



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland

Handreiking energieopslag en netinpassing voor installateurs zonnestroom

Bijlage I van het Handboek Zonne-energie

In opdracht van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Handreiking energieopslag en netinpassing voor installateurs zonnestroom

Bijlage I van het Handboek Zonne-
energie

Deze handreiking is gemaakt in opdracht van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, samen met een contactgroep van diverse marktpartijen. Een overzicht van deelnemers aan de contactgroep is opgenomen in bijlage G.

Afkortingen en begrippenlijst

AC	Wisselstroom
ACM	Autoriteit Consument en Markt
BMS	Batterij Management Systeem
Brandveiligheid	Brandveiligheid wordt bepaald door de mate waarin het gevaar voor het ontstaan en uitbreiden van brand en de schadelijke gevolgen (persoonlijk ongevallen) daarvan worden voorkomen dan wel beperkt.
C-Rate	<p>De C-rate is een kenmerk van opslagsystemen om de snelheid van een systeem aan te duiden. De C-rate wordt bepaald als de verhouding tussen nominaal vermogen en nominale capaciteit.</p> $C - rate = \frac{\text{Vermogen in kW}}{\text{Capaciteit in kWh}}$ $C - rate = \frac{1}{\text{ontlaad duur in uren}}$
Certificaat	Het document waarin de certificerende instelling de verklaring maakt dat een product, proces, systeem of persoon voldoet aan vooraf gestelde eisen. Als verzamelbegrip wordt hiervoor ook wel de term 'kwaliteitsverklaringen' gehanteerd.
Curtailment	In elektriciteitsgeneratoren (zoals zonnepanelenomvormers) van het elektriciteitsnet is inperking de opzettelijke vermindering van de output tot onder wat had kunnen worden geproduceerd om vraag en aanbod van energie in evenwicht te brengen of als gevolg van transmissiebeperkingen.
DC	Gelijkstroom
Demand Response	Sturen van verbruik op basis van externe parameters als energieprijs.
EMS	Energie Management Systeem
EPS	Emergency Power Supply, uitgang op de batterijomvormer die onder spanning staat indien de netspanning uitvalt (mits noodstroom functie aan staat).
EOS	Energie Opslag Systeem
IFV	Instituut Fysieke Veiligheid
kW	Eenheid van vermogen. Het vermogen (in kW) is het vermogen dat de batterij gedurende lange tijd kan laden of ontladen.
kWh	Capaciteit/energie-inhoud. De nominale capaciteit (in kWh) van een batterij is gelijk aan het nominale vermogen vermenigvuldigd met de ontlaadduur (in uren).

LS	Laagspanning, alles onder de 1000 volt wisselspanning. Vaak spreken we over 230 of 400 volt als we over laagspanning praten.
Modules	Batterijmodules, een batterij is vaak opgebouwd uit meerdere modules. Elke module heeft een vooraf bepaald gewicht en energie-inhoud.
MS	Middenspanning, een spanningsniveau groter dan 1 kV, maar kleiner dan of gelijk aan 35 kV. Dit is de spanning die de lokale netbeheerders veel gebruiken in hun netten voor transport van elektriciteit.
RfG	De Europese Netwerkkode RfG (“Requirements for Generators”) beschrijft een aantal eisen waaraan elektriciteitsproductie-eenheden moeten voldoen, wanneer deze aangesloten worden op het openbare elektriciteitsnetwerk. De eisen in de RfG gelden voor eenheden waarvan het belangrijkste onderdeel aangeschaft is na 27 april 2019. https://www.entsoe.eu/network_codes/rfg/
SoC	State of Charge, de mate waarin een batterij vol zit.
SLD	Lijndiagram van de elektrische installatie.
TN/TT	Aardingssystemen, bij een TT-stelsel heeft de gebruiker een eigen aardpen. Bij een TN-stelsel wordt deze aangeleverd door de netbeheerder.
Vraagsturing	Het elektriciteitsnetwerk werkt met een frequentie van 50 Hz, zoals we in Europa met elkaar hebben afgesproken. Handhaven van deze frequentie betekent dat vraag en aanbod met elkaar in balans moeten zijn. Wanneer de daadwerkelijke elektriciteitsproductie en afname niet (goed) overeenstemmen, moet worden ingegrepen om ervoor te zorgen dat de balans tussen vraag en aanbod wordt hersteld. Bijvoorbeeld door het op- of afregelen van productie-eenheden of het bij- of afregelen van verbruik. Landelijk netbeheerder TenneT kan hiervoor verschillende middelen inzetten om de balans in het net te herstellen. Dit wordt vraagsturing genoemd.
Zelfconsumptie	Zelf (direct) verbruiken van opgewekte zonnestroom.

Inhoud

Afkortingen en begrippenlijst.....	2
Inhoud	4
1 Inleiding.....	7
1.1 Waarom netinpassing?.....	7
1.2 Waarom energieopslag?	7
1.3 Scope van deze handreiking.....	8
2 Netinpassing zonnestroomsysteem	9
2.1 Verkennen transportcapaciteit	9
2.2 Zelfconsumptie.....	9
2.3 Ontwerp PV-installatie	9
2.4 Alternatieve opstelling	11
2.5 Passieve vermogensbegrenzing	11
2.6 Actieve vermogensbegrenzing	13
2.7 Zon, wind en opslag achter dezelfde aansluiting	13
2.8 Directe Lijn.....	13
2.9 Flexibiliteit en balanceringsdiensten.....	14
2.10 Energieopslag	14
3 Toepassingen van energieopslag	14
3.1 Vergroten eigen gebruik zonnestroom	15
3.2 Piekverlaging energieopwek	15
3.3 Piekverlaging energievraag	15
3.4 Noodstroom (UPS-vervanging).....	15
3.5 Diensten voor netbeheerders	15
3.6 Beurshandel.....	16
4 Toepassingskeuze en systeemdimensionering	16
4.1 Inventarisatie toepassingen	16
4.2 Dimensionering	17
4.3 Systeemkeuze.....	18
4.4 Batterijspecificaties	18
4.5 Haalbaarheidsanalyse.....	18
4.6 Koppeling en sturing.....	19
4.7 Conclusies over toepassingen van energieopslag	19
5 Ontwerp en realisatie energieopslagsysteem.....	20
5.1 Eisen aan omvormers	20
5.2 Positie van energieopslagsysteem	21

5.3	Installatiehandreikingen.....	21
5.3.1	Mechanische installatie.....	21
5.3.2	Elektrische installatie.....	22
5.4	Use cases en bijbehorende installatieconcepten.....	22
5.4.1	Verhogen zelfconsumptie zonnestroom.....	22
5.4.2	Peakshaven van opwek en/of verbruik.....	23
5.4.3	Noodstroom.....	23
5.4.4	Congestie management/onbalanshandel.....	24
5.5	Aarding en vereffening.....	24
5.6	Bliksembeveiliging.....	25
5.6.1	De noodzaak tot het aanbrengen van een externe bliksembeveiliging.....	26
5.6.2	Bescherming tegen overspanning.....	26
5.7	Lekstromen.....	27
5.8	Kabelselectie en berekening.....	28
5.8.1	Spannings- en vermogensverlies aan DC-zijde.....	28
5.8.2	Spannings- en vermogensverlies aan AC-zijde.....	29
5.9	Faseonbalans.....	30
6	Oplevering, beheer en onderhoud, einde levensduur.....	33
6.1	Oplevering.....	33
6.2	Overdracht.....	33
6.3	Beheer en onderhoud.....	33
6.4	Einde levensduur.....	33
Bijlage A	Normenoverzicht.....	35
A.1	Vergunningsplicht.....	35
A.2	Installatienormen.....	35
A.3	Productnormen voor batterijen en batterijsystemen.....	35
A.4	Productnormen voor omvormers.....	36
Bijlage B	Beschrijving van diensten voor netbeheerders.....	37
B.1	FCR.....	37
B.2	FRR.....	37
B.3	GOPACS.....	37
Bijlage C	Beschrijving van energiebeurs diensten.....	37
C.1	Day-Ahead Market.....	37
C.2	Intraday Market.....	38
C.3	Onbalansmarkt.....	38
C.4	Meer informatie over markten.....	38

Bijlage D	Opslagvormen	39
D.1	Elektrochemische opslag.....	39
D.1.1	Batterijen	39
D.1.2	Flowbatterijen	40
D.2	Elektrische opslag.....	40
D.2.1	Condensatoren	40
D.2.2	Superconducting magnetic energy storage (SMES)	40
D.3	Chemische opslag	40
D.3.1	Power-to-gas	40
D.3.2	Waterstof.....	40
D.4	Thermische opslag.....	40
D.4.1	Ondergrondse thermische energieopslag	40
D.4.2	Putopslag	41
D.4.3	Vast medium-opslag.....	41
D.4.4	Faseovergangsmateriaal.....	41
D.4.5	Warm- en koudwateropslag in tanks	41
D.4.6	Gesmolten zout	41
D.5	Mechanische opslag	41
D.5.1	Vliegwiel	41
D.5.2	Samengeperste lucht CAES/LAES	41
D.5.3	Pompcentrale	41
Bijlage E	PGMD-formulier	43
Bijlage F:	Prijsontwikkeling batterijsystemen.....	44
F.1	Batterijpakket.....	44
F.2	Batterijvormer en installatiekosten	44
Bijlage G:	Samenstelling contactgroep.....	45

1 Inleiding

Van installateurs verwacht de markt steeds meer dat zij klanten kunnen adviseren over de netinpassing van zonnestroom-installaties in combinatie met optionele energieopslag. En ook dat zij deze kunnen aansluiten.

De vraag naar goede inpassing van duurzaam opgewekte elektrische energie is groeiende. Vooral van belang door de groei van zonnestroom in onze energiemix en onvoldoende capaciteit bij netbeheerders en in het elektriciteitsnet om alles (tijdig) aan te sluiten. Congestiegebieden zijn gebieden in Nederland waar levering en/of teruglevering (tijdelijk) niet mogelijk is. Dit aantal groeit. Op zonnige dagen kunnen zonnepaneleigenaren te maken krijgen met uitvallende omvormers door spanningsopdrijving. Verlaging van energiebelasting, afbouw van de salderingsregeling zorgen dat ook bij kleinverbruikers een nieuw verdienmodel voor netinpassing en opslag ontstaat. Voor grootverbruik aansluitingen is er vanuit de sector al de afspraak van lagere aansluitwaarden, mogelijk wordt die ook in de SDE++ ingevoerd waardoor niet alle stroom op elk moment aan het net geleverd mag worden.

1.1 Waarom netinpassing?

Netinpassing betekent het op zo'n efficiënt en veilig mogelijke manier ontwerpen en aansluiten van de pv-installatie op het elektriciteitsnet. Door onvoldoende beschikbaarheid en capaciteit van het elektriciteitsnet is de netinpassing steeds vaker een complexe zaak.

Zowel in het elektriciteitsnet als in de installatie van klanten groeien de pieken van vraag en aanbod. Om vraag en aanbod te balanceren, is stuurbaar vermogen nodig. Bijvoorbeeld om pieken op de netaansluiting te verkleinen. Een tekort aan energie door te grote vraag is op te lossen door de vraag te verkleinen of door meer energie te produceren, en vice versa.

Vraagsturing is het aansturen van grote energieverbruikers, zoals laadpalen en warmtepompen. Bedoeld om vraag en aanbod op elkaar af te stemmen. Maar vraagsturing heeft beperkingen: als er geen auto of een auto met een dringende laadbehoefte is aangesloten, is er geen flexibiliteit beschikbaar vanuit slim laden. Als het zeer koud of zeer warm is, zijn warmtepompen niet inzetbaar om overschotten op te nemen of tekorten te verkleinen.

Aanbodsturing is het aansturen van productie-installaties. Duurzame of fossiele bronnen worden afgeschakeld om een overschot op te lossen. Dit noemen we ook wel afschakeling of curtailment. Maar aanbodsturing heeft beperkingen: een kolencentrale is niet zomaar volledig uit te schakelen. Het afschakelen van duurzame energie is een oplossing om overschotten te compenseren. Echter, dit gaat ten koste van schaarse duurzame energie.

1.2 Waarom energieopslag?

Energieopslag is een vorm van flexibiliteit in een duurzaam energiesysteem. Functioneel kan energieopslag zowel aanbodsturing als vraagsturing leveren. Een batterij is ten alle tijden beschikbaar om zijn flexibiliteitsfunctie uit te oefenen. Een batterij heeft namelijk geen primaire functie zoals het warmhouden van een gebouw. Hierdoor zijn batterijen, in tegenstelling tot vraagsturing en aanbodsturing, altijd beschikbaar voor het uitoefenen van hun flexibiliteitsfunctie.

Balans	Vraagsturing	Aanbodsturing	Energieopslag
Energie over	Vergroot vraag	Verklein aanbod	Laden
Energie tekort	Verklein vraag	Vergroot aanbod	Ontladen

Vermogen = Vermogen

Het maakt voor het energiesysteem (of een installatie) niet uit of balansproblemen worden opgelost door middel van aanbodsturing of vraagsturing. Opslag is meestal niet de goedkoopste oplossing, maar wel de meest betrouwbare oplossing van de verschillende vormen van flexibiliteit.

1.3 Scope van deze handreiking

Energieopslagsystemen (EOS) zijn op alle schalen en voor vele toepassingen inzetbaar. Deze handreiking spitst zich toe op zonnestroomprojecten tot 1 MWp met:

1. **Kleine (tot 20 kWh) tot middelgrote (20 tot 500 kWh) energieopslagsystemen** die gerealiseerd worden om de toenemende vermogens in installaties op LS- en de kleinere MS-aansluitingen in te passen. Steeds vaker sturen klanten vragen de toepassing van deze relatief kleine systemen. Denk hierbij aan het verhogen van zelfconsumptie of voorkomen van spanningsopdriving en uitvallende omvormers.
2. **Batterijsystemen** zijn de meest gangbare soort energieopslag. De systemen waar deze handreiking over gaat zijn vooral gericht op netinpassing. Batterijen zijn hier zeer geschikt voor.
3. De handreiking is vooral bedoeld om batterijsystemen voor **netinpassing** te installeren. Deze sectie licht aanvullende diensten, waarmee een batterij extra inkomsten kan genereren, kort en bondig toe.

De toepassing bepaalt de grootte van het energieopslagsysteem. Deze grootte is niet per se gekoppeld aan de grootte van het zonnestroomsysteem.

2 Netinpassing zonnestroomsysteem

Netinpassing van duurzame opwek wordt een steeds belangrijker onderdeel van het werk van installateurs. Grote aanjagers zijn de fysieke krapte op de bestaande infrastructuur en de vraag naar meer vermogen op kleine aansluitingen. Er zijn al veel praktische oplossingen beschikbaar om spanningsopdrijving te voorkomen. Denk hierbij aan dynamische vermogensregelingen. Deze reduceren automatisch het opgewekte vermogen in twee situaties: als het totale teruggeleverde vermogen te dicht bij het maximale punt van de aansluiting of het gecontracteerde terugleververmogen komt én bij het aanzetten van lokale verbruikers op piekmomenten. Dit hoofdstuk beschrijft het belang van netinpassing en welke oplossingsrichtingen er zijn. Belangrijk aandachtspunt is dat we altijd meerdere oplossingen combineren om het bestaande net optimaal te benutten.

2.1 Verkennen transportcapaciteit

Verken als installateur of er (voldoende) capaciteit beschikbaar is in het elektriciteitsnet. Dit kan met de capaciteitskaart van de netbeheerders¹. Is in gebieden sprake van congestie? Dan geeft de netbeheerder geen nieuwe transportcapaciteit meer af, totdat de capaciteit van het elektriciteitsnet door de netbeheerders structureel is uitgebreid. Dit geldt zowel voor geplande als gerealiseerde uitbreiding. Het aanvragen van een transportindicatie is een randvoorwaarde voor de SDE++- en de SCE-regeling. Het is belangrijk om vooraan in het traject de lokale netbeheerder en gemeente over uw initiatief te informeren.

2.2 Zelfconsumptie

Een goede vorm van netinpassing is zelfconsumptie. De zonnestroominstallatie wordt geplaatst op een plek waar ook een verbruiker actief is. In dit geval is een deel van de netinpassing afhankelijk van de flexibiliteit van een deel van óf alle verbruikers. Is het mogelijk om de processen zo in te richten dat het verbruiksprofiel meeloopt met het opwekprofiel? Hier zal ongetwijfeld geen 100% overlap in zitten, maar het kan wel het vraagstuk over netinpassing verkleinen.

2.3 Ontwerp PV-installatie

Vanzelfsprekend is de energieopbrengst van een zonne-energiesysteem afhankelijk van de instraling op het paneeloppervlak. Echter, dat is niet altijd de belangrijkste indicator. Het draait bij de engineering van een zon-pv-installatie niet om het maximaliseren van de opbrengst. Het gaat juist om het zo goed mogelijk inpassen binnen het energiesysteem. Optimaliseren van de opbrengst is ook niet hetzelfde als het optimaliseren van de business case. De keuze voor de hellingshoek en oriëntatie is afhankelijk van externe factoren. Evenals het verbruiksprofiel van de gebruiker waar de installatie bij is aangesloten en het vraagstuk van de netinpassing. Onderstaande afbeelding geeft de definitie grafisch weer.

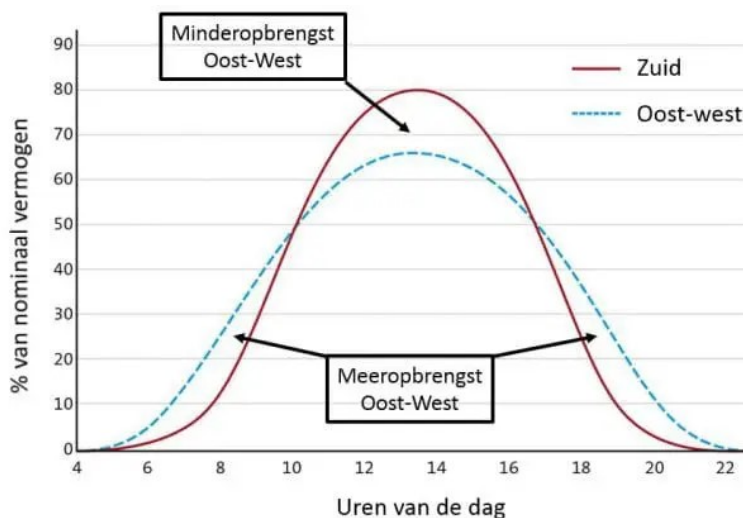
¹ <https://capaciteitskaart.netbeheernederland.nl/>

		Oriëntering (afwijking in graden van zuiden)																		
		zuid		zuidoost/zuidwest						oost/west		noordoost/zuidwest						noord		
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
Dakhelling	0	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%
	10	93%	93%	93%	92%	92%	91%	90%	89%	88%	86%	85%	84%	83%	81%	81%	80%	79%	79%	79%
	20	97%	97%	97%	96%	95%	93%	91%	89%	87%	85%	82%	80%	77%	75%	73%	71%	70%	70%	70%
	30	100%	99%	99%	97%	96%	94%	91%	88%	85%	82%	79%	75%	72%	69%	66%	64%	62%	61%	61%
	40	100%	99%	99%	97%	95%	93%	90%	86%	83%	79%	75%	71%	67%	63%	59%	56%	54%	52%	52%
	50	98%	97%	96%	95%	93%	90%	87%	83%	79%	75%	70%	66%	61%	56%	52%	48%	45%	44%	43%
	60	94%	93%	92%	91%	88%	85%	82%	78%	74%	70%	65%	60%	55%	50%	46%	41%	38%	36%	35%
	70	88%	87%	86%	85%	82%	79%	76%	72%	68%	70%	58%	54%	49%	44%	39%	35%	32%	29%	28%
	80	80%	79%	78%	77%	75%	72%	68%	65%	51%	56%	51%	47%	42%	37%	33%	29%	26%	24%	23%
	90	69%	69%	69%	67%	65%	63%	60%	56%	53%	48%	44%	40%	35%	31%	27%	24%	21%	19%	18%

Figuur 1: instralingsdiagram ©Henry Lootens.

2.4 Alternatieve opstelling

Kies voor een alternatieve opstelling, in plaats van een 'traditionele' zuid-opstelling. Houd er echter rekening mee dat niet elk dak geschikt is voor alternatieve opstellingen. Bij een alternatieve opstelling zoals oost-west wekt de installatie veel gelijkmatiger elektriciteit op. Hiermee voorkomt u een hoge piek in productie. Met een lagere piekproductie volstaat u met een kleinere aansluiting op het elektriciteitsnet en een lagere transportcapaciteit. Let er bij een alternatieve opstelling op dat dit wel consequenties heeft voor de bekabeling. Elke afwijkende oriëntatie moet op een eigen bekabeling en MPPT (maximum powerpoint tracker) aangesloten worden. Check in de datasheet van de omvormer of dit het geval is. Hierdoor kunt u met dunnere bekabeling werken want het vermogen wordt gedeeld. Om een optimale werking te garanderen is het van belang niet verschillende oriëntaties op 1 MPPT aan te sluiten.



Figuur 2: opbrengstverschil en impact op totaal vermogen oost-west versus zuid.

2.5 Passieve vermogensbegrenzing

Dimensioneer het vermogen van de omvormers niet op 100% van het totale vermogen van het zonnestroomsysteem. Neem in het engineeringproces het curtailment mee bij het uitrekenen van de business case. Hierbij is het ook belangrijk of er eigen verbruik is op de locatie. Binnen het convenant 'Zon Betaalbaar op het Net'² van Netbeheer Nederland en Holland Solar is afgesproken dat nieuwe zonnestroomsystemen worden aangesloten op een aansluiting met een aansluitcapaciteit van maximaal 70% van het piekvermogen van het zonnestroomsysteem. Vaak blijkt uit het engineeringproces dat lager ook financieel aantrekkelijk is. Voor de SDE++-ronde van 2022 wordt een (additioneel) gecontracteerd terugleververmogen van maximaal 50% verplicht voor projecten vanaf 1 MWp. Onderzocht wordt of een inperking van terugleververmogen ook voor systemen kleiner 1 MWp ingevoerd kan worden. Een inperking terugleververmogen betekent dat op piekmomenten niet alle productie aan het net geleverd mag worden. Neem dit mee in de opbrengstberekening, ook bij kleinere installaties. Vooral alternatieve opstellingen zijn gebaat bij een curtailment van 50%. Dit heeft een positief effect op het uitwerken van de business case. Bij kleinere omvormers ten opzichte van het opgestelde piekvermogen wordt de capaciteit van de omvormers veel efficiënter gebruikt. Berekeningen van PBL laten zien dat een zonnestroominstallatie aansluiten

² <https://www.netbeheernederland.nl/nieuws/netbeheerders-en-zonsector-slaan-handen-ineen-1414>

op 50% van het PV piekvermogen (i.p.v. de gebruikelijke 70%) resulteert in een opbrengstverlies van 4% tot 6% in energie³.

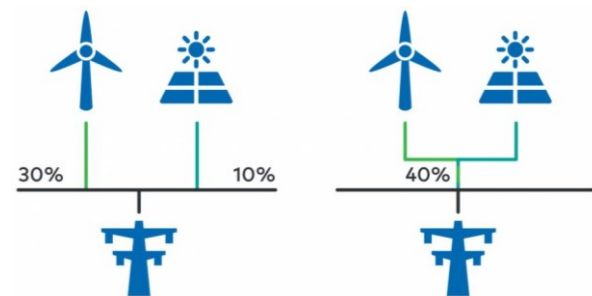
³ <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2022-zon-pv-op-een-kleinere-netaansluiting-4909.pdf>

2.6 Actieve vermogensbegrenzing

Het vermogen dat een omvormer afgeeft aan het net kan in veel gevallen actief worden geregeld, zeker bij de grotere commerciële omvormers. Dit maakt het mogelijk om het vermogen dusdanig in te stellen dat slechts beperkt, of helemaal geen, capaciteit gevraagd wordt van het net. Het verschil met een passieve begrenzing is dat er hierbij (real-time) rekening gehouden kan worden met het verbruik op de locatie zelf. Oftewel; het systeem kan zo ingesteld worden dat er bijvoorbeeld wel geproduceerd wordt ter compensatie van het eigen verbruik, maar niet voor het stroomnet. Dit werkt vooral goed voor locaties die een hoog 'basis' energieverbruik hebben, of die qua verbruiksprofiel goed passen bij het opwekprofiel van zonnepanelen. De toepassing van actieve vermogensbegrenzing bestaat reeds geruime tijd, is relatief goedkoop te realiseren en eventueel later nog aan te passen. Er zijn een aantal kleine technische ingrepen nodig om de real-time data over het verbruik beschikbaar te krijgen, en om vervolgens deze data te koppelen aan een aansturingprogramma van de omvormer(s). Wel is het van belang bij de dimensionering van de verdeler rekening te houden met de maximale stroom die er kan gaan lopen in de installatie. Die kan dus groter zijn dan de netaansluiting.

2.7 Zon, wind en opslag achter dezelfde aansluiting

In gebieden waar congestie is of dreigt, kunt u verkennen of u een al bestaande aansluiting op het elektriciteitsnet kunt delen. In het geval van meerdere bronnen op één aansluiting maakt u gebruik van een al aanwezige aansluiting en transportcapaciteit. Als de wind waait, schijnt de zon meestal niet. En andersom: op een zonovergoten dag waait het vaak niet. Het gevolg is dat de energie-infrastructuur niet volledig wordt gebruikt. Een windmolenpark benut gemiddeld 30% van het beschikbare vermogen op een maximaal gedimensioneerde netaansluiting en een zonnepark benut slechts 10%. Hier liggen enorme kansen om optimaal gebruik te maken van de energie uit zon en wind.



Figuur 3: zon en wind op één aansluiting.

Het combineren van meerdere opwekkers en opslag achter één aansluiting maakt het mogelijk om nabijgelegen wind- en zonne-installaties slim te koppelen: de energiebronnen worden dan op één netaansluiting aangesloten. Dit benut de capaciteit van de elektriciteitskabel beter. De zon en wind omvormers voegen we zo dicht mogelijk bij de netaansluiting samen.

2.8 Directe Lijn

Het is mogelijk om een zonnestroominstallatie aan te sluiten achter een aansluiting van een andere grootverbruiker, dit kan door middel van een zogeheten 'Directe Lijn'. Het gaat hier dan niet om verbruik achter dezelfde aansluiting als de zonnestroominstallatie (zie hiervoor 2.2 zelfconsumptie), maar om het rechtstreeks (fysiek) leveren van stroom richting een nabijgelegen grootverbruiker. Bij het gebruik van een Directe Lijn is (een deel van) de opgewekte elektriciteit direct te verbruiken; er hoeft minder elektriciteit aan het net geleverd te worden. Wanneer de zakelijke elektriciteitsgebruiker zelf elektriciteit opwekt, en een gedeelte doorlevert, kan er sprake zijn van een net, maar ook van een Directe Lijn. Via een Directe Lijn kan een producent rechtstreeks leveren aan afnemers zonder tussenkomst van het openbare net. Een Directe Lijn is geen net en ook geen installatie. Voor de Directe Lijn gelden minder zware eisen en verplichtingen dan voor een Gesloten distributiesysteem (GDS). Dit kan voor u als zakelijke gebruiker grote voordelen opleveren.

De definitie van Directe Lijn luidt volgens ACM als volgt:

“Eén of meer verbindingen voor het transport van elektriciteit, behoudens voor zover die gelegen is binnen een installatie, die:

1. niet verbonden is met een net of met een andere verbinding voor het transport van elektriciteit en die een geïsoleerde productie-installatie van een producent rechtstreeks verbindt met een geïsoleerde gebruiker van elektriciteit, niet zijnde de producent of;
2. ten hoogste via de installatie van één aangeslotene op de verbinding is verbonden met een net of met een andere verbinding voor het transport van elektriciteit en die een productie-installatie van een producent, met tussenkomst van een leverancier, rechtstreeks verbindt met één of meer gebruikers van elektriciteit, niet zijnde de producent of in hoofdzaak huishoudelijke gebruikers, teneinde te voorzien in de elektriciteitsbehoefte van deze gebruikers.

Wanneer er sprake is van een Directe Lijn moet de producent dit melden bij de Autoriteit Consument en Markt (ACM). De ACM beoordeelt de melding niet inhoudelijk. ACM toetst alleen de door u aangeleverde informatie. Als de melding compleet is, zet de ACM uw melding in het “Register van Directe Lijnen”.

2.9 Flexibiliteit en balanceringsdiensten

Netbeheerders hebben steeds meer baat bij flexibiliteit in zowel opwek als verbruik van elektriciteit. Zonnestroom-installaties met en zonder opslag kunnen flexibiliteit bieden aan netbeheerders. Dit kan door tijdelijk (een deel van de) omvormers af te schakelen of de batterij te laden en daardoor tijdelijk minder tot geen elektriciteit te leveren aan het net. Zie Bijlage B onder B.3. GOPACS in deze handreiking voor de mogelijkheden.

2.10 Energieopslag

Batterijen zijn inzetbaar om duurzame energie op te slaan en uitgesteld terug te leveren of te verbruiken. Een batterij bij een zonnestroomsysteem kan ervoor zorgen dat er tot dubbel zo veel zonnvermogen aansluitbaar is op dezelfde aansluiting. Dit kan verzwaring vermijden en de maandelijkse netbeheerkosten verlagen. In gebieden met een beperkte netcapaciteit kan dit een uitkomst bieden. Let op, als de batterij volgeladen is moet het zonnestroomsysteem automatisch de productie beperken om overbelasting en potentiële uitval van de netaansluiting te voorkomen.

De inzet van batterijen om meer zonnvermogen aan te sluiten biedt technisch perspectief. Echter, er zijn ook overwegingen waardoor een zonnestroomsysteem effectiever gebruik kan maken van de beschikbare netcapaciteit. Met de volgende overwegingen bieden we installateurs en ontwikkelaars van zonnestroominstallaties in (verwachte) congestiegebieden handelingsperspectief.

3 Toepassingen van energieopslag

Er bestaan verschillende toepassingen voor energieopslag. De energietransitie zorgt ervoor dat huishoudens en bedrijven heel anders gebruikmaken van het elektriciteitsnet. Er is een aantal zaken dat voor grote pieken zorgt en waarmee netinpassing niet meer vanzelfsprekend is. Het verzwaren van de netaansluiting is de traditionele oplossing, maar dit is steeds vaker niet meer de beste oplossing. De volgende ontwikkelingen zorgen voor een concrete behoefte aan opslagsystemen als alternatief voor netverzwaring:

- De realisatie van (grootschalige) duurzame energieproductie op het elektriciteitsnet heeft voor netcongestie gezorgd, de netten zijn vol. Vooral zonne-energieprojecten kennen relatief hoge en weinig voorkomende productiepieken.

- De elektrificatie van mobiliteit, warmtevraag en industriële energievraag, maar ook de toenemende koelbehoefte, zorgen voor grote elektrische vraagpieken. Een deel van deze pieken komt zelden voor, maar vereist wel een zware aansluitcapaciteit.

Deze ontwikkelingen in vraag en aanbod lenen zich uitstekend om met batterijen, of eventuele andere vormen van energieopslag, te verhelpen.

3.1 Vergroten eigen verbruik zonnestroom

Momenteel profiteren kleinverbruik-aansluitingen nog van salderen. Echter, deze regeling gaat vanaf 2025 afgebouwd worden. Hiermee ontstaat (geleidelijk) de situatie die voor grootverbruik al geldt: wanneer aan het net teruggeleverde energie op een later moment wordt verbruikt, zijn energiebelasting en ODE-belasting verschuldigd. Als salderen niet (meer) mogelijk is, zijn met batterijen deze heffingen te voorkomen. Een batterij is inzetbaar om het percentage zelf verbruikte zonnestroom te verhogen. Dit noemen we ook wel “load shifting”.

3.2 Piekverlaging energie-opwek

Het met een batterij opslaan van de piek van een zonnestroom-installatie is een methode om te voorkomen dat ‘groene energie’ verloren gaat. Immers, op bepaalde momenten is die niet terug te leveren aan het net door congestie of andere oorzaken. Dit model is erg vergelijkbaar met opslag voor later eigen verbruik, maar is economisch lastiger rond te rekenen. Want de energie die later op de dag in de middag en avond wordt teruggeleverd brengt niet meer op dan midden op de dag. De financiële voordelen zijn in veel gevallen dus te klein om de batterij binnen een redelijke termijn terug te verdienen.

3.3 Piekverlaging energievraag

Bij een scenario waarbij machines, EV-laders en andere belastingen te veel vermogen vragen voor de beschikbare netaansluiting, kan een daarvoor geschikt opslagsysteem het ‘tekort’ aan energie aanvullen. Dit ‘demand peak shaving’ vraagt wel om een specifieke eigenschap van het opslagsysteem; het moet zeer snel, in enige honderden milliseconden, reageren op de snelle stijging van het gevraagde vermogen. Een te traag reagerend systeem kan het benodigde vermogen niet snel genoeg aanvullen waardoor alsnog de (hoofd)zekeringen of automaten defect raken. Check dus dat de batterij snel genoeg reageert.

De economische haalbaarheid is afhankelijk van de aanschafprijs van dit systeem en de kosten die gepaard gaan of te besparen zijn op het gecontracteerde vermogen voor piekbelastingen op het net. Eveneens telt mee de tijd die de netbeheerder nodig heeft om een netverzwaring door te voeren. Vooral bedrijven die in een huurpand zitten, kunnen moeite hebben deze investeringen te rechtvaardigen tegenover een systeem dat mee te nemen is naar een nieuwe (huur)locatie.

3.4 Noodstroom (UPS-vervanging)

Batterijen zijn inzetbaar om noodstroom te leveren voor kritieke processen. Een moderne batterij is bruikbaar voor vervanging of uitbreiding van een (bestaand) UPS-systeem. Meer informatie over UPS en noodstroom staat in 5.4.3.

3.5 Diensten voor netbeheerders

Vraag en aanbod in het energiesysteem moeten ten alle tijden in balans zijn. Als er veel aanbod voorhanden is, is er meer vraag te creëren of aanbod af te schakelen om de balans te handhaven. De landelijke en regionale netbeheerders zijn eindverantwoordelijk voor de stabiliteit van het energiesysteem. Netbeheerders hebben zelf geen installaties om de balans te handhaven. Zij werken

hiervoor samen met marktpartijen die balanceringsdiensten (balancing serviceproviders of BSP partijen) en congestiemanagementdiensten (GOPACS) leveren voor netbeheer.

Batterijen zijn zeer geschikt om dergelijke diensten aan netbeheerders te leveren. Deze diensten kunnen de business case versterken en bijdragen aan de realisatie van de business case voor een batterij voor netinpassing. Meer over deze diensten is te vinden in bijlage B.

3.6 Beurshandel

Energie wordt op enkele landelijke en Europese beurzen verhandeld. Tegenwoordig is het mogelijk op kleine schaal deel te nemen aan deze beurzen. Op deze beurzen wordt ieder uur of zelfs kwartier energie verhandeld. Met opslag kan je laden als de prijzen op de beurzen laag zijn en ontladen tegen hoge prijzen en marge maken op de opgeslagen energie.

Batterijen zijn zeer geschikt voor de handel op energiebeurzen. De inkomsten uit beurshandel kunnen de business case versterken en bijdragen aan de realisatie van een batterij voor netinpassing. Meer over beurshandel is te vinden in bijlage C.

4 Toepassingskeuze en systeemdimensionering

4.1 Inventarisatie van toepassingen

Deze vragen kunnen helpen om technische problemen achter de meter te identificeren die met opslag zijn te verhelpen:

- Is er een weinig voorkomende piekbelasting van een nieuwe installatie, zoals het elektrische verwarmingselement in een warmtepompboiler? Deze piek zorgt voor hoge netbeheerkosten. Opslag kan de piekbelasting van de aansluiting verlagen.
- Is er onvoldoende netcapaciteit aanwezig om tijdig een nieuwe installatie, zoals een EV-snellader, aan te sluiten? Opslag kan de piekbelasting van de aansluiting verlagen.
- Is er onvoldoende netcapaciteit aanwezig om de geplande zonnestroom-installatie aan te sluiten? Opslag kan de piekbelasting van de aansluiting verlagen.
- Is er een (industriële) proces waarbij grote schade ontstaat bij een storing in het distributienet? Een modern opslagsysteem kan de tijdelijke uitval van een aansluiting beter overbruggen dan een loodzuur UPS-systeem of dieselgenerator.

Houd bij de combinatie van verschillende toepassingen rekening met complementaire of conflicterende profielen. Een opslagsysteem voor noodstroom moet altijd een minimale capaciteit hebben. Het is dus niet (volledig) te gebruiken om zonnestroom op te slaan waarvoor het opslagsysteem juist altijd idealiter zo leeg mogelijk is. Een opslagsysteem is daarom nooit alleen elektrotechnische hardware, maar werkt altijd op basis van een lokaal energy management system (EMS). Dit bepaalt de beste inzet van de batterij. Deze kan dit doen op basis van lokale energiemetingen, informatie van buiten (energieprijzen, weersvoorspelling) en de status van het opslagsysteem.

Een voorbeeld van een interessante situatie is het combineren van meerdere complementaire toepassingen vanuit een probleem met netinpassing:

- Een opslagsysteem kan worden gebruikt om meer zon PV aan te sluiten op een aansluiting.
- De geladen energie wordt teruggeleverd om een hogere opbrengst op de beurs te krijgen.
- Het ontladen van de batterij gebeurt als er hoge energievraag en weinig productie zijn om de transportkosten van de netbeheerder te verminderen.
- De achter de meter opgeslagen energie zorgt voor lagere energiebelastingen.

- Tussen piekverlaging door is er nog ruimte om aanvullende diensten te leveren. Bijvoorbeeld op de Onbalansmarkt en Day-Ahead Market. Grotere systemen kunnen ook FCR leveren, zie ook bijlage B. Handelen op de onbalansmarkt vereist wel een batterij die veel cycli kan maken.
- Een efficiënter gebruik van opwek die iemand als gebruiker van elektriciteit minder afhankelijk maakt van het elektriciteitsnet.

Combineer meerdere toepassingen op één systeem

Energieopslagsystemen zijn voor vele verschillende toepassingen geschikt. De kracht van de business case zit in de keuze van een sterke primaire toepassing en deze te versterken door additionele toepassingen toe te voegen. De toepassingen moeten complementair zijn aan elkaar voor wat betreft het inzetprofiel.

4.2 Dimensionering

De juiste selectie van de batterijoplossing voor een klant vereist eerst de inventarisatie van de situatie. Als tweede moet de minimale capaciteit van de batterij worden bepaald per toepassing:

1. Hoeveel vermogen (in kW) moet het systeem minimaal kunnen laden/ontladen?
2. Hoe lang (in uren) moet het systeem minimaal op nominaal vermogen kunnen laden/ontladen?

Als laatste moeten de uitkomsten gecombineerd worden aan de hand van de volgende afwegingen:

3. Zijn er combinaties van toepassing mogelijk/onmogelijk? Is voor een niet-kritieke toepassing een hele grote of snelle batterij nodig? Elimineer de toepassingen die niet te combineren zijn en bepaal aan de hand van de hoogste waarden voor vermogen en energie de capaciteit van de batterij. De regel is dat een groter en langzamer systeem voordeliger is per kWh, maar minder volledig is te benutten.
4. Hoeveel kWh gaat het systeem per jaar opslaan? En hoe lang moet het systeem minimaal meegaan? Als het aantal kWh te groot is, gaat het systeem mogelijk niet lang genoeg mee. De levensduur van een batterij drukken we veelal uit in kWh (hoeveelheid energie die door het systeem gegaan is) of een aantal cycli. Als het aantal kWh dat de batterij per jaar laadt klein is, is er nog ruimte om toepassingen toe te voegen of een ander voordeliger/kleiner systeem te kiezen. Deze waarden zijn terug te vinden in de datasheet van de leverancier.

Vanwege de investering die energieopslag vergt, is het verstandig om voor vaak voorkomende pieken te dimensioneren en niet voor de weinig voorkomende extreme pieken. De toevoeging van extra toepassingen verbetert mogelijk de financiële haalbaarheid van een groter systeem als de toepassing een complementair inzetprofiel heeft. Niet alle toepassingen zijn te combineren vanwege conflicterende inzetprofielen. Let op dat er geen toepassingen worden toegevoegd om meer omzet te creëren, maar die minder waarde toevoegen dan er aan levensduur/afschrijving verbruikt wordt.

Na de inventarisatie zijn de eisen aan het systeem helder. Een optimale combinatie van toepassingen voorkomt dat het systeem onnodig stand-by staat. Deze combinatie creëert zo veel mogelijk waarde voor de klant en het systeem heeft voldoende levensduur.

Dimensioneer voor dagelijks gebruik

Dimensioneer het systeem zo klein mogelijk. Het meest kostenefficiënte opslagsysteem is groot genoeg voor regelmatig en volledig gebruikt.

4.3 Systeemkeuze

Opslagsystemen zijn fundamenteel modulair. Deze zijn te ontwerpen om iedere combinatie van vermogen en ontladduur te realiseren. Aan de hand van de systeemdimensionering uit de vorige sectie is een passende installatie aan te schaffen. Verschillende systeemleveranciers hebben voor bepaalde toepassingen gespecialiseerde oplossingen in de markt gezet. Let bij de keuze van een systeem op of de leverancier een bepaalde toepassing aanbeveelt of aanraadt.

4.4 Batterijspecificaties

Batterijen hebben gespecialiseerde specificaties.

Het **nominaal vermogen** (in kW) is het vermogen dat de batterij gedurende lange tijd kan laden of ontladen.

De **nominale capaciteit** (in kWh) van een batterij is gelijk aan het nominale vermogen vermenigvuldigd met de **ontladduur** (in uren).

De **C-rate** is een kenmerk van opslagsystemen om de snelheid van een systeem aan te duiden. De C-rate wordt bepaald als de verhouding tussen nominaal vermogen en nominale capaciteit.

$$C - rate = \frac{\text{Vermogen in kW}}{\text{Capaciteit in kWh}}$$

of

$$C - rate = \frac{1}{\text{ontlaad duur in uren}}$$

4.5 Haalbaarheidsanalyse

Opslag is een alternatief voor andere investeringen, bijvoorbeeld het verzwaren van de aansluiting. Klanten vragen vaak naar de terugverdientijd. Hierbij is het van belang dat het vooral gaat over een vergelijking van de kosten tegenover de alternatieven. Na de keuze voor één of meerdere toepassingen en de keuze van een batterijsysteem is een ruwe inschatting van de kosten en baten mogelijk.

- De kosten om een opslagsysteem te gebruiken bestaan vrijwel volledig uit afschrijving op de aanschafkosten. Een opslagsysteem slijt voornamelijk door gebruik. Bepaal de verwachte levensduur en daarmee de afschrijving per jaar.
- Bepaal de opbrengsten en besparingen per jaar.

Let bij de afweging tussen verschillende batterijen op of de levensduur is te behalen of dat er levensduur overblijft. Een duur systeem met een lange levensduur in cycli of te laden kWh kan op papier heel interessant zijn. Echter, in de praktijk kan dit heel duur uitvallen omdat de levensduur waarvoor betaald is niet gebruikt wordt. Wordt een batterij te veel gebruikt en vereist deze regelmatig vervanging? Bijvoorbeeld als de levensduur in enkele jaren wordt verbruikt? Dan kan dit het teken zijn dat de batterij te klein is gedimensioneerd of het verkeerde batterij-type is gekozen.

Voor de investering in batterijen kan de Energie Investerings Aftrek (EIA) regeling de businesscase aanzienlijk verbeteren.

4.6 Koppeling en sturing

We zijn gewend aan zelfregelende systemen. Een warmtepomp schakelt zichzelf in op basis van een thermostaat-regeling. En een PV-systeem produceert vanzelf stroom als er voldoende licht op de panelen valt. Een opslagsysteem vereist actief aansturing op basis van marktprikkels en sensoren.

Grofweg zijn er twee controlesystemen aanwezig in ieder opslagsysteem die via een dataverbinding met de buitenwereld kunnen communiceren om de aansturing in te regelen.

1. Op een laag niveau werkt een **BMS** of Battery Management System. Dit controlesysteem zorgt voor actieve veiligheid en simpele uitlezing van de cellen in een batterij-energieopslagsysteem.
2. Op hoog niveau is een **EMS** of Energy Management System actief. Dit controlesysteem integreert de opslagcomponenten met alle randapparatuur die nodig is om het opslagsysteem als één geheel aan te sturen. Het EMS is het systeem waar de aansturing van het opslagsysteem in actief is. Het EMS stuurt alle systemen aan waaronder de opslagcomponenten, omvormer en eventuele zaken zoals koeling en gemotoriseerde schakelaars.
3. Het EMS heeft meestal een **internetverbinding** nodig voor monitoring en aansturing. Dit is ook te realiseren via een ingebouwd of optioneel draadloos modem. Er zijn ook EMS-systemen die via een MODBUS-protocol of andere lokale protocollen worden aangestuurd. Hiervoor is een lokaal computersysteem nodig om de batterij aan te sturen en eventueel op het internet aan te sluiten.

Houd bij het inregelen van de batterij rekening met scenario's van overbelasting. In theorie kan het voorkomen dat een batterij met de verkeerde aansturing juist pieken veroorzaakt of versterkt en in het ergste geval een beveiliging overbelast.

Voor netinpassing zijn sensoren nodig die real-time inzicht geven in de belasting van de knelpunten en/of beschikbaarheid van het distributienet en de netaansluiting. Deze sensoren worden op het voornoemde EMS aangesloten.

De functionaliteit van netinpassingsdiensten moet lokaal geconfigureerd zijn om te kunnen bepalen wanneer het opslagsysteem vermogen moet inzetten zonder afhankelijkheid van een internetverbinding.

4.7 Conclusies over toepassingen van energieopslag

Energieopslag is een complex onderwerp. Met deze handreiking en voldoende onderzoek kunnen installateurs zelfstandig eenvoudige verdienmodellen opstellen. Door de hoge kosten van opslag en de complexiteit is het aan te raden om altijd samen te werken met een adviseur gespecialiseerd in de verdienmodellen van energieopslag.

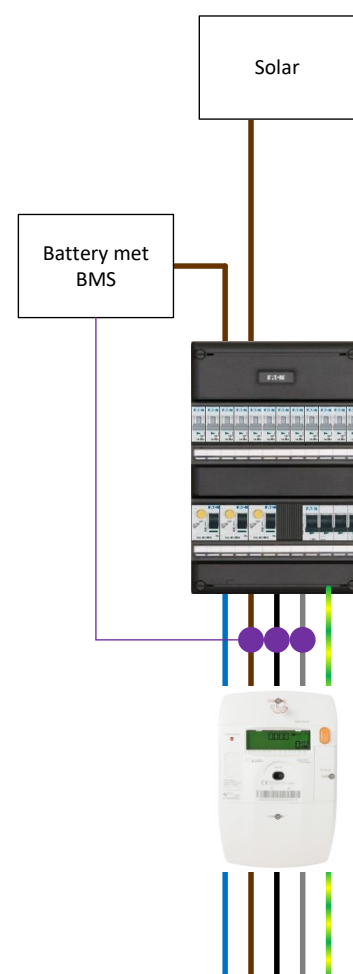
5 Ontwerp en realisatie energieopslagsysteem

Schaf kant en klare systemen aan die voldoen aan productnormen. Dit voorkomt een hoop problemen tijdens of na realisatie van een project. Deze handreiking is niet bedoeld om zelf batterijsystemen vanaf celniveau samen te stellen.

We kunnen nu beginnen met het ontwerpen van een systeem voor energieopslag. Dit aan de hand van de use cases beschreven in Hoofdstuk 3, de opgedane kennis over de energiemarkt en de rol van opslag daarin in Hoofdstuk 5 en de verschillende opslagtechnieken uit Hoofdstuk 4.

Bij het ontwerp:

- Het dimensioneren van een EOS is niet mogelijk met een vuistregel. Dit is afhankelijk van de toepassing van het systeem. De dimensionering is een spel tussen vermogen en energie. Als er veel vermogen nodig is, valt de keuze op een EOS dat veel kan leveren. Of op een EOS dat veel kan leveren bij weinig capaciteit (hoge C-factor).
- Check of de bestaande installatie 1 of 3 fase is, of er al PV aanwezig is en of er voldoende inbouwruimte is in de bestaande verdeler. Zowel in fysieke zin als elektrische zin conform IEC 61439.
- Schaf (min of meer) kant en klare systemen aan die voldoen aan productnormen. Dit geldt ook voor systemen of losse batterijmodules die op een (hybride) omvormer zijn aan te sluiten.
- Er zijn grofweg twee soorten batterijsystemen te koop: low voltage batterij systemen en high voltage (niet te verwarren met hoogspanning). Het verschil zit in de wijze waarop de batterijmodules onderling gekoppeld zijn. Serieel geschakelde systemen verhogen de spanning en houden de maximale stroom relatief laag. Bij parallel gekoppelde systemen is de spanning juist laag en wordt de stroom verhoogd. Bij parallel gekoppelde systemen spreken we vaak over een veilige spanning (bijvoorbeeld 48 volt). Echter, de stromen kunnen enkele honderden ampères overstijgen. Houd hier in de bekabeling en de afzekering dus rekening mee.
- Lees de installatiehandleiding van de fabrikant goed door en houd u aan deze handleiding. Staat er in de handleiding dat er maar 1 meter kabel van een bepaalde dikte tussen batterijmodules of van de batterijmodule naar de omvormer mag? Dan mag u dus inderdaad maar 1 meter kabel installeren.
- Zorg dat de energiemeter die de batterijomvormer voedt met data over het actuele verbruik in de installatie **correct gemonteerd** is. Zowel voor wat betreft polariteit als over alle aanwezige fasen en de juiste meter bij de juiste fase. Dit is vaak identiek aan de aansluiting voor de omvormer.



5.1 Eisen aan omvormers

Omvormersystemen met een vermogen van meer dan 800 watt vallen onder de Requirements for Generators (afgekort RfG). Dit betreft zowel zonnepaneelomvormers als batterijomvormers. Dit betekent dat niet zonder meer elke omvormer is te gebruiken. Op de website van Netbeheer Nederland (<https://www.netbeheernederland.nl/dossiers/regulering-20/documenten>) staat een lijst

met goedgekeurde omvormers tot 1MW (type A). Let op: dit gaat om het maximale vermogen van de totale installatie, niet van de omvormer. Voor systemen boven de 1MW is een melding verplicht met het PGMD-formulier, zie bijlage E. Ook voor systemen < 1 MW kan het formulier gebruikt worden.

5.2 Positie van energieopslagsysteem

Afhankelijk van de toepassing (kleine batterijmodule of container) vereist de locatie van het energieopslagsysteem een zorgvuldige overweging. Maak een inventarisatie, meestal in de schouwfase. En neem de volgende zaken daarin mee:

- **Gewicht en afmetingen.** Het is bij kleine systemen, zoals een thuisbatterij, niet altijd even handig om het systeem op een zolder of verdieping te plaatsen. Dit in verband met geluid uit de batterijomvormer en praktische uitvoerbaarheid. Kijk in de datasheet van de fabrikant van zowel de omvormer als de batterijen naar gewicht, afmetingen en geluidsniveau om te bepalen welke locatie geschikt is. Check ook met de leverancier en brandweer of ze een positie adviseren, bijvoorbeeld altijd op de begane grond. Houd bij het tillen rekening met de eisen vanuit de Arbowetgeving.
- **Locatie en ventilatie.** Houd bij het plaatsen van het systeem rekening met de ventilatie-eisen van de fabrikant. Deze zijn terug te vinden in de handleiding. Vertel ook aan de klant dat de vrije ruimte om de omvormer en batterij verplicht is. Ook de specifieke locatie is afhankelijk van de IP-waarde van de behuizing en de adviezen van de fabrikant. Niet elke EOS of omvormer mag binnen (of buiten) worden geplaatst.
- **Vluchtweg.** Plaats de energieopslagsystemen (EOS) NOOIT in een vluchtweg of in de buurt van een verzamelplaats.
- **Beschadigen.** Plaats het EOS nooit op een plek waar de kans op beschadigingen groot is. Als een batterij of omvormer behuizing IP69K is, check dan altijd met de leverancier of deze inderdaad buiten geïnstalleerd mag worden.
- **Energieprofielen.** In NEN 1010 deel 8 Functionele aspecten staan diverse aspecten rondom de EOS beschreven. Eén van deze aspecten is dat het transport van grote vermogens in een installatie zo veel mogelijk beperkt moet worden binnen korte afstanden. Kies er daarom voor om de EOS in een utiliteitsgebouw te positioneren. Dicht bij de gebruiker of gebruikersgroepen die aangewezen zijn om energie uit de batterij te gebruiken. In de use case peakshaving bij bijvoorbeeld een lift, plaats je de batterij dicht bij de liftkamer.
- **Kabeltracé.** Aansluitend op het vorige punt: denk ook na over het kabeltracé. Een EOS zit altijd op een eigen eindgroep.

5.3 Installatiehandreikingen

5.3.1 Mechanische installatie

Check altijd de omgeving voor er tot mechanische installatie wordt overgegaan. De installatiehandleiding van de fabrikant vertelt waar op gelet moet worden. Het is van belang deze aanwijzingen op te volgen. Enkele veel voorkomende punten:

- Droge, waterdichte omgeving.
- Vloer waterpas bij systemen die op de vloer staan.
- Geen brandbare of explosieve materialen in de buurt.
- Relatief constante temperatuur en luchtvochtigheid.
- Geen stof of vuile omgeving.
- Check handleiding voor voorgeschreven afstand tot warmtebronnen en luchtafvoer.
- Batterij en omvormerinstallatie niet afdekken.
- Buiten bereik van kinderen en huisdieren.

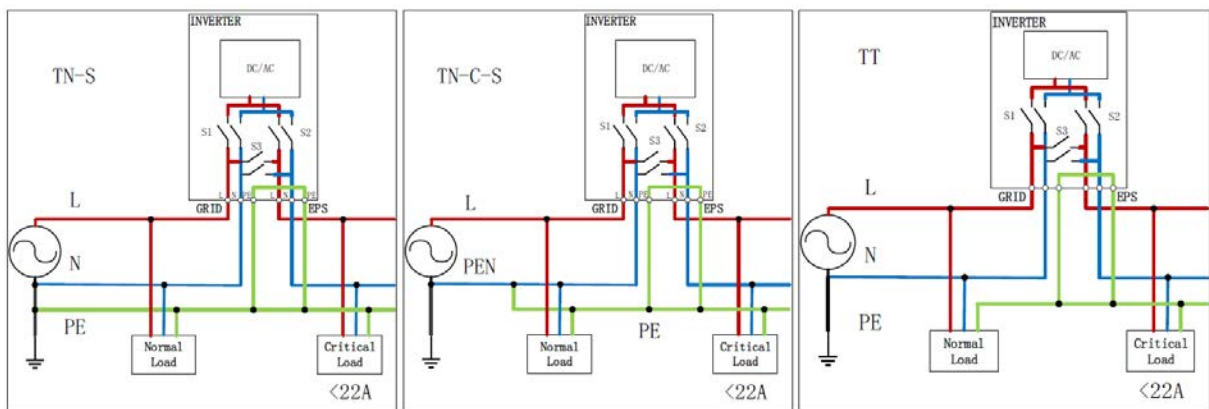
- Geen contact met direct zonlicht.
- Check de voorgeschreven ruimte rondom de batterijen en omvormer.

5.3.2 Elektrische installatie

Voor de elektrische engineering en installatie van het batterijsysteem is het belangrijk om te checken of de bestaande verdeler voldoende capaciteit heeft op de hoofd rail. De stroom wordt immers bi-directioneel. Ook is het beredeneren van selectiviteit, of juist het ontbreken daarvan, een belangrijk aandachtspunt.

Check altijd de handleiding voor de installatievolgorde. Zorg dat alle geleverde apparatuur uit staat. Dus batterij, batterij managementsysteem (BMS) en omvormer. Levert de batterijleverancier kabels mee om modules onderling te verbinden en om de aansluiting met de omvormer te maken? Gebruik deze dan. Wijk alleen af in overleg met de leverancier/fabrikant. Dit geldt ook voor de communicatie-bekabeling tussen de modules.

De fabrikant van omvormers levert een aansluitschema mee. Dit kan per aardingsstelsel afwijken. De figuur hieronder geeft een voorbeeld.



Figuur 4: Aardingsstelselafhankelijk installatieschema.

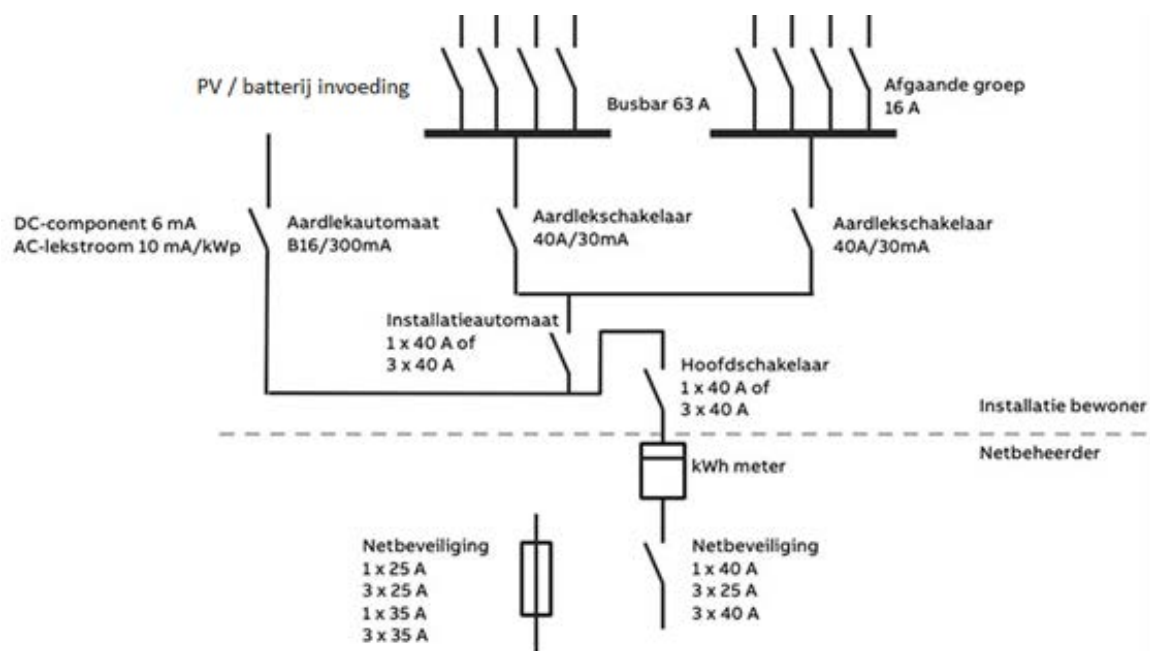
5.4 Use cases en bijbehorende installatieconcepten

Afhankelijk van de toepassing waarin de batterij gebruikt gaat worden kan het installatieschema afwijken. Er zijn in hoofdlijnen vier use cases te definiëren die niet zonder meer te combineren zijn. Hieronder geven we deze alle vier weer.

Het is vaak niet mogelijk om use cases te combineren. In noodstroom modus wordt de batterij op 100% gehouden. Raadpleeg altijd de handleiding en/of de fabrikant als u meerdere use cases wilt stapelen.

5.4.1 Verhogen zelfconsumptie zonnestroom

Dit is de meest voor de hand liggende toepassing. De batterij wordt geladen zodra er export richting het net wordt gedetecteerd. En ontladen zodra er import van het net wordt gedetecteerd. Bij deze use case wordt de batterijomvormer als aparte eindgroep in de verdeler geïnstalleerd. Het is belangrijk om rekening te houden met de manier waarop de batterij- en PV-installatie wordt aangesloten. De stroomrichting is immers andersom dan bij een gebruiker.



Figuur 5: mogelijke oplossing om batterijen en zonnepanelen veilig aan te sluiten.

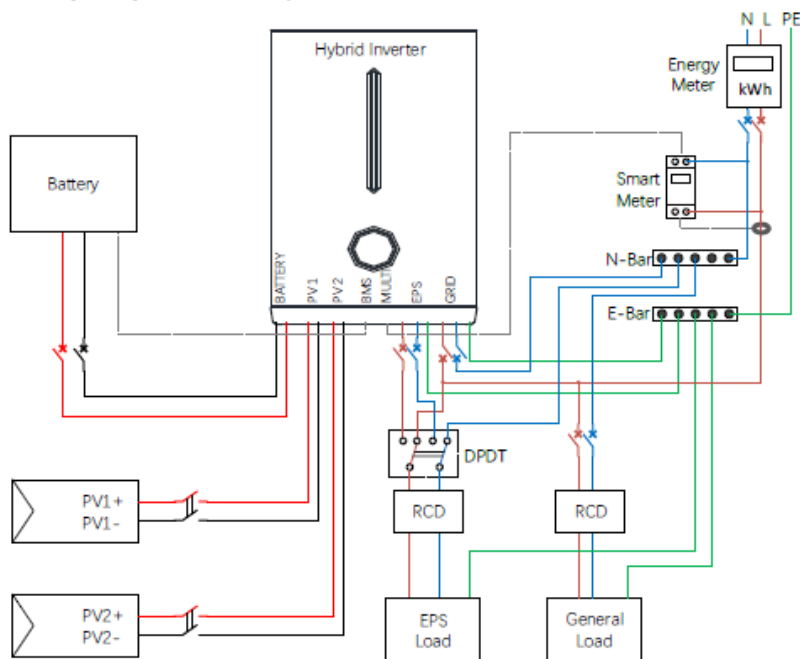
5.4.2 Peakshaven van opwek en/of verbruik

Zoals al beschreven in 4.2 en 4.3 is een EOS ook inzetbaar om aan de energieopwekkende kant of aan de energievragende kant de pieken af te vlakken. Het energieopslagsysteem wordt op dezelfde manier aangesloten als bij de vorige use case. Echter, de software van de omvormer bepaalt welke import- of exportwaarde van stroom niet overstegen mag worden. Deze waarde kan, afhankelijk van andere variabelen, per moment van de dag verschillen. Deze waarde is instelbaar door de installateur en is onderdeel van de inbedrijfstelling.

5.4.3 Noodstroom

Een andere populaire use case is noodstroom. In dit geval stellen we de omvormer zo in dat deze energie blijft leveren op het moment dat het net uitvalt. Het is hierbij belangrijk om bij stroomuitval de netaansluiting af te schakelen. Anders probeert de omvormer immers het hele net "overeind" te houden. Om dit te kunnen bereiken zijn er twee installatieconcepten die volgens onderstaand lijnschema-principe opereren: noodstroom in-line en noodstroom met preferente groepen. Deze werken we later uit.

Zodra een omvormer op noodstroom modus wordt gezet houdt deze ten alle tijden de batterijen op een vooraf ingesteld percentage SoC. Het is hierdoor niet mogelijk deze modus volledig te combineren met de use case verhogen zelfconsumptie.



5.4.3.1 Noodstroom in-line

Bij dit installatieconcept plaatst de installateur de complete installatie op de EPS- (emergency power supply) uitgang van de omvormer. Belangrijk is dat het gevraagde vermogen in de installatie niet hoger wordt dan wat de omvormer kan leveren om uitval te voorkomen. Een goed voorbeeld hiervan zijn datacentra.

5.4.3.2 Noodstroom met preferente groepen

Bij dit installatieconcept plaatst de installateur alleen dat deel van de installatie achter de EPS waarvan de gebruiker heeft gedefinieerd dat deze niet uit mag vallen. Een goed voorbeeld van waar een noodstroominstallatie op die manier functioneert is een ziekenhuis. Niet de complete installatie van een ziekenhuis zit op de noodstroomaggregaten.

Houd bij het afschakelen van het net rekening met het afschakelen van de aarding als de netbeheerder die meevert.

5.4.4 Congestie management/onbalanshandel

Alle voorgaande use cases gaan uit van niet-externe sturing. Het is echter mogelijk om het laad-/ontladedrag van het energieopslagsysteem af te laten hangen van externe aansturing. Deze externe aansturing kan bestaan uit letterlijk iemand extern die bepaalt of er geladen of ontladen wordt. Maar ook externe variabelen zoals (verwachte) energieprijzen kunnen externe aansturing geven. Voor meer informatie over energiemarkten en netbeheerdiensten zie bijlage B. Bij een goede inrichting van deze externe aansturing is het **wel** mogelijk om de use case noodstroom en verhogen zelfconsumptie te combineren. Check ook de type A goedgekeurde omvormers om RfG compliant te blijven.

5.5 Aarding en vereffening

Als het elektriciteitsnet een TN-stelsel is, dan hoeft er géén aardlekbeveiliging voor de omvormer geplaatst te worden (NEN1010 hoofdstuk 7). In een TN-netwerk biedt de netbeheerder de aarding van de installatie aan. U bent niet voor de aarding afhankelijk van een aardpin. Het herkennen van een TT- of een TN-stelsel? Het gemakkelijkst is om te kijken of er een sticker zit op de meterkast met een tekst zoals: "Netbeheerder biedt aarde aan". Nieuwbouwhuizen hebben vaker TN-stelsels dan

oudere woningen. Als het niet zeker is wat het stelsel is, ga dan voor de zekerheid uit van een TT-stelsel, en gebruik dus een aardlekbeveiliging.

Voor een correcte foutbescherming volgens NEN 1010 voorziet u het EOS van beschermende vereffening. Beschermende vereffening noemen we vaak ook 'aarding'. Aarding kan echter ook om andere redenen noodzakelijk of vereist zijn.

NEN 1010 (bepaling 411) schrijft voor dat alle metalen gestellen in dat geval via beschermingsleidingen met de aardelektrode of aardpunt van de installatie verbonden worden. De metalen gestellen van een EOS zijn:

- De omvormer.
- Batterijbehuizing.
- Container.

Als we het EOS als één geheel zien dan moet dit verbonden worden met de beschermingsleiding van de installatie. In de praktijk is dat de groengele draad van de groep die de omvormers en batterijmodules verbindt met de elektrische installatie.

Bij een directe blikseminslag bij een PV-installatie is het onwaarschijnlijk dat het EOS onbeschadigd blijft, zelfs bij toepassing van bliksemafleiding. Het doel van de aarding voor bliksembeveiliging is om de grote inductieve stromen die in de metalen gestellen en geleiders van een PV-systeem kunnen ontstaan veilig naar aarde te voeren. Dit beperkt de schade aan het gebouw en brandgevaar tot een minimum.

Bij indirecte blikseminslag kunnen door het elektromagnetisch veld in de omgeving grote spanningsverschillen en bijbehorende stromen ontstaan in de geleidende delen en metalen gestellen van het PV-systeem. De stromen in de metalen gestellen zoals module- en montageframes zijn door verbinding met een bliksemafleiding veilig af te voeren.

De spanningsverschillen die bij indirecte blikseminslag kunnen ontstaan in de DC-bekabeling van opslag en zonnestroominstallaties kunnen omvormers en andere delen van de installatie beschadigen. Om schade aan de installatie te voorkomen luidt als aanbeveling een omvormer voorzien van een klasse III overspanningsbeveiliging op de DC-ingang. Voor zinvolle bescherming tegen de effecten van indirecte blikseminslag is echter minimaal een klasse II overspanningsbeveiliging aan te raden. Deze kan soms in de omvormer worden toegevoegd of als externe beveiliging voor de DC-ingang van de omvormer worden geplaatst. Dit geldt zowel voor de zon-PV-omvormer als de batterijomvormer.

NEN-EN-IEC 62305 beschrijft de ontwerpisen voor bliksemafleiding.

We moeten onderscheid maken tussen externe bliksembeveiligingsmaatregelen en beschermingsmaatregelen tegen overspanning door directe of nabije blikseminslag.

Bij externe bliksembeveiliging voert een externe bliksembeveiligingsinstallatie bliksemstromen af met behulp van een externe bliksembeveiligingsinstallatie. Bij de bescherming tegen overspanning probeert men de hoogte van overspanningen zo veel mogelijk te beperken.

5.6 Bliksembeveiliging

We maken onderscheid tussen externe bliksembeveiligingsmaatregelen en beschermingsmaatregelen tegen overspanning door directe of nabije blikseminslag.

Bij externe bliksembeveiliging voert een externe bliksembeveiligingsinstallatie bliksemstromen. Bij de bescherming tegen overspanning probeert men de hoogte van overspanningen zo veel mogelijk te beperken.

Het op correcte wijze aanbrengen van een bliksembeveiliging is een vak apart. Onderstaande tekst is bedoeld om een globale afweging te kunnen maken of een PV-installatie wel of niet aan een bliksembeveiligingsinstallatie gekoppeld moet worden. Schakel echter op tijd een expert in om dit verder uit te zoeken en uit te werken. Vraag bij bliksembeveiligingsbedrijven naar hun specifieke kennis op het gebied van zonnestroominstallaties en opslagsystemen. Bij in pandig geplaatste opslagsystemen is bliksembeveiliging niet noodzakelijk. Overspanningsbeveiliging wel als de fabrikant dit verplicht stelt.

5.6.1 De noodzaak tot het aanbrengen van een externe bliksembeveiliging

Vaak eist de overheid of verzekeraar bliksembeveiliging voor gebouwen/objecten die:

- Ruim boven andere gebouwen uitsteken.
- Erg brand- en/of explosiegevaarlijk zijn.
- Zeer waardevol zijn (monumenten).
- Bij een inslag veel slachtoffers kunnen veroorzaken bijvoorbeeld scholen, theaters en dergelijke.
- Bij een inslag grote economische gevolgen kunnen veroorzaken.

De toename van de kans op een blikseminslag in een woonhuis doordat een PV-systeem is aangebracht, is in een bebouwde omgeving zoals een stad of dorp, zeer klein. We merken op dat woonhuizen in Nederland in de regel niet worden voorzien van een externe bliksembeveiligingsinstallatie. Of een woning voorzien moet zijn van een bliksembeveiliging, bepaalt men aan de hand van het beslisschema uit de norm NEN-EN-IEC 62305. De conclusie is gerechtvaardigd dat een externe bliksembeveiliging voor de installatie van een PV-systeem op het dak van een woonhuis in principe niet noodzakelijk is. Zie ook het Handboek Zonne-energie.

5.6.2 Bescherming tegen overspanning

Overspanning in de installatie is te voorkomen door een directe blikseminslag op het gebouw of de bliksembeveiliging van het gebouw of door een blikseminslag in de omgeving. Dit kan zowel aan de DC-kant als aan de AC-kant optreden. Apparaten die beschermen tegen overspanning zorgen bij belasting voor een potentiaalvereffening tussen de aangesloten leidingen. Dit voorkomt dat de aangesloten apparaten beschadigen. Deze beveiliging noemen we ook wel SPD, naar het Engelse Surge Protection Device.

We maken onderscheid in overspanning aan de AC-zijde en aan de DC-zijde.

5.6.2.1 Overspanning aan de AC-zijde

Omvormers met een CE-keurmerk (verplicht in Europa) moeten aan de Europese EMC-richtlijn voldoen. Dit betekent onder andere dat de omvormers zowel de 'Surge immunity' test (IEC 61000-4-5) als de 'Electrical fast transient/burst immunity' test (IEC 61000-4-4) goed moeten kunnen doorstaan. Doorstaat een omvormer deze testen goed? Dan heeft deze omvormer een behoorlijke immuniteit tegen pulsen vanuit het net. Pulsen veroorzaakt door bliksem, het aanlopen van motoren of schakelacties in het net. Dit betekent dat zo'n omvormer vrijwel overal in Nederland toepasbaar is, zonder extra overspanningsbeveiliging aan de AC-kant.

Een uitzondering zijn de gebieden met een sterk verhoogde kans op bliksem of gebieden met een sterk vervuild elektriciteitsnet. Dit treedt incidenteel bijvoorbeeld op in een industriële omgeving. In deze situaties kan het raadzaam zijn om een betere overspanningsbeveiliging aan de AC-kant in de installatie op te nemen.

Wees erop bedacht dat in incidentele gevallen omvormers een CE-keurmerk voeren zonder dat de omvormer aan de daarvoor vereiste immuniteitseisen voldoet.

5.6.2.2 Overspanning aan de DC-zijde

Deze paragraaf behandelt energieopslagsystemen in combinatie met grootschalige zon-PV. Voor specifieke zon-PV eisen, zie het Handboek Zonne-energie. Voor batterijsystemen: volg de voorschriften van de fabrikant.

Aan de DC-zijde van omvormers kunnen overspanningen ontstaan door inductie als gevolg van het elektromagnetische veld van een bliksemstroom in de nabijheid. Of als gevolg van een directe koppeling met het opvangnet van de bliksembeveiliging. Deze kunnen zowel tussen de + als de – ten opzichte van aarde ontstaan binnen een groot EOS.

De volgende maatregelen zijn nodig om schade aan de omvormer en aan de batterijmodules te voorkomen:

- Het beperken van het lusoppervlak van de stringbekabeling. Dit beperkt vooral overspanningen tussen de + en de - van het array.
- Het toepassen van overspanningsbeveiligingen, ook wel SPD (Surge Protection Device), aan de ingang van de omvormer of in de string-koppelkast. Een voorbeeld van een overspanningsbeveiliging is een varistor.

Overspanningbeveiligingen delen we in drie 'types' in:

- Type III bescherming: geeft de laagste beveiliging, ofwel geeft de minste bescherming tegen piekstromen. Geschikt voor beveiligen tegen blikseminslag op afstand. Bij de meeste omvormers is deze standaard ingebouwd.
- Type II bescherming: geschikt voor beveiligen tegen blikseminslag in de nabije omgeving. Wordt doorgaans in stringkoppelkasten ingebouwd. Het beschermingsniveau is aanmerkelijk hoger dan die van Type III.
- Type I bescherming: geschikt voor het beveiligen tegen directe blikseminslag. Is voor de DC-kant van de installatie doorgaans zeer kostbaar. Meestal wordt naar andere oplossingen gezocht in overleg met de verantwoordelijke voor de bliksembeveiliging. Dit is echt specialistenwerk.

In omvormers is meestal aan de DC-ingang een Type III bescherming opgenomen. Als er sprake is van een stringkoppelkast dan zijn hierin vaak Type II beschermingen opgenomen. Als er een koppeling met de bliksembeveiliging wordt gemaakt is het aanbevolen een gecombineerde Type I & II overspanningsbeveiliging toe te passen.

5.7 Lekstromen

Toestellen voor aardlekbeveiliging moeten ook beveiliging bieden als de foutstroom een pulserende gelijkstroom of een wisselstroom met DC-component is. Zijn er toepassingen waarbij onder normale omstandigheden een DC-aardlekstroom groter dan 6 mA kan optreden? Of als er rekening moet worden gehouden met een isolatiefout achter een meerfasegelijkrichterschakeling? Dan moet een voor dit doel geschikt toestel voor aardlekbeveiliging worden gekozen. Geschikte oplossingen zijn:

- Toestel voor aardlekbeveiliging type B.
- Toestel voor aardlekbeveiliging type A, aangevuld met geschikt materieel dat uitschakeling van de voeding waarborgt bij een DC-foutstroom van meer dan 6 mA.
- Toestel voor aardlekbeveiliging type A bij een 6mA conformiteitsverklaring aangeleverd door de fabrikant van de omvormer.

5.8 Kabelselectie en berekening

Bij de meeste batterijsystemen (groot of klein) wordt de bekabeling meegeleverd. Of in de installatiehandleiding voorgeschreven door de fabrikant of assembleur. Mocht dit niet het geval zijn? Of vraagt de klant om een kabelberekening? Gebruik dan de onderstaande formule om zelf tot een kabelberekening te komen. Houd bij bekabeling tussen batterijmodules rekening met grote kortsluitvermogens. Raadpleeg altijd de installatiehandleiding of de door de fabrikant aangeleverde kabel software.

Wanneer elektrische stroom door een geleider met een bepaalde impedantie loopt, ontstaat spanningsverlies. NEN 1010 noemt een toelaatbaar spanningsverlies van maximaal 5%. Voor batterijsystemen zijn nog geen verliesgetallen gedefinieerd. Voor deze handreiking houden we de 1-2% verlies aan die ook in PV-systemen wordt nagestreefd. Want dit is direct van invloed op het rendement van het systeem. Het percentage spanningsverlies is namelijk gelijk aan het percentage vermogensverlies.

De weerstand van een kabel wordt groter als deze langer is en de weerstand wordt kleiner als de doorsnede groter is. Hoe langer een kabel, hoe groter de weerstand en hoe groter het spanningsverlies. Dit is te compenseren door toepassing van een kabel met een grotere kerndoorsnede.

Met onderstaande formule kan men het spanningsverlies en de gewenste kabeldoorsnede voor verschillende systemen voor energieopslag globaal berekenen:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A} \quad [\Omega]$$

Waarin:

R	=	de weerstand van de kabel	[Ω]
ρ	=	soortelijke weerstand van het kernmateriaal van de kabel	[$\Omega \cdot \text{m}^2 \cdot \text{m}^{-1}$]
l	=	de lengte van de kabel	[m]
A	=	oppervlakte van de kerndoorsnede van de kabel	[m^2]

De soortelijke weerstand van koper is bij kamertemperatuur $1,75 \times 10^{-8} [\Omega \cdot \text{m}^2 \cdot \text{m}^{-1}]$. Een kabel van 100 meter lengte en een kabeldoorsnede van 4 mm^2 respectievelijk $2,5 \text{ mm}^2$ heeft een weerstand van:

- 4 mm^2 : $R = 1,75 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{100}{4 \cdot 10^{-6}} = 0,44 \Omega$
- $2,5 \text{ mm}^2$: $R = 1,75 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{100}{2,5 \cdot 10^{-6}} = 0,70 \Omega$

5.8.1 Spannings- en vermogensverlies aan DC-zijde

Om nu het spanningsverlies, en daarmee het vermogensverlies, te berekenen, moeten we weten hoe groot de stroom is die er door de kabel loopt. En ook wat de referentiespanning is. Voor de DC-zijde nemen we als voorbeeld de U_{nom} en I_{nom} van een hele string. Voor een string van 10 batterijen is dat dus $10 \times U_{\text{nom}}$ van één batterijmodule en $1 \times I_{\text{nom}}$ van één batterijmodule. We gaan uit van $U_{\text{nom}} = 30$

volt en $I_{nom} = 7$ ampère en een kabel van 4 mm^2 . De afstand van de batterijmodule tot de omvormer is 100 meter.

De totale weerstand van de stroomkring is $2 \times 0,44 = 0,88 \Omega$. De stroomkring bestaat een + en – kabel van ieder 100 meter.

De spanningsval bij 6 ampère is dan $6 \times 0,88 = 6,16$ volt.

Het spanningsverlies is dus $6,16/300 = 2\%$.

5.8.2 Spannings- en vermogensverlies aan AC-zijde

Aan de AC-zijde geldt een soortgelijke berekening. Hier nemen we als voorbeeld een fasespanning van 230 volt en een maximale stroom van 10 ampère. We gaan uit van een kabel van 100 meter van $2,5 \text{ mm}^2$.

De totale weerstand van de stroomkring tussen omvormer en netaansluiting is $2 \times 0,70 = 1,4 \Omega$.

Het spanningsverlies bij 10 ampère is dan $10 \times 1,4 = 14$ volt.

Het spanningsverlies is dus $14/230 = 6\%$.

5.9 Faseonbalans

Deze paragraaf is vooral geschreven voor kleinschalige EOS'en op aansluitingen onder de 80 ampère

Een batterij krijgt sneller een positieve businesscase als de salderingsregeling wordt afgebouwd. Nu schaffen veel mensen zonnepanelen aan om hun eigen verbruik duurzaam op te wekken. Salderen is de jaaropbrengst van zonnepanelen aftrekken van het jaarverbruik. Dit is wettelijk zo vastgelegd. Zonnepanelen-installaties leveren in de zomer energie aan het net dat gedurende de winter weer verbruikt wordt. Gemiddeld verbruikt een particuliere zonnepaneleninstallatie circa 30% van zijn eigen opgewekte stroom direct. De overige opgewekte zonnestroom wordt (nu nog) gesalderd.

N.B. Bij een 1 fase zon pv-installatie in een 3 fase installatie is technisch gezien het eigen gebruik lager⁴. Technisch wordt er slechts ongeveer 15% van de zelf opgewekte stroom verbruikt in een 3 fasen installatie met een 1 fase zonnestroom omvormer. Dit maakt voor de werking van de salderingsregeling niet uit.

Een batterij is bruikbaar om het overschot aan zonnestroom overdag op te slaan om op een later moment weer te verbruiken. Let bij de selectie van de batterij/omvormercombinatie goed op het type oplossing. Het is geen wet maar een dringend advies om geen 1 fase omvormers te installeren in een 3 fase installatie. Het plaatsen van 1 fase omvormers in een 3 fase net zorgt voor onbalans in het net.

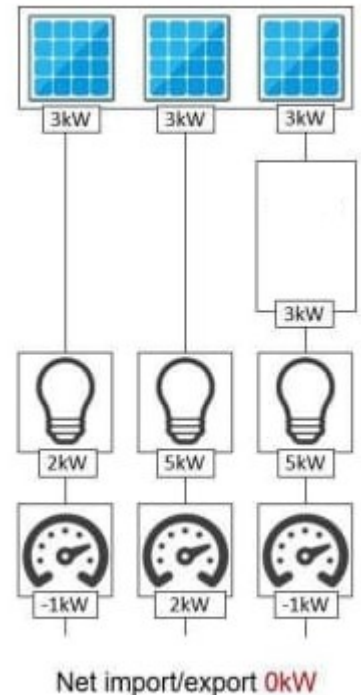
Dit kan betekenen dat het net niet zorgvuldig wordt gebruikt. Dit brengt extra maatschappelijke kosten met zich mee. Let wel: dit is hoe het technisch werkt.

De slimme meter meet wel de drie afzonderlijke fasen maar laat het cumulatieve vermogen zien. Dit kan dus 0kW zijn, zie ook de figuur hiernaast.

Op dit moment is het merendeel van de woonhuisaansluitingen (5 van de 8 miljoen) 1 fase. Nieuwbouw is in principe altijd 3 fase en bij elektrificeren van gebruikers (elektrisch koken, verwarmen en rijden) wordt er vaak verzwaard naar 3 fasen.

Tabel 1 Aantal netaansluitingen met 1 fase, opgevraagd bij de drie grote netbeheerders

	Stedin	Liander	Enexis	Totalen
1x25	154.130	1.288.415	531.906	1.974.451
1x35	1.593.461	407.934	1.088.888	3.090.283
				5.064.734

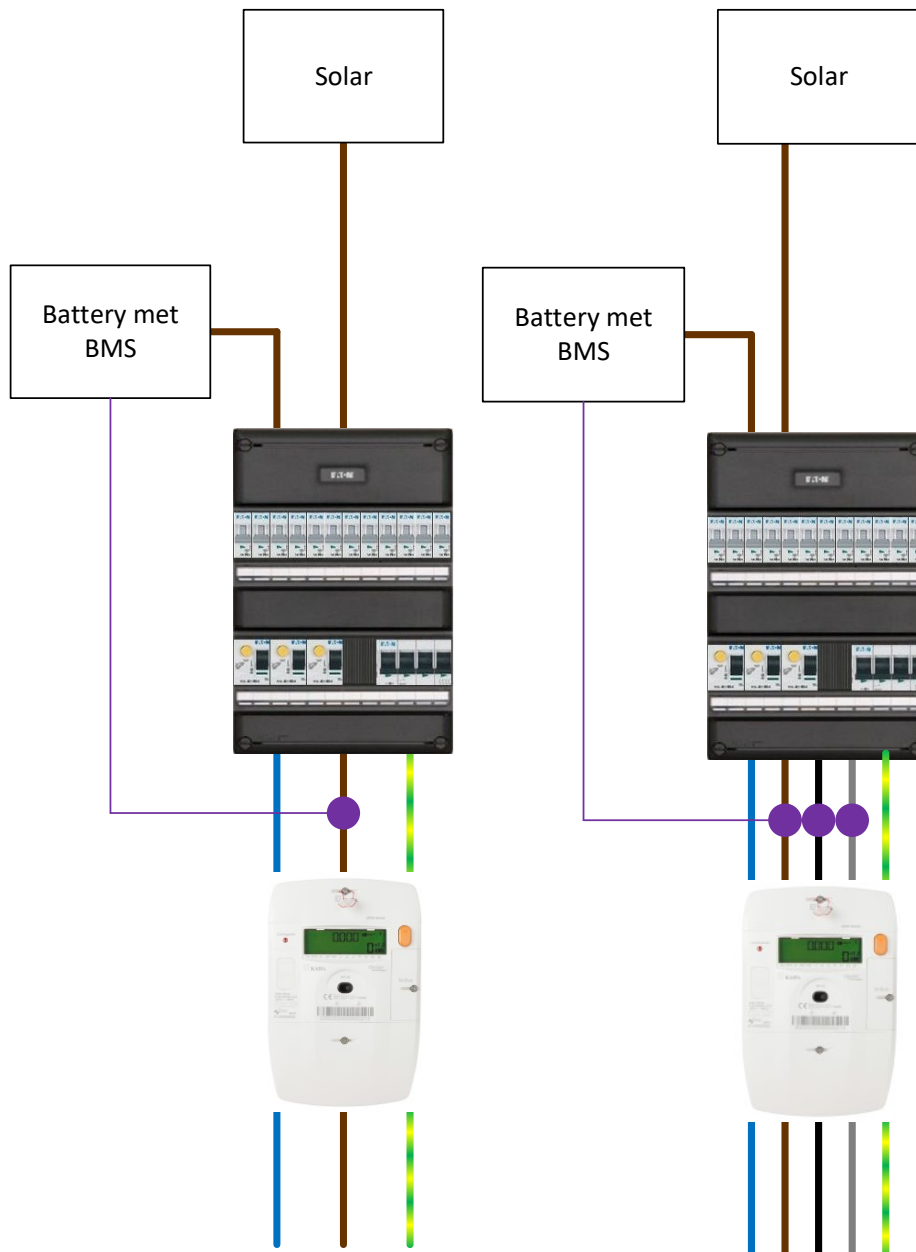


Figuur 6: weergave slimme meter versus waar stroom loopt.

⁴ <https://www.consumentenbond.nl/zonnepanelen/blog-maarten-staats-zonnepanelen>

Is er toch een 1 fase omvormer aanwezig in een 3 fase installatie? Zowel met zon als met een EOS?
Zorg dan als installateur voor het volgende:

- Dat zonnepanelen op een fase aansluiten met zo min mogelijk PV zon-installaties in de wijk/straat. Zie ook <http://fasulator.enduris.nl/>.
- Dat omvormers van de EOS niet op een eigen vrije fase zitten.
- Dat energiegebruikers met een complementair verbruiksprofiel als aan de zonnepanelen op dezelfde fase zitten.
- Dat EOS en zonnepanelen op dezelfde fase zitten.



Fase-volgorde

Onderstaand staat de methode om vast te stellen hoe een woning onder de installatie- hoofdschakelaar zou moeten zijn aangesloten. Let op: dit is de methode die netbeheerders zelf communiceren. Het is niet altijd overeenkomstig met de praktijk, maar wel een goede richtlijn. Zie ook <http://fasulator.enduris.nl/>

1. Neem het huisnummer van de betreffende aansluiting.
2. Neem de toevoeging (geen toevoeging is nul) aan het huisnummer en zet deze om in een cijfer: A = 1, B = 2, C = 3, D = 4 enzovoort).
3. Tel het huisnummer en de (omgerekende) toevoeging bij elkaar op.
4. Deel de uitkomst door 3.
5. Bepaal de rest.
6. Is de rest gelijk aan 1? Dan is de fase-volgorde: L1, L2, L3.
7. Is de rest gelijk aan 2? Dan is de fase-volgorde: L2, L3, L1.
8. Is de rest gelijk aan 0? Dan is de fase-volgorde: L3, L1, L2.

Voorbeelden

- Het huisnummer is 1. Dit is niet deelbaar door 3, dus rest = 1. De fasevolgorde is dan dus: L1, L2, L3.
- Het huisnummer is 21. $2 + 1 = 3$. 3 gedeeld door 3 = 0, dus rest = 0. De fase-volgorde is dan dus: L3, L1, L2.
- Het huisnummer is 35. $3 + 5 = 8$. 8 gedeeld door 3 = 6 + rest 2. De fasevolgorde is dus: L2, L3, L1.

6 Oplevering, beheer en onderhoud, einde levensduur

Na installatie zijn er verschillende stappen om de batterij in gebruik te nemen en te beheren.

6.1 Oplevering

Een ingebruiknametest moet worden afgenomen om het batterijsysteem te testen op juiste installatie en kwaliteit van de geleverde onderdelen.

- Test dat het systeem een volledige cyclus van 0% naar 100% naar 0% op vol vermogen kan afwerken. Meet de geladen en ontladen energie om de capaciteit van de batterij te valideren. Controleer met een stroommeting of de batterij het nominale vermogen bereikt en vasthoudt. Het kan zijn dat de (ont)laadsnelheid daalt als de batterij bijna vol/leeg is.
- Gebruik een warmtebeeldcamera om tijdens het testen te zoeken naar componenten die mogelijk oververhit raken en verhelp eventuele problemen direct.
- Controleer of de sturing van de batterij goed is ingesteld. Bijvoorbeeld als de batterij wordt gebruikt om zonnestroom op te slaan. Voer deze test uit op een zonnige dag en controleer dat de batterij gaat laden en ontladen zoals bedoeld.
- Test, waar mogelijk, of het systeem zichzelf stilzet bij te hoge of te lage temperatuur of celspanning. Dit kan alleen als het mogelijk is om de grenswaarden hiervan veilig aan te passen in het EMS.
- **Meld altijd het energieopslagsysteem aan bij de netbeheerder. Dat kan via www.energieleveren.nl en/of uw contactpersoon bij de netbeheerder.**

6.2 Overdracht

Draag het beheer van het systeem over aan de installatieverantwoordelijke.

- Overhandig datasheets, garantiebewijzen en aankoopbewijzen.
- Overhandig alle documentatie van het systeem: handleidingen, aansluitdiagrammen (SLD) en documentatie communicatieprotocol.
- Zorg dat de installatieverantwoordelijke de toegang tot het systeem beperkt om het risico op schade en letsel te voorkomen. Alleen personeel en installateurs die op de hoogte zijn van de werking van het systeem en welke risico's van toepassing zijn mogen toegang tot het fysieke systeem en de bediening krijgen.

6.3 Beheer en onderhoud

De installatieverantwoordelijke is verantwoordelijk voor het beheer en onderhoud van de batterij.

- Stel aan de hand van de handleiding een beheer- en onderhoudsprogramma vast.
- Zorg voor een beheer- en onderhoudscontract met een installateur.
- Reparaties worden alleen uitgevoerd na overleg met de fabrikant.
- Zorg dat er periodiek op software-updates wordt gecontroleerd. Installeer software-updates zo snel mogelijk als de update gerelateerd is aan een veiligheidsprobleem.

6.4 Einde levensduur

Wordt de batterij niet meer gebruikt? Of heeft deze het einde van zijn levensduur bereikt? Haal deze dan uit bedrijf door een installateur.

- Raadpleeg de handleiding voor de de-installatie instructies.
- Raadpleeg de fabrikant als het systeem wordt doorverkocht of opnieuw geïnstalleerd voor advies.

- Het systeem moet onder Europese regelgeving kosteloos worden geretourneerd aan de Europese leverancier. Degene die het binnenbrengt is verantwoordelijk. De transportkosten zijn voor rekening van de eigenaar van de batterij.

Bijlage A Normenoverzicht

A.1 Vergunningsplicht

Voor het plaatsen en in gebruik nemen van batterijsystemen geldt voornamelijk geen algemene vergunningsplicht. Dit kan veranderen als de PGS-37 in werking treedt.

Batterijsystemen uitgerust met een elektromotor van meer dan 1,5kW, bijvoorbeeld als onderdeel van een HVAC-unit, beschouwen we als inrichting. Deze is wél vergunningsplichtig.

A.2 Installatienormen

Hieronder een overzicht van Nederlandse normen en handreikingen ten aanzien van batterijsystemen.

NEN 1010	Elektrische installaties voor laagspanning.
NEN 1010-8	Elektrische installaties voor laagspanning - Deel 8: Functionele aspecten.
NEN 3140	Bedrijfsvoering van elektrische installaties – Laagspanning.
NEN 4288	Bedrijfsvoering van batterij-energieopslagsystemen.

Het Instituut Fysieke Veiligheid heeft de volgende handreikingen uitgegeven ten aanzien van de installatie⁵. Deze zijn niet wettelijk bindend, maar kunnen door bevoegd gezag bij vergunningverlening als leidraad worden geraadpleegd.

- Veiligheidsprincipes kleinschalige EOS'en (<20 kWh).
- Handreiking Elektriciteit Opslag Systemen groter dan 20 kWh.
- Handreiking opslag Li-ion energiedragers (accu's en batterijen).

A.3 Productnormen voor batterijen en batterijsystemen

Het zelf samenstellen van batterijsystemen ligt buiten de scope van dit document. Schaf "kant en klare" configureerbare systemen aan bij importeurs/assembleurs. Inclusief de bijbehorende productnormen en bijbehorende producttraining.

De wereld van batterijtechnologie is in beweging. De productstandaarden die daarbij komen kijken dus ook. Normen zijn belangrijk voor een veilig en betrouwbaar energiesysteem. Kennismaken van normen is dus van essentieel belang. Op <https://batterystandards.info/standard> is per toepassing en batterijtechnologie te vinden welke standaarden van toepassing zijn. Deze website wordt bijgehouden door Energyville, een initiatief van de KU Leuven, VITO, imec en UHasselt. Zie hoofdstuk **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** Elektrische opslagvormen voor een overzicht van de batterijsamenstellingen die nu bekend zijn en gebruikt worden. Hieronder de belangrijkste/veel voorkomende eisen.

ADR	Transporteisen gevaarlijke stoffen, waaronder Li-Ion batterijen.
UN38.3	Testen voor lithium batterijen in alle vormen (Li-ion, LFP, LiPo) voor transport.
NEN-EN-IEC 62933-5-2	Elektrische Energie Opslag (EES)-systemen.

⁵EOS staat voor Energie Opslag Systemen. Alle drie van het Instituut Fysieke Veiligheid
<https://www.ifv.nl/nieuws/Paginas/Nieuw-handreikingen-buurtbatterijen-en-opslag-lithium-ion-accus.aspx>
<https://www.ifv.nl/nieuws/Paginas/Veiligheidsprincipes-kleinschalige-EOS-en.aspx>
infographic:<https://www.ifv.nl/kennisplein/Documents/20210920-StudioRobuust-BHitters-Infographic-EOS.pdf>

NEN-EN-IEC 62675	Oplaadbare cellen en batterijen met alkalische of andere niet-zuurhoudende elektrolyten - Gesloten prismavormige nikkel-metaalhydride-cellen.
NEN-EN-IEC 62619	Oplaadbare cellen en batterijen met alkalische of andere niet-zure elektrolyten - Veiligheidseisen voor oplaadbare lithium cellen en batterijen voor gebruik bij elektrische energieopslag.
PGS37 BWBR0043769 GAP analyses	Lithium-ion accu's: opslag en buurtbatterijen (definitief in 2023), tot die tijd: Circulaire risicobeheersing lithium-ion energiedragers. Optioneel zijn er ook: KWA Bedrijfsadviseurs heeft een GAP analyse ontwikkeld die een brug slaat tussen de PGS en de BWBR0043769.
Batteries Directive BWBR0024491	Regulation on batteries and waste batteries. Besluit beheer batterijen en accu's 2008.

A2.4 Productnormen voor omvormers

Omvormers die worden toegepast in net-gekoppelde energieopslag-systemen moeten voorzien zijn van het CE-merk. Het CE-merk mag alleen gevoerd worden als de betreffende omvormer zowel aan de Europese laagspanningsrichtlijn als aan de Europese EMC (Elektromagnetische Compatibiliteit) richtlijn voldoet.

In Nederland is de Europese verordening Requirements for Generators (RfG) van kracht. Nieuwe zonnepaneelensystemen moeten aan de RfG voldoen. Dit geldt ook voor grotere bestaande systemen waarvan de omvormer vervangen wordt of het vermogen van de installatie wijzigt door bijvoorbeeld uitbreiding van het systeem.

Sinds 1 september 2021 vallen energieopslagsystemen ook onder de RfG. In Nederland moet bovendien voldaan worden aan de nieuwe vigerende Nederlandse Netcode elektriciteit, oftewel de Nederlandse implementatie van de RfG. Netbeheer Nederland publiceert op haar website een lijst van omvormers die in principe voldoen aan de Netcode elektriciteit voor zowel PV-systemen als energieopslagsystemen tot 1 MW.

Hieronder volgt een overzicht van productnormen en richtlijnen die gelden bij een net-gekoppelde installatie.

NEN-EN-IEC 62109	Veiligheid van vermogensomzetters gebruikt in foto-elektrische vermogenssystemen.
IEC 62040	Ononderbroken voedingen (UPS-functie van omvormer).
NEN-EN-IEC 61000	Elektromagnetische compatibiliteit.
VDE0126	Automatic disconnection device between a generator and the public low-voltage grid.
VDE4105	Frequentie gestuurde vermogensreductie.

Bijlage B Beschrijving van diensten voor netbeheerders

Dienst	Gebied	Eisen
FCR	Landelijk (TenneT)	Per gehele MW, alleen voor een BSP partij of via geautoriseerde platformen.
FRR (meerdere varianten)	Landelijk (TenneT)	Vanaf 4 MW, alleen voor een BSP partij of via geautoriseerde platformen.
GOPACS (congestiemanagement)	Landelijk en regionaal	Voor deelnemers op de Intraday markt en grootverbruikers via bepaalde platformen.

B.1 FCR

FCR staat voor Frequency Containment Reserve. Met FCR houdt TenneT, samen met de netbeheerders uit nog een aantal Europese landen, het net stabiel voor onvoorziene problemen in vraag en aanbod. FCR wordt dagelijks in zes blokken van vier uur via een veiling ingekocht door TenneT in samenwerking met zeven andere landen.

B.2 FRR

FRR staat voor Frequency Restoration Reserve en bestaat uit verschillende varianten. FCR vangt balansproblemen op en stabiliseert de frequentie. TenneT gebruikt FRR om de frequentie te herstellen naar nominaal. De FRR-diensten zijn de basis voor de onbalansmarkt. FCR wordt dagelijks via een veiling ingekocht door TenneT.

B.3 GOPACS

GOPACS staat voor GridOperator Platform for Congestion Solutions. Met GOPACS kunnen de netbeheerders knelpunten/congestie die dagelijks ontstaan in het net verhelpen door de inzet van flexibiliteit. Een overbelaste verbinding wordt ontlast door aan de vraagkant van het knelpunt aanbod toe te voegen of energiegebruikers af te regelen. En door aan de aanbodkant van het knelpunt vraag toe te voegen of productie af te regelen. Met de inzet van stuurbaar vermogen is er meer vraag- en aanbodcapaciteit aan te sluiten op dezelfde infrastructuur. GOPACS wordt enkele uren tot dagen voorafgaand aan voorziene congestie opengesteld voor biedingen.

Bijlage C Beschrijving van energiebeurs diensten

Dienst	Gebied	Eisen
Day-Ahead Market <i>EPEX SPOT (voorheen APX)</i>	Landelijk en Europees	Voor iedereen open, via juiste platform.
Intraday market <i>EPEX SPOT</i>	Landelijk	Vanaf 1 MW voor iedereen open, via juiste platform.
Onbalansmarkt (TenneT)	Landelijk	Voor iedereen open, via juiste platform.

C.1 Day-Ahead Market

Op de Day-Ahead Market (DAM), voorheen bekend als APX, wordt dagelijks veel energie verhandeld. De markt werkt door middel van een veiling. Per uur worden biedingen om energie te kopen en te verkopen voor de volgende dag met elkaar gekoppeld. Uiteindelijk geldt voor ieder uur één prijs en krijgen alle partijen te horen welke biedingen geaccepteerd zijn tegen deze prijs. Op deze beurs kunnen flinke prijsverschillen ontstaan. Een opslagsysteem kan hiervan profiteren.

C.2 Intraday Market

De Intraday Market is voor het verhandelen van energie nadat de DAM veiling is gesloten. Op deze beurs kan energie worden verhandeld tot 15 minuten van tevoren. Voor deze beurs gelden dezelfde kansen als voor de DAM: opslag kan vraag en aanbod balanceren en profiteren van prijsverschillen. De Intraday Market is geen veiling, maar een continue handel direct tussen de producerende en afnemende partijen. De prijzen zijn dus niet voor iedereen hetzelfde, maar verschillen per gesloten transactie.

C.3 Onbalansmarkt

De Onbalansmarkt is eigenlijk geen markt, maar bedoeld om onderlinge voorspelfouten van marktpartijen te verrekenen. Als een marktpartij met programmaverantwoordelijkheid een voorspelfout maakt heeft deze partij onbalans, een overschot of een tekort aan energie in de portfolio. De onbalans wordt door netbeheerders hersteld via de balanceringsdiensten. De kosten voor het herstel van de balans worden bij de veroorzaker gelegd. Heeft een marktpartij de balans mede helpen herstellen? Dan ontvangt deze partij ook een vergoeding. De onbalansprijzen kunnen fors oplopen maar zijn onvoorspelbaar.

C.4. Meer informatie over markten

Voor meer informatie over balanceringsdiensten en energiebeurzen:

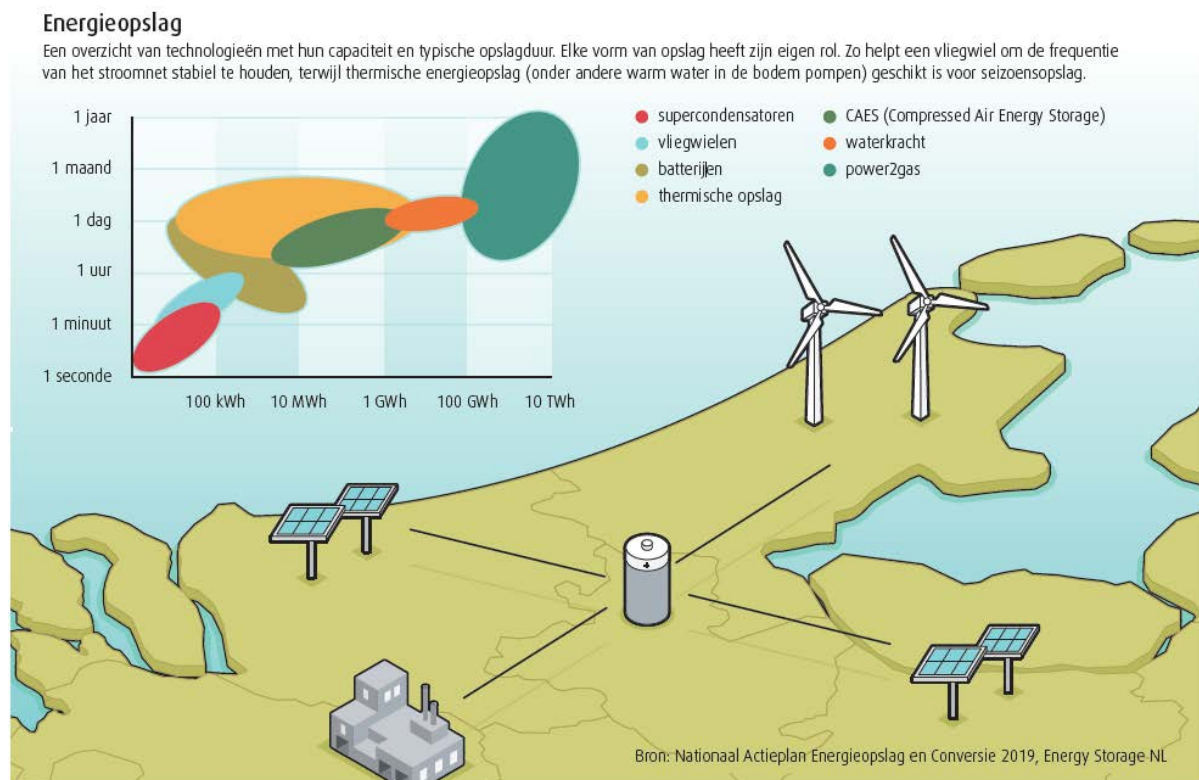
- <https://www.regelleistung.net/ext/?lang=en>
- <https://www.tennet.org/bedrijfsvoering/index.aspx>
- <https://www.gopacs.eu/>
- <https://transparency.entsoe.eu/>
- <https://www.epexspot.com/en>

Bijlage D Opslagvormen

Deze bijlage geeft een overzicht van verschillende opslagvormen. De brede context van energieopslag wordt beschreven waardoor o.a. de rol van batterijen in het brede spectrum van opslagvormen wordt verduidelijkt.

Energieopslag is er in diverse vormen met elk eigen sterkten en zwakten. Energieopslag is in te delen in kort-cyclische energieopslag en lang-cyclische energieopslag. Kort-cyclische opslag is vooral bedoeld voor dag/nacht onbalans, het kunnen leveren van flex en kortstondige opslag. Lang-cyclische opslag is voor bijvoorbeeld het balanceren van seizoenverschillen in de vraag- en aanbodkant van energie. Ook kunnen lang-cyclische opslagmethoden zoals chemische conversie gebruikt worden om een andere industrie te voorzien van duurzaam opgewekte gas als grondstof.

Typisch zijn elektrische opslag, elektrochemische opslag en mechanische opslag in een vliegwiel kort-cyclisch. Chemische, thermische en mechanische opslag zijn lang-cyclisch of geschikt als grondstof voor andere industrieën.



Figuur 7: Overzicht opslagtechnologieën, bron: Nationaal Actieplan Energieopslag en -conversie 2019, Energy Storage NL

D.1 Elektrochemische opslag

D.1.1 Batterijen

In batterijen benutten we chemische reacties met twee of meer elektrochemische cellen om een stroom van elektronen mogelijk te maken.

De meest voorkomende conventionele batterijen zijn li-ion (ook wel NMC genoemd), lithium ijzerfosfaat (ook wel LFP of LiFePo4 genoemd) en NiMH batterijen.

Batterijopslag is de meest toegepaste methode in combinatie met zonnestroominstallaties.

D.1.2 Flowbatterijen

Twee vloeibare oplossingen zijn gescheiden door een membraan waar ionen doorheen kunnen worden uitgewisseld. Hierdoor kan energie worden opgeslagen. Deze opslagmethode is nog experimenteel.

D.2 Elektrische opslag

Elektrische opslag is bij uitstek geschikt voor kortstondig opnemen en leveren van vermogen (watt) en in mindere mate voor het opslaan van energie (wattuur).

D.2.1 Condensatoren

Opslag van energie in elektrostatische velden tussen twee geleidende platen waartussen een kleine afstand zit. Elektriciteit is snel op te slaan en weer te ontladen. Hierdoor zijn korte vermogensschokken te produceren.

Deze opslagmethode zit in de fase van prototype.

D.2.2 Superconducting magnetic energy storage (SMES)

Energie wordt opgeslagen in een magnetisch veld dat wordt gecreëerd door gelijkstroom elektriciteit in een gekoelde spiraal. In gekoeld geleidend materiaal is er nauwelijks weerstand. Dus kan elektrische stroom rondgaan in de spiraal zonder veel verliezen. Deze opslagvorm is nog erg experimenteel.

D.3 Chemische opslag

Zodra de energietransitie vergevorderd is, en daarmee het verbruik van zonne- en windenergie, ontstaat een gat tussen de vraag en het aanbod van elektriciteit. Het overschot aan elektriciteit is slechts beperkt uit te wisselen met buurlanden. Dit geeft kansen voor grootschalige chemische opslag om deze overschotten in eigen land op te slaan. Deze techniek noemen we Power-to-gas. Want de chemicaliën zijn veelal gasvormig. Deze techniek wordt toegepast op momenten waarop de vraag naar elektriciteit na export lager ligt dan de productie. Bedoeld om deze overtollige elektriciteit van windturbines en zonnepanelen te benutten voor de productie van gas. Dit zorgt voor evenwicht tussen vraag en aanbod op het elektriciteitsnet. Op deze manier zijn grote hoeveelheden elektrische energie (tijdelijk) op te slaan als waterstof of methaan voor later gebruik. Chemische opslag is bij uitstek geschikt als “seizoensopslag” en niet voor dag-nacht onbalans. De verwachting is dat dit een eenrichtingsproces wordt: er zal niet weer elektriciteit worden gemaakt na omzetting in een chemische opslagvorm.

D.3.1 Power-to-gas

Gebruik van gas als energiedrager en de opslag van energie. Gas is immers makkelijker langdurig op te slaan dan elektriciteit. De meest voorkomende Power-to-gas toepassingen zijn methaan en waterstof, mierenzuur en ammoniak.

D.3.2. Waterstof

Gebruik van waterstof als energiedrager en de opslag van energie. Door middel van elektrolyse is elektriciteit om te zetten naar waterstof en op te slaan. Waarna het weer terug kan worden omgezet naar de gewenste energievorm zoals elektriciteit, warmte en dergelijke.

D.4 Thermische opslag

D.4.1 Ondergrondse thermische energieopslag

Verwarmd of afgekoeld water wordt ondergronds opgeslagen voor later gebruik als bron voor verwarming of koeling. Dit kan met open systemen in een bestaande watervoerende laag zijn of met

gesloten systemen in gesloten bodemlussen. Door vooral het gebruik van koeling uit de bodem is een lager elektrisch piekvermogen nodig op warme zomerdagen. Daarnaast besparen we hiermee op primaire energie ten opzichte van traditionele ketel-koelmachine oplossingen.

D.4.2 Putopslag

Ondiepe putten worden uitgegraven en gevuld met een opslagmedium, vaak grind en water. En vervolgens bedekt met een laag isolerend materiaal. Water wordt vervolgens in en uit de put gepompt voor gebruik als bron voor warmte of koude. Deze techniek gebruikt men in vergelijking met ondergrondse thermische opslag voor kort-cyclische oplossingen.

D.4.3 Vast medium-opslag

Energie wordt opgeslagen in een vast medium voor later gebruik. Voor verwarming en koeling, bijvoorbeeld bakstenen en beton. Opslag van energie in vaste media heeft een vertragend effect op de vraag naar verwarming en koeling. Het biedt de mogelijkheid om vraagpieken in fase te verschuiven. Dit kan een positief effect hebben op de hoogte van de piekvraag naar elektrische energie.

D.4.4 Faseovergangsmateriaal

Energie wordt opgeslagen in een materiaal dat een faseverandering (verandering van/naar vast, vloeibaar of gas) ondergaat. Bijvoorbeeld ijsopslag en PCM. Op momenten waarop er een overschot is aan thermische energie is deze bruikbaar om een faseverandering van het materiaal tot stand te brengen. Waarna op het gewenste moment de faseverandering juist gebruikt wordt om een andere piek op te vangen. Dit principe zien we veel toegepast in datacentra waar 's nachts PCM wordt gestold en overdag gesmolten. Dit dempt de piekvraag naar energie.

D.4.5 Warm- en koudwateropslag in tanks

Opslag van warm of koud water is bruikbaar om te voorzien in de vraag naar warmte en koude. Een bekend voorbeeld is die in huishoudelijke toepassing voor warm water. Door de inzet van tanks kan op een ander moment dan het piekvraagmoment energie worden gevraagd om de tanks te laden.

D.4.6 Gesmolten zout

Op kamertemperatuur en atmosferische druk is gesmolten zout een vaste vorm. Echter, dit wordt vloeibaar wanneer het verwarmd wordt. Vaak gebruiken we dit zout om warmte op te slaan en vervolgens om elektriciteit mee op te wekken.

D.5 Mechanische opslag

D.5.1 Vliegwielen

Een vliegwielen zet elektriciteit om in roterende energie door een mechanisch apparaat op hoge snelheid rond te laten draaien. Deze roterende energie is vervolgens weer te herwinnen door de rotor af te remmen. Vliegwielen kunnen gedurende een korte periode een typisch hoogvermogen leveren.

D.5.2 Samengeperste lucht CAES/LAES

Elektriciteit wordt gebruikt om lucht samen te persen in ondergrondse grotten of tanks voor energieopslag. Door de lucht weer vrij te laten komen is elektriciteit op te wekken.

D.5.3 Pompcentrale

Een waterkrachtcentrale die elektriciteit kan opslaan door water van een lager reservoir naar een hoger gelegen reservoir te pompen, voor later gebruik. Elektriciteit wekken we vervolgens op door water van het hoger naar het lager reservoir te laten stromen.

Bijlage E PGMD-formulier

Dit formulier is bedoeld voor de registratie van een nieuwe elektriciteitsproductie-eenheid (PGM) met een capaciteit van 1 MW tot 50 MW ("type B") of van 50 MW tot 60 MW ("type C"). Een batterijsysteem moet alleen een eigen formulier krijgen als hij niet de aansluiting (zelfde EAN) deelt met de energieopwekker.

Algemeen

- Locatie (adresgegevens).
- Primaire energiebron. Op basis van gestandaardiseerde categorieën: biomassa (B01)/aardgas (B04)/geothermie (B09)/waterkracht (B11)/anders hernieuwbaar, namelijk ... (B15)/zon (B16)/afval (B17)/wind (B19)/anders, namelijk ... (B20).
- Opbouw klantinstallatie (eenlijnsdiagram).
- Merk/fabrikant en typeaanduiding productie-eenheid.

Gegevens generator/opwekeenheid

- Type generator (synchroon, asynchroon, inverter gekoppeld).
- In geval van windturbine tevens: type turbine (dubbel gevoede inductiemachine, direct drive).
- Nominaal vermogen [kVA].
- In geval van zonnestroominstallatie: totale vermogen zonnepanelen (wattpiek) en totale vermogen omvormers/inverters.
- Nominale spanning [kV].
- Nominale arbeidsfactor [-].
- Subtransiënte reactantie X_d'' [p.u.] (bij synchrone generator).
- Verhouding kortsluitstroom nominale stroom I_{sc}/I_n [-] (bij asynchrone of inverter gekoppelde generator).
- Beveiligingsinstellingen generator: $U<$, $U>$, $I>$, $f<$, $f>$ met bijbehorende afschakeltijden, df/dt -relais of vectorsprongrelais.

Gegevens step-up transformator (indien van toepassing)

- Nominaal vermogen [kVA].
- Nominale spanning primair [kV].
- Nominale spanning secundair [kV].
- Nominale kortsluitspanning [%].
- Nominale koper- of kortsluitverliezen [kW].
- Nominale ijzer- of nullastverliezen [kW].
- Schakelgroep wikkelingen (bijvoorbeeld YNd5) en sterpuntsbehandeling (zwevend, hard geaard, geaard via impedantie).
- Regelschakelaar (indien van toepassing): hoogste trap [kV], laagste trap [kV], stapgrootte [kV]. Regelbaarheid: continu regelbaar (online) of spanningsloos instelbaar (offline).

Gegevens vermogenselektronische converter (indien van toepassing)

- Nominaal vermogen [kVA].
- Hogere harmonischen: specificatie van de voorkomende harmonische ordes als percentage van de nominale stroom.

Modellen (optioneel, door netbeheerder aan te geven)

- Simulatiemodellen voor het statisch en dynamisch gedrag van de elektriciteitsproductie-eenheid.

Contactgegevens van de eigenaar van de elektriciteitsproductie-eenheid

- Minimaal adresgegevens en emailadres en optioneel telefoonnummer.

Gegevens voor aantonen conformiteit aan de eisen uit de codes

- Conformiteitsverklaringen/certificaten van erkende certificerende instanties (geaccrediteerd door Raad voor Accreditatie).

Of:

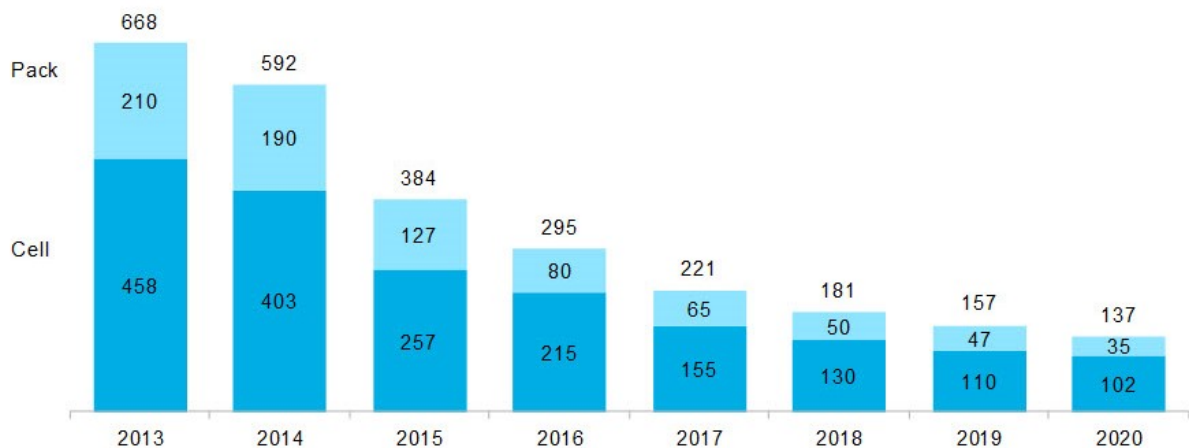
- Een gespecificeerde verklaring.

Bijlage F: prijsontwikkeling batterijsystemen

Een energieopslagsysteem is opgedeeld in meerderere componenten: een batterijpakket, batterijomvormer, al dan niet gecombineerd met zonnepanelenomvormer en installatiekosten.

F.1 Batterijpakket

Mede door de groeiende markt van elektrische auto's maakt de batterij een sterke kostendaling door. Opschaling van productie en innovatie zorgen ervoor dat een batterij per kWh steeds goedkoper wordt. De onderstaande afbeelding geeft de historische data.

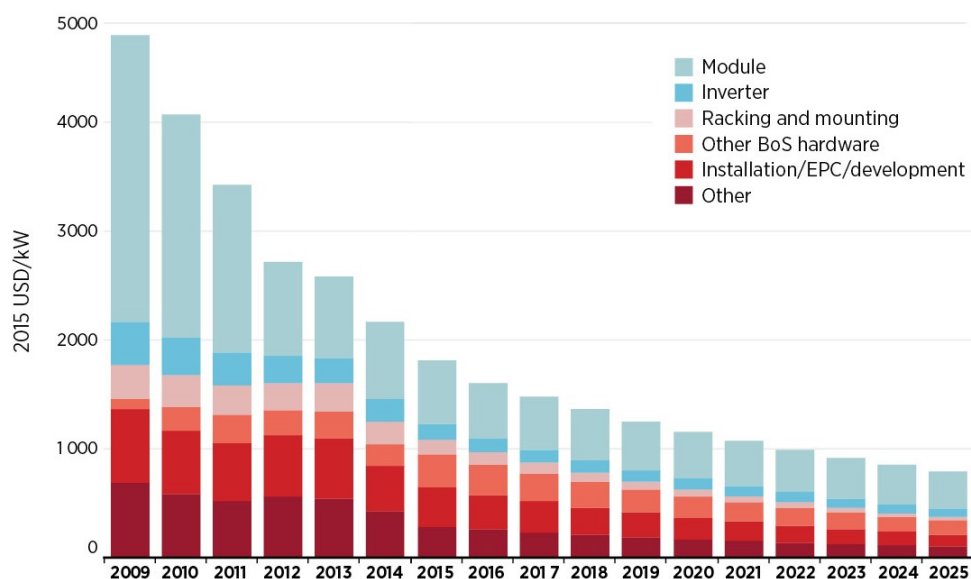


Source: BloombergNEF

F.2 Batterijomvormer en installatiekosten

De batterijomvormer is in de basis niet veel anders dan een zonnepanelenomvormer. Op dit moment ligt de prijs van een batterijomvormer iets onder die van een zonnepanelenomvormer. Ook komen er steeds meer omvormers op de markt met een dubbele functie: zowel de zonnepanelen als een batterijpakket.

De arbeidskosten voor een batterij zijn nu nog een aandachtspunt. Omdat de techniek relatief nieuw is, kost het installeren van een batterij nog relatief veel tijd. De verwachting is dat dit snel daalt. Ook verschijnen er steeds meer sneller te installeren systemen op de markt.



Bijlage G: Samenstelling contactgroep

Chiem Ringers	Alliander
Jos Theuns	Ateps
Enes Baser	Holland Solar
Jeroen Panis	Indutecc
Michiel Wiggers	iwell
Wobbe van den Kieboom	KWA Bedrijfsadviseurs
Nynke Hermelink	Rijksdienst Voor Ondernemend Nederland (RVO)
Jesper Juffermans	Rijksdienst Voor Ondernemend Nederland (RVO)
Karin Keijzer	Rijksdienst Voor Ondernemend Nederland (RVO)
Ruud van de Voort	Soltronergy
John van Vugt	Techniek Nederland
David van der Burg	Zonnesfabriek
Rapporteurs	
Melvin van Melzen	All in power
Henry Lootens	ISSO

Dit is een publicatie van:

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
Prinses Beatrixlaan 2 | 2595 AL Den Haag
Postbus 93144 | 2509 AC Den Haag
T +31 (0) 88 042 42 42
[Contact](#)
www.rvo.nl

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van het het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.

© Rijksdienst voor Ondernemend Nederland | juli 2022
Publicatienummer: RVO-158-2022/RP/DUZA

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) stimuleert duurzaam, agrarisch, innovatief en internationaal ondernemen. Met subsidies, het vinden van zakenpartners, kennis en het voldoen aan wet- en regelgeving. RVO werkt in opdracht van ministeries en de Europese Unie.

RVO is een onderdeel van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.