningsproblematiek is dan ook om kabels en transformatoren te vervangen; dikkere kabels leveren bij gelijke belasting een kleiner spanningsverschil op dan dunnere kabels en zorgen dus minder spanningsproblemen. Er ligt in Nederland ongeveer 260.000 km aan laag- en middenspanningskabel, vrijwel volledig ondergronds en voor een groot gedeelte in de jaren 60 en 70 aangelegd. Netbeheerders geven aan dat 23-32% van die kabels zal moeten worden vervangen om de energietransitie mogelijk te maken (Netbeheer Nederland, 2021, p.33). Weliswaar is een groot deel van de kabels vanwege de kwaliteit sowieso aan vervanging toe maar de snelheid waarmee zonnepanelen zijn en worden geïnstalleerd is hoger dan het tempo waarin de regionale netbeheerders in staat zijn om kabels te vervangen. Regionale netbeheerders moeten daarom keuzes maken welke wijken als eerste worden aangepakt. Hierbij speelt ook dat afschakelende omvormers voor de netbeheerders niet een direct probleem vormen terwijl een overbelast net door te veel warmtepompen of elektrische voertuigen dat wel is. Daarom wordt netverzwaring in die gevallen vaak geprioriteerd.

Verzwaring van de kabels betekent ook dat de capaciteit van het netstation (ook wel de middenspanningsruimte of wijktransformator genoemd) wordt uitgebreid en waar nodig worden netdelen (kabels) opgeknipt om ze korter te maken en minder te belasten.

Effect op het net en de consument

Netverzwaring is nodig om ervoor te zorgen dat de huishoudens (en de maatschappij als geheel) verder kan gaan met de elektrificatie van de energiebehoefte en daarmee de verlaging van CO2 uitstoot. Echter, de kosten daarvan zijn hoog. Netbeheer Nederland (2023b) schat de jaarlijkse kosten voor netverzwaring tot en met 2030 op 8 miljard per jaar. In Europese regelgeving is bepaald dat die kosten via de nettarieven moeten worden opgebracht en dus gaan consumenten gezamenlijk meer betalen voor het gebruik van het elektriciteitsnet. Wanneer een huishouden profiteert van netverzwaring in de zin dat hun zonnepanelen niet meer of minder afschakelen, hangt sterk af van de prioriteiten die netbeheerders maken.

Wat is er nog meer nodig voor implementatie?

De grootste belemmering bij netverzwaring is de beschikbaarheid van arbeidskrachten om de werkzaamheden uit te voeren. Daarmee is deze oplossing niet in staat om de spanningsproblematiek binnen een termijn van enkele jaren op grote schaal op te lossen. Verder werken vergunningsprocedures dikwijls vertragend bij de uitvoering van netverzwaring. Ook komt het regelmatig voor dat het een uitdaging is om plek in de publieke ruimte te vinden voor de plaatsing van een extra netstation.

Rechtvaardigheid

Door netverzwaring worden congestieproblemen in bredere zin erkend. Ook al is de communicatie van de netbeheerders over de problemen van afschakelende zonnepanelen de afgelopen jaren verbeterd, toch ervaren veel huishoudens nog niet dat netbeheerders bezig zijn om de spanningsproblematiek op te lossen. De erkennende rechtvaardigheid van deze oplossing zou dan ook kunnen worden verhoogd door betere communicatie over de aanpak en de planning van netbeheerders om specifieke gebieden te verzwaren.

Op het gebied van verdelende rechtvaardigheid zijn er verschillen in transitietempo, eigen opwek en elektrificatie van energiegebruik, met name tussen rijkere en armere huishoudens, wat maakt dat huishoudens niet in gelijke mate behoefte hebben aan netverzwaring. Zo zullen er huishoudens zijn die voor hun warmtevoorziening geen gebruik maken van een warmtepomp maar bijvoorbeeld van een warmtenet, en zullen er grote verschillen zijn in het bezit en gebruik van elektrisch vervoer. Met de huidige nettarievenstructuur betalen alle huishoudens evenveel mee aan de verzwaring. Omdat de verwachting is dat de nettarieven flink zullen blijven stijgen (Netbeheer Nederland, 2023b) en een eerlijke verdeling gewenst is (ACM, 2024c), worden momenteel alternatieve tariefstelsels voor afname verkend. Zie ook [oplossing 3.4 Aanpassing structuur nettarieven](#).

Verder merken we op dat zelfs na netverzwaring het risico op spanningsproblemen bij huishoudens aan het einde van de laagspanningskabel het grootste zal blijven.

Al met al is netverzwaring onbetwistbaar noodzakelijk om de energietransitie mogelijk te maken. Het zal spanningsproblemen verminderen maar er moet goed worden gekeken naar de verdeling van de kosten, gedurende de transitiefase en daarna. Daarnaast is het nodig dat er richting huishoudens beter wordt gecommuniceerd wat de prioritering is die netbeheerders hanteren aangezien netverzwaring veel tijd kost en dus geen snelle oplossing voor iedereen biedt.

Beëindiging salderingsregeling (Oplossing 3.3)

Uitleg oplossing

De salderingsregeling houdt in dat kleinverbruikers, zoals huishoudens, de stroom die ze afgenomen hebben van het net mogen wegstrepen tegen de teruggeleverde stroom (over het algemeen op jaarbasis). Ze ontvangen voor de teruggeleverde energie dus dezelfde prijs (inclusief energiebelasting), ongeacht het moment van teruglevering. Deze regeling uit 2004 was bedoeld om de aanschaf van zonnepanelen te stimuleren. De regeling is zeer effectief geweest, maar heeft - nu veel huishoudens zonnepanelen hebben - ook belangrijke nadelen. Voor huishoudens is er geen financiële prikkel om de opgewekte stroom direct zelf te gebruiken of op te slaan. Dit resulteert in hoge invoedingspieken op het net, met als gevolg oplopende spanning en bij sommigen afschakelende zonnepanelen. Een tweede nadeel is dat de kosten van de stimulering gedragen worden door de hele maatschappij voor wat betreft het salderen van de energiebelasting. Daarnaast betalen de huishoudens, en dan met name de huishoudens zonder zonnepanelen, het verschil in energieprijzen en de hogere onbalanskosten. Hierdoor betaalt een steeds kleinere groep huishoudens de voordelen van een steeds grotere groep huishoudens, wat de ongelijkheid in de energietransitie vergroot. Om dit te compenseren brengen energieleveranciers sinds kort verschillende vormen van extra kosten in rekening bij verbruikers met zonnepanelen, wat het vergelijken van aanbieders ingewikkeld maakt. Ook bieden ze zonnepaneelbezitters vaak geen meerjarige contracten meer aan.

De voorliggende oplossing betreft het beëindigen van de salderingsregeling, eventueel via een afbouwpad, en het instellen van een redelijk minimum teruglevertarief. Een wetsvoorstel voor afbouw van de salderingsregeling is op 13 februari 2024 verworpen door de Eerste Kamer. Het kabinet Schoof heeft op 14 november 2024 alsnog besloten de salderingsregeling per 1-1-2027 te beëindigen.

Effect op het net en de consument

Afschaffing van de salderingsregeling kan op twee manieren een gunstig effect hebben op de congestieproblematiek in de laagspanningsnetten: 1) het levert een prijsprikkel op om het eigen gebruik van zonne-energie te verhogen en daarmee de piekbelasting te verlagen; 2) minder snelle adoptie van zon-pv. Het verwachte effect van de prijsprikkel op de piekbelasting is beperkt. Momenteel zijn alleen huishoudens met een elektrische auto en eigen laadpaal in staat om hun piekbelasting door zonne-energie significant te verlagen. Mogelijk dat op de langere termijn nieuwe technologische ontwikkelingen en goedkopere thuisbatterijen daar verandering in gaan brengen. Het effect van de afschaffing van de salderingsregeling zal als gevolg van langere terugverdiertijden naar verwachting een verlagend effect hebben op de adoptie van zonnepanelen, zowel op het aantal huishoudens als de grootte van de installaties per huishouden. Dit zal tot een minder snelle toename van de congestieproblematiek op de laagspanningsnetten leiden, en dus een minder snelle toename van afschakelende zonnepanelen (CE Delft, 2024).

Huidige bezitters van zonnepanelen zullen een lagere prijs ontvangen voor hun teruggeleverde energie, waardoor de terugverdiertijd zal oplopen. Huishoudens die servicekosten betalen voor hun zonnepanelen (vaak het geval bij huurders), zullen goed in de gaten (moeten) gaan houden of hun zonnepanelen nog een financiële besparing opleveren, zeker als de terugleverkosten blijven bestaan na beëindiging van de salderingsregeling. Huishoudens die zonnepanelen overwegen zullen wellicht voor een kleiner aantal panelen kiezen en een deel zal mogelijk ook afzien van de aanschaf van zonnepanelen vanwege de oplopende terugverdiertijd.

Wat is er nog meer nodig voor implementatie?

Samen met de wet voor beëindiging van de salderingsregeling moet er een eerlijk teruglevertarief worden bepaald. Deze wordt dan vastgesteld aan de hand van de marktprijzen voor elektriciteit door onder andere de minister en de ACM.

Een andere vraag is wat energieleveranciers zullen doen moet de recent ingevoerde terugleverkosten. De Tweede Kamer (2024) heeft het 4^e kabinet Rutte in een motie opgeroepen om de terugleverkosten te verbieden als de salderingsregeling is afgeschaft.

Rechtvaardigheid

De salderingsregeling raakt in nadelige zin aan verschillende aspecten van rechtvaardigheid, waaronder erkennende rechtvaardigheid, procedurele rechtvaardigheid en – met name – verdelende rechtvaardigheid. Afschaffing van de regeling zal, zoals gezegd, leiden tot een minder snelle toename van afschakelende zonnepanelen, en dus tot een minder snelle toename van de ongelijkheid tussen huishoudens met zonnepanelen. Aan de andere kant zullen niet alle huishoudens met zonnepanelen in gelijke mate in staat zijn om hun eigenconsumptie te verhogen en daarmee het nadelige effect van de afschaffing op de energierekening te dempen. Het zijn voornamelijk huishoudens met een elektrische auto en eigen laadpaal, of huishoudens die kunnen investeren in een batterij, die momenteel in staat zijn om hun verbruik significant te sturen. Er kan dus een nieuwe vorm van ongelijkheid ontstaan.

Echter op het vlak van de verdelende rechtvaardigheid is er een veel groter verschil tussen huishoudens met en huishoudens zonder zonnepanelen. Zoals gezegd worden de kosten van de salderingsregeling gedragen door de hele maatschappij voor wat betreft het salderen van de energiebelasting.

Daarnaast betalen de huishoudens, en dan met name de huishoudens zonder zonnepanelen, het verschil in energieprijzen en de hogere onbalanskosten. Hierdoor betaalt een steeds kleinere groep verbruikers de voordelen van een steeds grotere groep verbruikers, wat de ongelijkheid in de energietransitie vergroot. Afschaffing van de salderingsregeling neemt een belangrijk deel van deze ongelijkheid weg.

Wel zullen energieleveranciers ook na afschaffing van de salderingsregeling nog steeds meer kosten maken voor huishoudens met zonnepanelen dan voor huishoudens zonder zonnepanelen. Die meerkosten bestaan uit:

1. Gemiddeld een hogere prijs voor inkoop elektriciteit door een ander afnameprofiel (meer gebruik tijdens tijden met hogere energieprijzen).
2. Hogere onbalanskosten door grotere onvoorspelbaarheid van levering en teruglevering door huishoudens met zonnepanelen.

Dit is van belang voor de discussie rondom het verbieden van het in rekening brengen van de terugleverkosten als de salderingsregeling afgeschaft wordt. Als het in rekening brengen van de terugleverkosten verboden wordt, dan zullen energieleveranciers de meerkosten naar verwachting op een andere manier verrekenen, bijvoorbeeld door hogere leveringstarieven voor alle huishoudens (CE Delft, 2024).

De salderingsregeling is complex, zeker voor consumenten en de energierekening. Afschaffing van de salderingsregeling versimpelt de rekening en de transparantie, wat belangrijke aspecten zijn van procedure rechtvaardigheid. Op het aspect van erkennende rechtvaardigheid verbetert afschaffing de positie van de groepen die momenteel onevenredig voor de kosten opdraaien, wat met name de huishoudens zonder zonnepanelen zijn.

Aanpassing structuur nettarieven (Oplossing 3.4)

Uitleg oplossing

Nettarieven zijn de kosten die gebruikers van het elektriciteitsnet aan de netbeheerder betalen voor het transport van elektriciteit en voor het aanleggen en beheren van het stroomnet. Kleinverbruikers, waaronder huishoudens, betalen momenteel een vast tarief voor hun netaansluiting. Door deze kosten afhankelijk te maken van het werkelijke gebruik van het net en/of het tijdstip van gebruik wordt een financiële prikkel gecreëerd voor gebruikers om rekening te houden met de netbelasting bij het afnemen of terugleveren van energie.

Het huidige tariefstelsel bevat alleen afnametarieven. Omdat de verwachting is dat de nettarieven flink zullen blijven stijgen (Netbeheer Nederland, 2023b) en een eerlijke verdeling gewenst is (ACM, 2024c), worden momenteel alternatieve tariefstelsels voor afname verkend. In deze alternatieve tariefstelsels wordt tevens gezocht naar prikkels die een efficiënter gebruik van het net stimuleren. Er zijn vele varianten van een nieuwe structuur van nettarieven denkbaar. Een veelgenoemde variant is het bandbreedtetarief. Dit is een gestaffelde financiële constructie waarbij consumenten betalen voor het hoogste piekvermogen. Berenschot (2024) geeft aan dat een tijdgebonden kWh-tarief de voorkeur heeft, omdat het vanwege het tijdsgebonden aspect effectief inspeelt op netefficiëntie en bovendien adaptiever en daarmee toekomstbestendiger is dan alternatieven. Na beëindiging van salderingsregeling en met het voorgestelde tijdsgebonden kWh-tarief voor afname gaan er reeds prikkels uit om verbruik naar de middag te verplaatsen om eigen zon-opwek te verbruiken. Deze prikkel zou versterkt kunnen worden door een invoedingstarief te introduceren binnen de netwerkkosten waardoor er bij teruglevering extra kosten worden gerekend. De wenselijkheid hiervan moet nog worden onderzocht.

Het is noemenswaardig dat vrijwel alle andere landen in Europa al een tijdsgebonden kWh tarief voor nettarieven hanteren (Berenschot, 2024).

Effect op het net en de consument

Het is de verwachting dat alternatieve nettarieven voor de afname van elektriciteit de afnamepiekbelasting van het net verminderen, doordat huishoudens waar mogelijk een deel van hun verbruik zullen verschuiven naar tijdstippen met lagere afnamenetbelasting en lagere tarieven. Dit zijn over het algemeen ook uren overdag (tussen de ochtend- en avondpiek) wanneer ook de zon schijnt. Een grotere afname tijdens deze uren compenseert de hoge invoeding van zonnepanelen en zal een dempend effect hebben op de overspanning en daarmee ook de afschakeling van zonnepanelen. Dit mechanisme werkt binnen één huishouden en werkt door in de buurt en wijk.

Alternatieve nettarieven kunnen een direct en aanvullend effect hebben op de teruglevering en overspanning wanneer zij ook van toepassing worden op invoeding. Huishoudens die reeds zonnepanelen bezitten worden dan nog verder gestimuleerd de pieken te dempen door eigenconsumptie te verhogen. Dit heeft een dempend effect op de spanning en daarmee op het automatisch afschakelen van zonnepanelen. Een combinatie van alternatieve nettarieven en (lagere) terugleververgoedingen door de energieleverancier (na afschaf van de salderingsregeling) kan er zelfs voor zorgen dat het op sommige momenten voor huishoudens voordeliger is om de zonnepanelen tijdelijk af te schakelen. Huishoudens die nog geen zonnepanelen hebben zullen mogelijk kiezen voor kleinere installaties, beter afgestemd op hun eigen verbruik. Dit alles zal een dempend effect hebben op de spanning en daarmee op het automatisch afschakeling van zonnepanelen vanwege overspanning.

In het algemeen geldt bij alternatieve nettarieven dat huishoudens voordeliger uit kunnen zijn wanneer ze in staat en bereid zijn om hun verbruik aan te passen en netbewust energie te gebruiken. De keerzijde is dat consumenten waarschijnlijk meer gaan betalen aan nettarieven wanneer ze hun verbruik niet aan kunnen of willen passen.

Wat is er nog meer nodig voor implementatie?

Allereerst moet een voorstel voor aanpassing komen. Dit kan vanuit de netbeheerders komen, maar ook vanuit de politiek of ACM zelf. Vervolgens zal de ACM dat voorstel beoordelen en na marktconsultatie een besluit nemen. Echter, de invoering van een nieuw stelsel voor nettarieven betekent veel voor alle betrokkenen: netbeheerders krijgen minder zekerheid over hun inkomsten, en binnen het huidige leveranciersmodel moeten de leveranciers de nieuwe tarieven factureren en uitleggen aan hun klanten. Ook zijn er mogelijk wijzigingen nodig in de huidige wet- en regelgeving op het gebied van het uitlezen van slimme meters en het delen van verbruiksdata. Alles bij elkaar verwacht de ACM invoering van een nieuw stelsel niet eerder dan in 2028.

Rechtvaardigheid

Zoals gezegd is de verwachting dat de nettarieven de komende jaren flink zullen blijven stijgen als gevolg van de grote investeringen in de netten die nodig zijn voor de energietransitie. Uit onderzoek van de ACM (2024d) blijkt dat de kosten voor alle gebruikers van het elektriciteitsnet de komende 25 jaar stijgen van ca. €7 miljard naar €18 tot €25 miljard per jaar. Dit betekent dat de transportkosten voor elektriciteit voor een gemiddeld huishouden zullen stijgen van ongeveer €250 naar €600 - €800 per jaar in 2050. Tegelijkertijd zullen de verschillen tussen huishoudens in gebruik toenemen: een huishouden met vergaande elektrificatie met EV met eigen laadpaal en warmtepompen zal het net veel zwaarder belasten dan een huishouden zonder EV dat aangesloten is op een warmtenet. Het uitgangspunt bij het verdelen van de kosten is dat de gebruikers betalen voor de kosten die zij veroorzaken. Voor een eerlijke verdeling is een nieuw tariefstelsel nodig (ACM, 2024c, 2024e). Een nog onbeantwoorde vraag daarbij is nog of naast een gedifferentieerd afnametarief ook een invoedingstarief geïntroduceerd moet worden. Relevant daarbij is de vraag of invoeding door kleinverbruikers, bijvoorbeeld door zonnepanelen, leidt tot extra kosten voor netbeheerders. Over het algemeen wordt netverzwaring gedimensioneerd op verwachte toename in de afname van elektriciteit, en niet op de invoeding. In andere woorden, zonnepanelen vormen in het algemeen niet de reden tot extra investeringen in het net. Wanneer verbruik meer samen wordt gebracht met productie door zonnepanelen, zorgen zonnepanelen juist voor een vermindering van netbelasting.

Een ander belangrijk aspect is dat niet alle huishoudens in gelijke mate in staat zullen zijn om hun verbruik te sturen en zo hun nettarieven te verlagen. Het zullen met name de vermogende huishoudens zijn die beschikken over EV met een eigen laadpaal, een warmtepomp, en/of een thuisbatterij die hun verbruik kunnen verschuiven zo hun nettarieven omlaag kunnen brengen. Ook vraagt het flexibel aansturen van apparaten in huis, en daarbij rekening houden met nettarieven, eventuele dynamische energietarieven en comfort een behoorlijke kennis van de gebruiker en een investering in apparatuur om dit te automatiseren. Erkenning van de verschillende groepen en hun handelingsperspectief is daarmee van belang.

Met de toenemende complexiteit van een nieuw tariefstelsel wordt de begrijpbaarheid van de energierekening voor huishoudens een nog grotere uitdaging. Ook dit is belangrijk punt van aandacht bij de invoering ervan.

Lagere capaciteit omvormer (Oplossing 1.1)

Uitleg oplossing

Het piekvermogen dat zonnepanelen kunnen leveren wordt alleen in ideale omstandigheden bereikt die in de praktijk in Nederland niet voorkomen. Slechts op een beperkt aantal dagen in het jaar en dan ook alleen op de meest zonnige uren van die dagen komen panelen in de buurt van die piek. Verschillende leveranciers van PV systemen adviseren daarom nu al om de omvormer niet op die piek te dimensioneren maar het vermogen van de omvormer 10-20% lager te kiezen (Zonnefabriek, z.d.; Solar Concept, z.d.; SMA, z.d.). Dat heeft als voordeel dat de omvormer de rest van het jaar, wanneer de zon minder schijnt, eerder opstart, later uitschakelt en efficiënter werkt. Daarmee wordt het “verlies” door aftopping op de meest zonnige dagen zo goed als volledig gecompenseerd. Zie ook de afbeelding die dit effect illustreert. Deze werkwijze wordt ook wel overdimensioneren genoemd, waarbij de panelen overgedimensioneerd worden t.o.v. de capaciteit van de omvormer. Voor het elektriciteitsnet heeft het aftoppen als belangrijk voordeel dat de spanning minder hoog oploopt, waardoor afschakelen minder vaak nodig zal zijn. Een ander voordeel is dat een kleinere omvormer goedkoper is in de aanschaf.

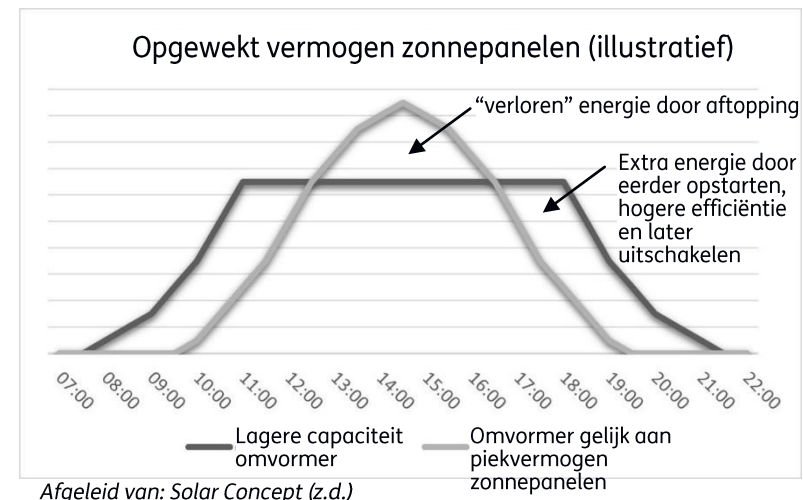
De voorgestelde oplossing is om middels een wettelijke regeling te bepalen dat alle nieuwe installaties gebruik moeten maken van een omvormer met een lagere capaciteit, en daarbij te kiezen voor een maximaal vermogen van 50-70% van het piekvermogen van de panelen. Een maximum van 50% wordt al toegepast bij SDE++ subsidie voor grootschalige zonneparken. Mogelijk kan deze oplossing in plaats van een wettelijke verplichting ook door betere voorlichting worden bereikt.

Effect op het net en de consument

Juist een verdergaande beperking van de capaciteit van de omvormer zorgt voor een verdergaande aftopping van de terugleverpieken op het net, en daarmee een significante bijdrage aan verlichting van netcongestie voor invoeding. Ook zal de spanning op het net minder snel oplopen, waardoor installaties over het algemeen minder hoeven af te schakelen. Dit geldt niet alleen voor de eigen installatie, maar ook voor installaties in de buurt.

Een iets lagere capaciteit van de omvormer, die nu al vaak wordt toegepast, heeft nauwelijks effect op de verwachte terugverdientijd van de totale installatie. Echter, een verdergaande beperking van de capaciteit tot 50-70% van het piekvermogen zal, afhankelijk van de installatie en oriëntatie van de panelen (zuid ligging of oost-west ligging), de terugverdientijd wel enigszins nadelig beïnvloeden. Weerstand vanuit de branche (leveranciers en installateurs) en mogelijk ook consumentenorganisaties is daarom mogelijk. Overigens is het relevant om te vermelden dat de “verloren” energie vaak weinig tot niets waard is op de markt, omdat er op de momenten van aftopping vaak een overvloed aan zonne-energie opgewekt en aangeboden wordt. Consumenten met een energiecontract met dynamische tarieven volgen de markttarieven en zullen het effect van een aftopping dus veel minder terugzien op hun energierekening.

Een ander voordeel van een vlakker opwekprofiel is dat de eigenconsumptie van zonnestroom wat zal toenemen. Dit zal bij afschaffing van de salderingsregeling ook gunstig zijn voor de energierekening van de consument.



Wat is er nog meer nodig voor implementatie?

Afgezien van aanpassing van regelgeving, bijvoorbeeld in de Netcode elektriciteit en/of in de vorm van een installatievoorschrift, zijn er geen verdere zaken nodig. Het is daarmee een simpele maatregel die in vergelijking tot oplossingen die bijvoorbeeld technische ontwikkelingen vragen vrij snel en gemakkelijk in te voeren is. We merken op dat de netbeheerders in hun II3050 scenario's (Netbeheer Nederland, 2023a, p. 119) er van uitgaan van huishoudens maximaal 70% van het piekvermogen terugleveren in 2030 en maximaal 55% in 2040.

Rechtvaardigheid

Een verplichting betekent een beperking van de keuzevrijheid van de consument en de markt. Echter gelet op grote maatschappelijke problematiek die netcongestie met zich meebrengt lijkt een verplichte beperking bespreekbaar. De voorgestelde verdergaande beperking zal zoals gezegd afhankelijk van de installatie en oriëntatie van de panelen, de terugverdientijd voor consumenten van nieuwe installaties enigszins nadelig beïnvloeden. Daar tegenover staat een verlichting van netcongestie voor invoeding en bijbehorende spanningsproblematiek, waar niet alleen de eigenaar maar ook de buurt van profiteert. De beperkte capaciteit op het net wordt dus eerlijker verdeeld en meer huishoudens kunnen zonnestroom terugleveren. Echter, als de spanning alsnog te ver oploopt zal de bestaande ongelijkheid blijven bestaan, omdat huizen verder weg van de wijktransformator dan alsnog als eerste afschakelen.

Ook ontstaat met de invoering van een verplichting voor nieuwe installaties een verschil tussen huishoudens met bestaande en met nieuwe installaties. Dit verschil is echter onvermijdbaar en gaat gepaard met alle oplossingen die een aanpassing van de installatie vereisen. Over tijd, wanneer bestaande omvormers aan het einde van hun levensduur komen en vervangen zullen worden, wordt deze ongelijkheid recht getrokken.

Tenslotte zorgt het aftoppen van invoedingspieken naar verwachting voor lagere kosten voor balanshandhaving door energieleveranciers, en daarmee lagere kosten voor (alle) consumenten.

..

Instantaan nul-op-de-meter gestuurde dynamische vermogensbeperking (Oplossing 1.4)

Uitleg oplossing

In plaats van volledig af te schakelen bij overspanning of een omvormer met dynamische vermogensbegrenzing op basis van spanning toe te passen wordt met deze oplossing het opgewekte vermogen van de zonnepanelen beperkt tot het verbruik achter de meter. Op die manier kunnen huishoudens bij overspanning zelfopgewekte energie blijven gebruiken en hoeft er geen extra energie van het net te worden afgenomen en betaald.

Een gevolg is dat het loont voor het huishouden om energieverbruik te verschuiven naar de periode waarin de zonnepanelen energie opwekken, en zo optimaal gebruik te maken van deze hernieuwbare energie. Zelfconsumptie kan mogelijk verder worden versterkt door inwoners er op te attenderen wanneer de opwek van de PV systemen wordt beperkt. Om de netruimte maximaal te benutten, maakt deze oplossing verder gebruik van spannings- en vermogensmetingen bij de slimme meter.

Effect op het net en de consument

Bij een significant eigengebruik tijdens moment van overspanning is deze oplossing voor consumenten aantrekkelijker. Naast het financiële voordeel, versterkt dit bovendien het gevoel van zelfvoorziening. Er moeten echter wel kosten worden gemaakt en dus zal de reactie van de consument in grote mate worden bepaald door wie die kosten moeten worden opgebracht.

Doordat huishoudens met deze oplossing bij overspanning geen elektriciteit terugleveren, verergeren de spanningsproblemen op het publieke net niet. Toch wordt alle ruimte op het net zo veel mogelijk gebruikt, zelfs enigszins beter dan wanneer de dynamische vermogensbeperking alleen metingen op de omvormer gebruikt. De oplossing heeft geen effect op andere vormen van netcongestie.

Wat is er nog meer nodig voor implementatie?

De technische en praktische realisatie moet nog worden uitgewerkt. Voor de meetdata bij de slimme meter kan gebruik worden gemaakt van data uit de P1 poort van de slimme meter zelf of door gebruik van een extra meter in de groepenkast. Bij gebruik van slimme meter data is het nodig dat wordt gestandaardiseerd hoe de data op een betrouwbare en robuuste manier bij de omvormer komt.

Bij deze oplossing wordt de spanning bij de slimme meter gemeten en gebruikt om overspanning te detecteren. Hierbij stellen we voor de waarde van 10% boven de nominale spanning te hanteren. Omdat de kabel naar de omvormer ook een spanningsval heeft, zal de spanning op de omvormer dus hoger zijn dan de nu geldende limiet in de Netcode Elektriciteit. Daarom zal er een uitzondering in de Netcode moeten worden gemaakt voor opwekkers die gebruik maken van deze oplossing. Verder is het belangrijk dat de omvormer van de zonnepanelen direct is aangesloten op de groepenkasten en dat er verder geen andere apparaten op de kabel tussen de groepenkast en de omvormer aangesloten zijn. Hierdoor zal de spanning bij de omvormer weliswaar boven de limiet voor de spanning uitkomen maar zal de spanning verder binnenshuis binnen de normen blijven.

Ook is het van belang dat de omvormer van de zonnepanelen op dezelfde fase is aangesloten als andere (grote) verbruikers in de woning zoals warmtepompen en EV laadpalen. Alleen verbruikers aangesloten op dezelfde fase als de zonnepanelen kunnen gebruik maken van de opgewekte elektriciteit en daarmee verdere spanningstoename op het publieke net voorkomen.

Rechtvaardigheid

Met het toepassen van deze oplossing wordt de financiële ongelijkheid tussen huishoudens die al dan niet met afschakelen te maken hebben enigszins verminderd. Huishoudens kunnen namelijk ook bij overspanning de energie uit hun zonnepanelen zelf benutten voor het deel van de verbruikende apparaten dat op dezelfde fase is aangesloten. De omvormer moet worden aangepast of vervangen door een omvormer die deze oplossing ondersteunt. Om de verdelende rechtvaardigheid van de oplossing te vergroten, kan overwogen worden de kosten daarvan te socialiseren. Qua erkennende rechtvaardigheid scoort de oplossing laag: huishoudens moeten zelf in actie komen.

Financiële compensatie (Oplossingen 3.1 en 3.2)

Leeswijzer

Waar de andere oplossingen in dit hoofdstuk zijn gekozen omdat ze na evaluatie door experts als effectief en opportuun zijn beoordeeld, is oplossing “3.1/3.2 Financiële compensatie” opgenomen omdat die op het eerste gezicht logisch lijkt maar na toepassing van de beoordelingscriteria toch slecht blijkt te scoren. Ook al verbetert de oplossing bepaalde aspecten van rechtvaardigheid, andere aspecten verslechteren juist. Verder wordt de onderliggende oorzaak van de spanningsproblemen hiermee niet aangepakt.

Uitleg oplossing

De opgewekte energie van zonnepanelen is normaal gesproken geld waard. Of het nu gaat om zelf-geconsumeerde energie of teruggeleverde energie, huishoudens hebben - ook met inachtneming van terugleverkosten¹ - doorgaans hogere kosten voor elektriciteit als zonnepanelen afgeschakeld worden vanwege overspanning. De oplossing die hier wordt behandeld is dan ook dat huishoudens daarvoor financieel worden gecompenseerd. De compensatie kan op meerdere manieren worden bepaald. Een simpele vorm is om iedereen bij wie afschakeling is vastgesteld een gelijke compensatie te geven. Een complexere vorm is om de hoogte van de compensatie te baseren op een schatting van de gemiste opwek door afschakeling. In België heeft men een dergelijke compensatie. Daar wordt, onder bepaalde voorwaarden, een jaarlijks vastgesteld bedrag per kVA van de omvormer uitgekeerd als huishoudens uitval van zonnepanelen melden (Fluvius, z.d.).

De oplossing heeft als uitgangspunt dat de compensatie wordt opgebracht door een verhoging van de nettarieven voor alle huishoudens met zonnepanelen. De compensatie moet significant zijn om een effectieve oplossing te bieden voor het probleem dat mensen het oneerlijk vinden dat hun zonnepanelen afschakelen terwijl andere mensen kunnen blijven produceren. Om vast te stellen of afschakelingen bij een huishoudens is voorgekomen, zou de netbeheerder de overspanningsgebeurtenissen die door de slimme meter worden geregistreerd kunnen uitlezen.

¹ Er zijn gevallen bekend waarbij huishoudens netto kosten hadden (dus hogere terugleverkosten dan de terugleververgoeding) voor teruggeleverde energie. Dit is ongewenst en is niet toegestaan in de nieuwe Energiewet (ACM, 2024)

Effect op het net en de consument

Huishoudens die worden geconfronteerd met het afschakelen van zonnepanelen worden daarvoor gecompenseerd. Als de compensatie tot een redelijke verhouding van de kosten van huishoudens door afschakeling staat, zullen die huishoudens naar verwachting content met de oplossing zijn. Aan de andere kant zijn er huishoudens met zonnepanelen waar afschakeling nu (nog) niet voorkomt, zij worden met hogere nettarieven geconfronteerd. In z'n algemeenheid is daarom te verwachten dat het iets minder aantrekkelijker wordt om zonnepanelen aan te schaffen.

Deze oplossing vormt voor niemand een prikkel om spanningsproblemen te voorkomen. Het verwachte effect op het net is dus dat de spanningsproblemen door deze oplossing niet zullen afnemen.

Wat is er nog meer nodig voor implementatie?

Er zijn een aantal (juridische) wijzigingen nodig om deze oplossing mogelijk te maken, vooral vanwege de benodigde aanpassingen aan de nettarieven. Door extra nettarieven voor huishoudens met zonnepanelen te rekenen wordt in feite een nettatarief voor invoeding ingesteld, wat nu nog niet bestaat voor kleinverbruikers. Ook het uitlezen van de slimme meter voor dit soort doeleinden zal eerst moeten worden goedgekeurd.

Indien de compensatie wordt gebaseerd op een schatting van gemiste opwek, moet er een methode voor het bepalen van die schatting worden uitgewerkt en vastgelegd. De methode om tot die inschatting te komen zou zich kunnen baseren op het aantal overspanningsgebeurtenissen uit de slimme meter, de oriëntatie van de panelen, het aantal panelen, de omvormer capaciteit, (KNMI) zonne-instralingsdata, en ook de waarde van de gemiste energie (bijv. op basis van gemiddelde contractprijzen). Een deel van de informatie wordt al bijgehouden in het Centrale Registratie van Systeemelementen (CERES). Verder is het goed om te vermelden dat er een use-case voor het gebruik van slimme meter data is die netbeheerders kunnen gebruiken om zonnepaneel installatie te detecteren (te weten use-case 5).

Rechtvaardigheid

Met betrekking tot rechtvaardigheid is er een lastige afweging te maken tussen enerzijds erkennende en anderzijds procedurele rechtvaardigheid. Een simpele compensatie die voor iedereen hetzelfde is, is beter te begrijpen en transparanter dan een compensatie die afhankelijk is van een inschatting van gemiste energie opwek. Dus daarmee scoort een simpele compensatie beter op procedurele rechtvaardigheid maar slechter op erkennende rechtvaardigheid en omgekeerd voor de compensatie op basis van een inschatting van gemiste opwek. Al is wel te verwachten dat getroffen huishoudens zich erkent zullen voelen in de problematiek als zij een financiële compensatie ontvangen. De verdelende rechtvaardigheid van de oplossing hangt af van de hoogte van de compensatie. Het is lastig te bepalen hoe sterk huishoudens met afschakelende zonnepanelen precies worden benadeeld en er zijn sowieso grote verschillen tussen getroffen huishoudens die afhangen van de lokale situatie. Al met al leidt de oplossing wel tot verbetering op bepaalde aspecten van de rechtvaardigheid maar brengt het ook nadelen op andere aspecten met zich mee.

H5 Transparantie door actief informeren

In de afgelopen jaren is het aantal huishoudens met zonnepanelen sterk gegroeid, en steeg navenant het aantal klachten over afschakelende zonnepanelen TNO (2023, 15 augustus). Onder meer uit marktonderzoek van Radar (2023a) bleek dat huishoudens informatie misten aangaande het afschakelen van hun zonnepanelen. Zo wisten huishoudens vaak niet dat dit mechanisme bestaat, dat ze er mee te maken hadden, en welke verdere acties er te nemen zijn. Sinds 2023 heeft de problematiek meer aandacht gekregen in de media en geven netbeheerders op hun websites meer informatie en handelingsperspectief voor huishoudens en installateurs. Om de transparantie verder te vergroten stellen we een aantal aanvullende maatregelen voor.

1. Omvormers voor zonnepanelen informeren huishoudens wanneer zonnepanelen zijn afgeschakeld. Bij voorkeur in real-time, bijvoorbeeld door middel van een notificatie in de monitorings-app, zodat huishoudens zich hier bewust van zijn en eventueel naar kunnen handelen.
2. Netbeheerders geven huishoudens nauwkeuriger inzicht in de kwaliteitsproblemen die lokaal in het elektriciteitsnetwerk voorkomen of worden verwacht, niet alleen op basis van klachten maar bijvoorbeeld ook op basis van monitoringsdata van de spanningskwaliteit uit het netwerk. Met deze informatie kunnen huishoudens voor de aanschaf zich beter informeren en na de aanschaf opzoeken of de oorzaak van afschakelen van spanningsproblemen binnen of buiten het huis gezocht moet worden.

Met deze stappen wordt de informatievoorziening voor huishoudens vergroot middels actief informeren door verschillende, relevante partijen. Het doel van communicatie is meer begrip, draagvlak, en handelingsperspectief te bieden. Transparantie, informeren en het bieden van handelingsperspectief draagt bij aan rechtvaardigheid.

AVROTROS Radar (2023b) heeft een uitzending gewijd aan dit fenomeen waarin meerdere individuele verhalen van huishoudens worden uitgelegd die vaak te maken hadden met afschakelende zonnepanelen. Deze uitzending en andere recente aandacht vanuit de media voor netcongestie heeft al bijgedragen aan het bewustzijn onder huishoudens.

H6 Conclusies en aanbevelingen

- Er is geen makkelijke oplossing voor het probleem van afschakelende zonnepanelen en de ongelijke verdeling hierin. Geen van de geïdentificeerde oplossingen zal het probleem volledig oplossen. De huidige overspanningsbeveiliging behoudt de stabiliteit van het net en zal altijd nodig blijven. Het afschakelen is ongelijk verdeeld, sommige huishoudens hebben er meer last dan anderen, en bij overspanning kunnen huishoudens de zonnepanelen ook niet kunnen gebruiken voor eigen consumptie. Dat maakt dat het voor huishoudens onrechtvaardig aanvoelt.
- Vrijwel alle geïdentificeerde oplossingen vereisen een flinke investering in ontwikkeling van technologie, aanpassing van juridische kaders, en/of financiële middelen en kennen veelal ook een langere implementatietijd. Enkel en alleen het ongelijk afschakelen van zonnepanelen lijkt op dit moment die investering niet te rechtvaardigen.
- Echter, de verwachting is dat met het groeiend aantal zonnepanelen het afschakelen veel vaker zal gaan gebeuren en het probleem daarmee signifikanter wordt. **Netverzwaring (Oplossing 2.2)** is de structurele oplossing, die sowieso nodig is voor de toenemende vraag naar energielevering vanwege onder meer het groeiend aantal elektrische voertuigen en warmtepompen. De verwachting van de netbeheerders is echter dat netverzwaring het tempo niet kan bijbenen en dat tot aan 2030 het probleem van overspanning zal toenemen, waarna onderspanning het grootste probleem wordt (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2024a). Aanvullende maatregelen zijn daarom nodig. In deze bredere context van maatregelen tegen congestieproblematiek in de laagspanningsnetten zien we wel mogelijkheden om het probleem van afschakelende zonnepanelen te adresseren. We schetsen hier een mogelijke tijdslijn met daarop de combinatie van verschillende maatregelen en beschrijven de verwachte uitwerking op afschakelende zonnepanelen.
- **De beëindiging de salderingsregeling (Oplossing 3.3)** ligt om meerdere redenen voor de hand, waaronder de oplopende kosten voor energieleveranciers en de toenemende ongelijkheid tussen huishoudens met en zonder zonnepanelen. Ook scoort deze oplossing hoog op rechtvaardigheid en effectiviteit voor afschakelende zonnepanelen. De verwachting is dat afschaffing leidt tot een hoger eigengebruik van zonne-energie, kleinere nieuwe installaties, en daardoor minder overspanning op het net en daarmee minder afschakeling van zonnepanelen. Ook is de oplossing transparant.
- Het probleem is daarmee nog niet volledig opgelost. Maar het afschaffen van de salderingsregeling vormt wel de prikkel voor de introductie van andere producten en diensten die huishoudens ondersteunen bij het optimaliseren van zelfverbruik, bijvoorbeeld met een home energy management system (HEMS), eventueel in combinatie met de opslag van energie in een thuisbatterij of boiler.
- Een volgende voordehand liggende stap is het **aanpassen van de structuur van nettarieven (Oplossing 3.4)**. In aanvulling op de reeds bestaande dynamische energietarieven die een prikkel vormen voor energiebewust energieverbruik, kunnen gedifferentieerde nettarieven een prikkel vormen om ook netbewust energie te gebruiken of te leveren. Een HEMS is gewenst voor de gebruiker om apparaten automatisch aan te kunnen sturen en gebruik, opslag en teruglevering te kunnen optimaliseren. Met name in het buitenland, waar alternatieve nettarieven al gangbaar zijn, worden HEMS'en al op grotere schaal toegepast.
- Overige oplossingen, zoals een **lagere capaciteit omvormer (Oplossing 1.1)** en **instantaan nul-op-de-meter gestuurde dynamische vermogingsbeperking (Oplossing 1.4)** zijn makkelijker in te voeren en kunnen wellicht aanvullende verlichting bieden op de kortere en middellange termijn aan huishoudens die nu al problemen ervaren.

Los van specifieke oplossingen doen we de volgende aanbevelingen waar de sector direct al mee kan beginnen:

- Cruciaal bij de gerichte aanpak van netcongestie op laagspanning is het monitoren van de netten op het niveau van de wijktrafo en de netaansluiting (via de slimme meter). Analyse van deze data maakt een proactieve en gerichte aanpak van spanningsproblematiek en netverzwaring mogelijk. Recentelijk zijn netbeheerders hiermee gestart.
- Ook onderstrepen we het belang van het verbeteren van de informatievoorziening over netcongestie en afschakelende zonnepanelen. In 2023 gaven huishoudens via verschillende kanalen aan dat ze behoefte hadden aan meer informatie en dat er ook geluisterd en gehandeld wordt naar hun klachten. Hier ligt een gezamenlijke taak voor alle betrokkenen waaronder de politiek, ACM, netbeheerders, energieleveranciers, en branche- en consumentenorganisaties. Inmiddels geven netbeheerders op hun websites al meer informatie en handelingsperspectief voor huishoudens en installateurs. Leveranciers van omvormers kunnen via hun monitorings-apps huishoudens attenderen op afschakelende zonnepanelen.
- Bij de verdere keuze en uitwerking van maatregelen is het van belang dat de beschreven rechtvaardigheidsprincipes gehanteerd worden om de kosten & baten eerlijk te verdelen en oplossingen toegankelijk en begrijpelijk voor alle huishoudens te houden zodat het draagvlak behouden blijft en iedereen mee kan komen in de energietransitie.

H7 Andere relevante ontwikkelingen en vooruitblik

Andere relevante ontwikkelingen (niet onderzocht in deze studie):

- Energie delen – Energiedelen heeft niet als doel het voorkomen van congestie of het helpen van het net. Afhankelijk van ontwerpkeuzes kan energiedelen het probleem deels verergeren of verminderen. Zie ook [Energiedelen, wat is het? - Energy.nl](#)
- Zonnepanelen laten beheren door energieleveranciers als flexibele asset, om daarmee hun kosten voor onbalans te kunnen beperken. In ruil daarvoor kan de klant een vergoeding krijgen. Het afschakelen van zonnepanelen zou de leverancier kunnen aanbieden aan klanten die nu met overspanning te maken hebben. Verschillende energieleveranciers en netbeheerders werken al aan deze propositie of voeren eerste pilots uit. Zo vragen Stedin en Eneco huishoudens in een deel van Zeeland om hun zonnepanelen op zonnige dagen af te schakelen, in ruil voor een vergoeding. Stedin wil met deze maatregel storingen en spanningsproblemen op het overbelaste net voorkomen (Omroep Zeeland, 2024), .

Overige aanbevelingen:

- Omdat een aantal oplossingen vereisen dat omvormers en andere flexibele assets aanstuurbaar zijn, raden we aan om gestandaardiseerde interfaces te definiëren om assets aan te sturen. Dit stimuleert de ontwikkeling van ‘slimme’ oplossingen als 1.4, 1.5, 1.6 en van HEMS-en, en is in bredere zin een belangrijke aspect bij de ontsluiting van flexibiliteit bij eindgebruikers om netcongestie te verlichten en de energie- en vermogensbalans te handhaven.

Referenties

Autoriteit Consument & Markt. (2023). *Ontwerp codebesluit eisen overspanningsbeveiliging*. Geraadpleegd op 13 november 2023, van <https://www.acm.nl/nl/publicaties/ontwerp-codebesluit-eisen-overspanningsbeveiliging>

Autoriteit Consument & Markt. (2024). *Intrekking voorstel codewijziging eisen overspanningsbeveiliging*. Geraadpleegd op 5 November 2024, van [Intrekking voorstel codewijziging eisen overspanningsbeveiliging | ACM.nl](https://www.acm.nl/nl/publicaties/intrekking-voorstel-codewijziging-eisen-overspanningsbeveiliging)

Autoriteit Consument & Markt. (2024a). *Netcode elektriciteit*. Wetten.overheid.nl. Geraadpleegd op 23 oktober 2024, van <https://wetten.overheid.nl/jci1.3:c:BWBR0037940&z=2024-10-01&g=2024-10-01>

Autoriteit Consument & Markt. (2024b, 15 augustus). *ACM doet nader onderzoek naar kosten en vergoeding zonnestroom*. Geraadpleegd op 24 oktober 2024, van <https://www.acm.nl/nl/publicaties/acm-doet-nader-onderzoek-naar-kosten-en-vergoeding-zonnestroom>

Autoriteit Consument & Markt. (2024c, 17 oktober). *Eerlijke verdeling kosten elektriciteitsnet nog belangrijker door verwachte forse stijging nettarieven*. Geraadpleegd op 24 oktober 2024, van <https://www.acm.nl/nl/publicaties/acm-eerlijke-verdeling-kosten-elektriciteitsnet-nog-belangrijker-door-verwachte-forse-stijging-nettarieven>

Autoriteit Consument & Markt. (2024d, 17 september). *Ontwikkeling netkosten tot en met 2050 en de kostenverdeling via nettarieven*. Geraadpleegd op 24 oktober 2024, van <https://www.acm.nl/system/files/documents/ontwikkeling-netkosten-tot-en-met-2050-en-de-kostenverdeling-via-nettarieven.pdf>

Autoriteit Consument & Markt. (2024e, 21 oktober). *ACM steunt het uitgangspunt om netkosten eerlijker te verdelen over kleinverbruikers*. Geraadpleegd op 24 oktober 2024, van <https://www.acm.nl/nl/publicaties/acm-steunt-het-uitgangspunt-om-netkosten-eerlijker-te-verdelen-over-kleinverbruikers>

Berenschot. (2024, 21 oktober). *Verkenning alternatief nettariaf kleinverbruik*. Geraadpleegd op 24 oktober 2024, van <https://www.berenschot.nl/media/g0opsxqh/eindrapport-verkenning-alternatief-nettarief-kleinverbruik-berenschot.pdf>

CE Delft. (september 2024). *Achtergrondrapport Feitenbasis salderingsregeling zonne-energie*. Geraadpleegd op 24 oktober 2024, van https://ce.nl/wp-content/uploads/2024/09/CE_Delft_230470_Achtergrondrapport_Feitenbasis_salderingsregeling_zonne-energie_Def.pdf

Elektriciteitswet 1998 (2024). Geraadpleegd op 24 oktober 2024, van <https://wetten.overheid.nl/jci1.3:c:BWBR0009755&z=2024-01-01&g=2024-01-01>

Fluvius. (z.d.). *Wat met uitvallende omvormers?* Geraadpleegd op 24 oktober 2024, van <https://www.fluvius.be/nl/groene-energie/zonnepanelen-geïnstalleerd/storing-schade/uitval-omvormer>

Growatt. (z.d.) *Export Limitation Solution*. Geraadpleegd op 24 oktober 2024, van <https://growattinverters.com/Export-Limitation-Solution.html>

Jenkins, K., McCauley, D., Heffron, R., Stephan, H., & Rehner, R. (2016). Energy justice: A conceptual review. *Energy Research & Social Science*, 11, p.174-182. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.10.004>

Liander. (2023, 10 juli). *Huishoudens kunnen vaker opgewekte zonnestroom niet kwijt*. Geraadpleegd op 14 november 2024, van <https://www.liander.nl/over-ons/nieuws/2023/huishoudens-kunnen-vaker-opgewekte-zonnestroom-niet-kwijt>

Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. (2024a). *Actieagenda Netcongestie Laagspanningsnetten*. Geraadpleegd op 23 oktober 2024, van <https://open.overheid.nl/documenten/61058b9c-a3ea-424b-ab03-d7843a635d86/file>

Netbeheer Nederland. (2021). *Het Energiesysteem van de Toekomst*. Geraadpleegd op 24 oktober 2024, van https://www.netbeheernederland.nl/sites/default/files/Samenvatting_rapport_Het_Energiesysteem_van_de_toekomst_198.pdf

Netbeheer Nederland (2022). *Factsheet tips & tricks bij spanningsproblemen door zonnepanelen*. Geraadpleegd op 23 oktober 2024, van <https://www.netbeheernederland.nl/publicatie/factsheet-tips-tricks-bij-spanningsproblemen-door-zonnepanelen>

Netbeheer Nederland. (2023a, 30 juni). *Het energiesysteem van de toekomst: de I13050-scenario's*. Geraadpleegd op 24 oktober 2024, van <https://www.netbeheernederland.nl/publicatie/rapport-ii3050-scenarios>

Netbeheer Nederland. (2023b, 1 november). *Investeringsprognoses tot 2030*. Geraadpleegd op 24 oktober 2024, van <https://www.netbeheernederland.nl/publicatie/investeringsprognoses-tot-2030>

Omroep Zeeland. (2024, 22 augustus). *Landelijke primeur in Zeeland: Stedin en Eneco vragen zonnepanelen uit te zetten*. Geraadpleegd op 20 november 2024, van <https://www.omroepzeeland.nl/nieuws/16762064/landelijke-primeur-in-zeeland-stedin-en-eneco-vragen-zonnepanelen-uit-te-zetten>

Radar. (2023a). *85% zonnepaneelbezitters onbekend met uitschakelen omvormer bij zonnig weer*. Geraadpleegd op 5 december 2024, van <https://radar.avrotros.nl/artikel/85-zonnepaneelbezitters-onbekend-met-uitschakelen-omvormer-bij-zonnig-weer-54818>

Radar. (2023b, 18 september). *Zo weet je of de omvormer van jouw zonnepanelen uitschakelt*. Geraadpleegd op 14 november 2024, van <https://radar.avrotros.nl/artikel/zo-weet-je-of-de-omvormer-van-jouw-zonnepanelen-uitschakelt-54827>

Solar Concept. (z.d.). *Onder- en overdimensioneren van omvormer*. Geraadpleegd op 24 oktober 2024, van <https://www.solarconcept.nl/artikel/onder-en-overdimensioneren-omvormer>

SMA (z.d.). *Dimensioneren van een zonnestroominstallatie*. Geraadpleegd op 24 oktober 2024. [Dimensioneren van een zonnestroominstallatie | SMA Benelux](#)

TNO (2023, 15 augustus). *Afschakelende zonnepanelen: hoe de lasten rechtvaardig te verdelen*. Geraadpleegd op 23 oktober 2024, van <https://publications.tno.nl/publication/34641214/f0BV4J/TNO-2023-M11542.pdf>

Tweede Kamer der Staten-Generaal. (2024, 18 januari). *Brief van de regering aan de Tweede Kamer*. Geraadpleegd op 3 december 2024, van https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven_regering/detail?id=2024Z00509&did=2024D01251

Tweede Kamer der Staten-Generaal. (2024, 23 mei). *Motie van het lid Erkens c.s. over na het afbouwen van de salderingsregeling direct stoppen met het in rekening brengen van terugleverkosten en andere heffingen voor zonnepanelen*. Geraadpleegd op 24 oktober 2024, van <https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/moties/detail?id=2024Z08941&did=2024D21001>

Zonnedimmer. (z.d.). *Zonnedimmer*. Geraadpleegd op 24 oktober 2024, van <https://www.zonnedimmer.nl/>

Zonnefabriek. (z.d.). *Onderdimensioneren van omvormers*. Geraadpleegd op 24 oktober 2024, van <https://www.zonnefabriek.nl/faq/onderdimensioneren-van-omvormers>

Appendix A: Beoordelingsraamwerk met toelichting per sub-criterium

Criteria en sub-criteria	Toelichting
Effectiviteit	
Effectiviteit	In hoeverre voorkomt de oplossing dat omvormers afschakelen?
Vermindert het ook netcongestie?	Wat is de impact op netcongestie (positief bijeffect)?
Kwaliteit geborgd?	Is de kwaliteit van implementatie (bijv. indien door installateurs of huishoudens zelf) voldoende geborgd?
Rechtvaardigheid	
Procedurele rechtvaardigheid	Gelijke toegang (transparantie) tot begrijpelijke informatie en procedures, was er inspraak, etc.. Ook inclusiviteit: herkent de oplossing bijv. automatisch het probleem, of moet de eigenaar actief handelen.
Verdelende rechtvaardigheid	Eerlijke verdeling van kosten en baten waarbij de ongelijkheid niet verder wordt vergroot.
Erkende rechtvaardigheid	Erkenning van de problematiek en benadeelden (als groep maar ook als individu), inclusief op zoek gaan naar oplossingen.
Technische haalbaarheid	
Bredere toepasbaarheid	In hoeverre is deze oplossing alleen toepasbaar voor PV in combinatie met congestie? Een oplossing die ook voor andere apparaten en toepassingen (zoals b.v. handhaven van energiebalans) gebruikt kan worden heeft de voorkeur.
Toekomstbestendigheid	Is de gekozen oplossing ook op de lange termijn (10 - 20 jaar) nog relevant en bruikbaar.
Veiligheid (fysiek en digitaal)	Worden er additionele risico's geïntroduceerd bij het toepassen van de gekozen oplossing? Het kan hierbij zowel gaan om fysieke risico's (b.v. verhoogd risico op brand) als om cybersecurity risico's (b.v. grotere gevoeligheid voor hacken).

Criteria en sub-criteria (vervolg)	Toelichting
Financieel	
Kosten en baten voor maatschappij	Hoe groot zijn de maatschappelijke kosten die nodig zijn om de oplossing te realiseren (CAPEX en OPEX). Bijv. investeringen door netbeheerders of private partijen.
Kosten en baten voor gebruiker	Hoe hoog is de financiële bijdrage (CAPEX en OPEX) van PV gebruikers voor de oplossing. Worden deze kosten gecompenseerd door baten die de oplossing oplevert?
Levensvatbaar businessmodel	Wanneer er bij de gekozen oplossing sprake is van een businessmodel, is dit voor alle stakeholders levensvatbaar op de langere termijn?
Niet-financiële aspecten	
Ruimtebeslag	Heeft de gekozen oplossing extra (publieke) ruimte (bovenop bestaande PV installaties en/of netwerk infrastructuur) nodig om gerealiseerd te worden?
impact op milieu of klimaat	In hoeverre heeft de gekozen oplossing impact op het milieu of klimaat (bovenop bestaande PV installaties en/of netwerk infrastructuur). Ook de indirecte impact meenemen, zoals betere integratie van hernieuwbare opwek.
Juridische haalbaarheid	
Past het binnen de regelgeving?	Past de oplossing binnen de Europese richtlijnen en normen, de nieuwe Energiewet, Codes Elektriciteit?
Handhaafbaarheid	Bij nieuwe regels: is de uitvoering te controleren en af te dwingen?
Draagvlak	
Politiek	
Maatschappelijk	
Netbeheerders	
Energieleveranciers	
Leveranciers van PV installaties	
Consumenten	Dit zien we als de huishoudens met PV
Volwassenheid	
Tijd benodigd tot implementatie	Hoe snel kan de gekozen oplossing gerealiseerd worden gelet op de technische en juridische volwassenheid en draagvlak?