

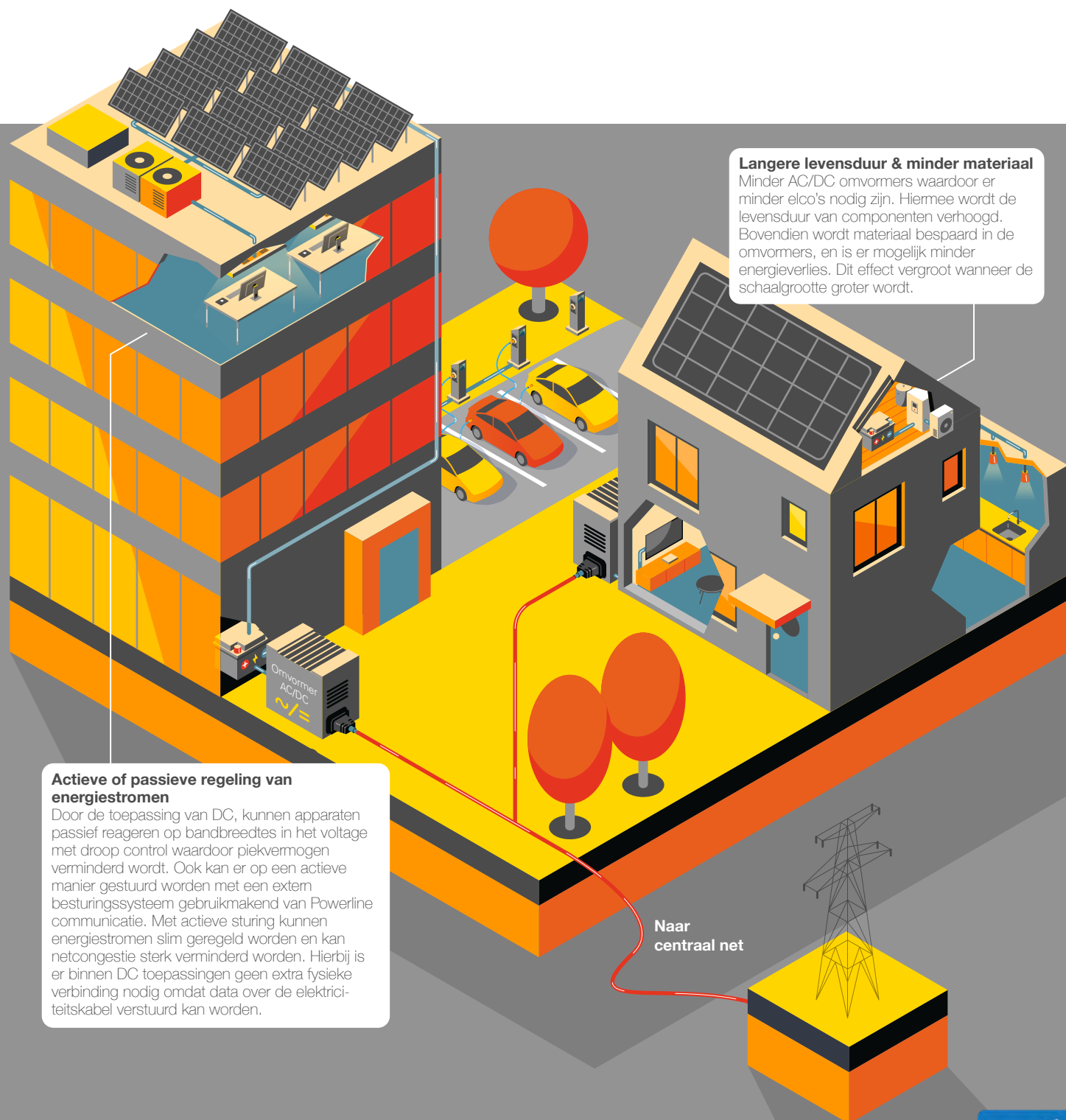
Update Gelijkspanning

December 2020

■ woningen en utiliteit

Dit rapport is tot stand gekomen in opdracht van RVO op verzoek van de TKI Urban Energy

door Rutger Bianchi, Thijs Verboon en Liesbeth van Klink



Langere levensduur & minder materiaal

Minder AC/DC omvormers waardoor er minder elco's nodig zijn. Hiermee wordt de levensduur van componenten verhoogd. Bovendien wordt materiaal bespaard in de omvormers, en is er mogelijk minder energieverlies. Dit effect vergroot wanneer de schaalgrootte groter wordt.

Actieve of passieve regeling van energiestromen

Door de toepassing van DC, kunnen apparaten passief reageren op bandbreedtes in het voltage met droop control waardoor piekvermogen verminderd wordt. Ook kan er op een actieve manier gestuurd worden met een extern besturingssysteem gebruikmakend van Powerline communicatie. Met actieve sturing kunnen energiestromen slim geregeld worden en kan netcongestie sterk verminderd worden. Hierbij is er binnen DC toepassingen geen extra fysieke verbinding nodig omdat data over de elektriciteitskabel verstuurd kan worden.

Inhoud

| | |
|---------------------------------------|---|
| Aanleiding | 3 |
| Inleiding | 3 |
| Raakvlakken met andere marktsegmenten | 5 |
| Stand van zaken | 5 |
| Marktadoptie | 8 |
| Knelpunten | 9 |
| Aanbevelingen | 9 |



Gelijkspanning in woningen en utiliteit

DC-toepassingen in woning en utiliteit (bedrijfsgebouwen) kunnen ervoor zorgen dat er mogelijk minder energieverliezen optreden, materiaal uitgespaard kan worden en dat apparatuur makkelijker gestuurd kan worden, actief dan wel passief. Deze sturing heeft als potentieel voordeel een betere afstemming met opwek achter de meter en het voorkomen van congestie op het net. De adoptie van DC in woningen en utiliteit heeft daarbij wel een aantal knelpunten namelijk (1) normalisatie, (2) veiligheid en (3) stimulans voor consumenten (gebouwgebruikers en -eigenaren). Er wordt aanbevolen om in te zetten op grootschalige pilots, ontwikkelen van certificering voor DC-componenten en ontwikkeling van incentive voor de consumenten. Hiernavolgend gaan we in op deze aspecten.

Aanleiding

Dit Whitepaper maakt onderdeel uit van een rapportage over de stand van zaken van gelijkspanning in Nederland. De rapportage is een update van de Roadmap gelijkspanning die in 2018 is opgesteld. Algemene informatie en details over de voordelen, nadelen en uitdagingen van gelijkspanning (DC) worden uitgelegd in de update gelijkspanning. Naast de update gelijkspanning gaan wij dieper in op vijf specifieke marktsegmenten middels vijf Whitepapers. In dit Whitepaper wordt ingegaan op het marktsegment gelijkspanningstoepassingen in woningen en utiliteit. Hierbij gaan we eerst in op het concept vervolgens op de: stand van zaken, marktadoptie, knelpunten en aanbevelingen.

Inleiding

In dit Whitepaper wordt gekeken naar de mogelijke rol van gelijkspanning in de gebouwde omgeving. Deze link tussen DC en de gebouwde omgeving komt voort uit een aantal ontwikkelingen van

gelijkspanningsapparatuur en het feit dat er behoefte is aan sturing van apparatuur. Dit is makkelijker wanneer een DC-net gebruikt wordt.

In woningen en utiliteit kunnen met de implementatie van DC energieverliezen worden gereduceerd doordat er minder AC/DC-omvormers nodig zijn. Daarnaast kunnen er met de toepassing van gelijkspanning materialen worden uitgespaard (uit deze AC/DC-omvormers). Ook kunnen apparaten eventueel via powerline-communicatie slim worden gestuurd. Een andere vorm van sturing is meer passief, door de toepassing van droop-control, waardoor er op basis van grenswaarden voor de spanning in apparaten op een passieve manier het verbruik wordt beïnvloed. Deze sturing is noodzakelijk omdat door digitalisering en de energietransitie het aantal elektrische apparaten groeit. Dit voordeel wordt groter met een toename in decentrale elektriciteitsproductie en elektriciteitsgebruik.

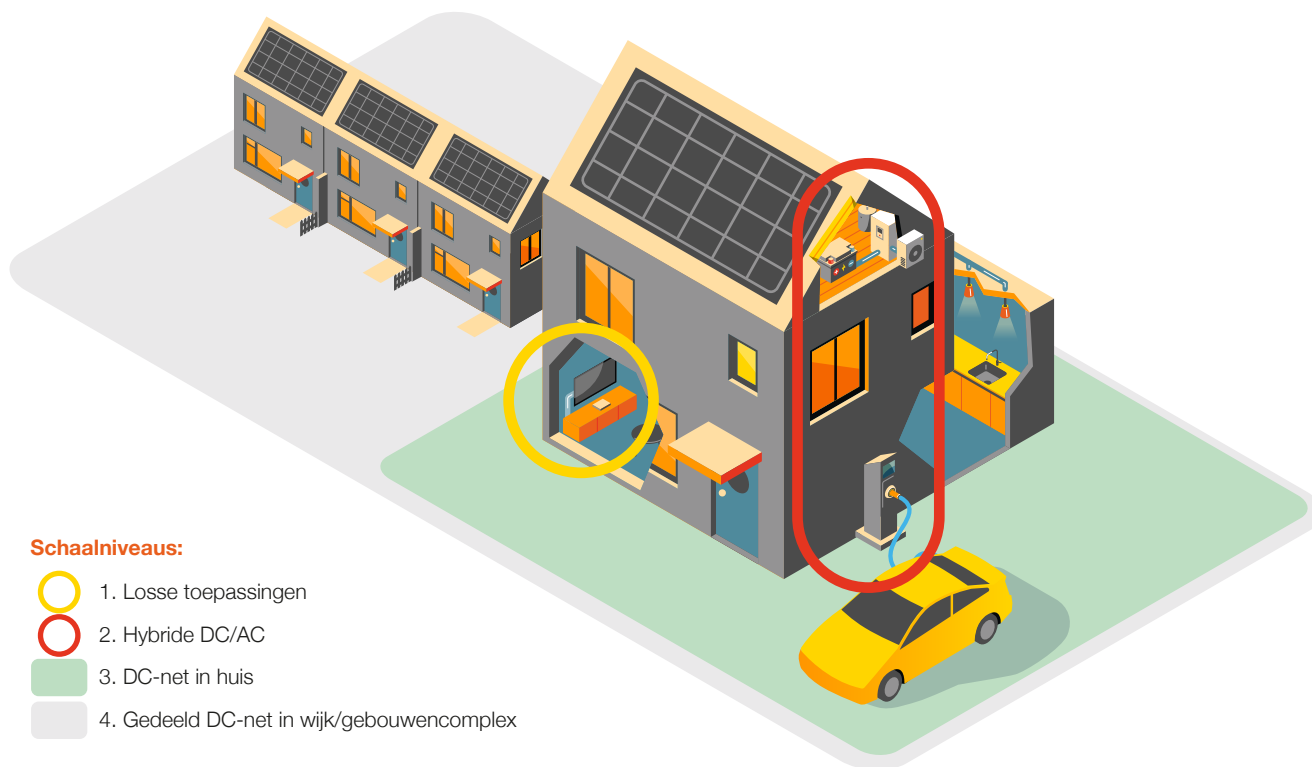
Er is een sterke groei in het aantal toepassingen dat van DC gebruik maakt. Hierbij zijn er twee grote trends gaande, (1) digitalisering en (2) de energietransitie. Voorbeelden van digitalisering waarbij in alledaagse apparatuur DC gebruikt wordt, zijn mobiele telefoons, tablets en laptops. Daarnaast zorgt de energietransitie ervoor dat er meer gelijkspanningstechnologieën in de gebouwde omgeving worden gebruikt. Zonnepanelen leveren bijvoorbeeld DC, en elektrisch voertuigen worden opgeladen met DC.

Daarnaast wordt er verwacht dat het aantal thuisbatterijen (als gevolg van het grote aantal zonnepanelen en het wegvallen van de salderingsregeling) gaat toenemen de komende jaren. Batterijen gebruiken net als zonnepanelen en elektrische voertuigen (EV) ook DC. Kortom, het aantal technologieën dat gebruik maakt van gelijkspanning in de gebouwde omgeving is groot, en stijgt naar verwachting de komende jaren sterk. Het huidige elektriciteitsnet werkt nu op wisselspanning, waardoor al deze technologieën omvormers nodig hebben.

Naast het aandeel elektriciteit dat nodig is voor verwarming stijgt naar verwachting ook het aantal huishoudens dat elektrisch kookt. Dit betekent dat de piekvraag aan energie 's avonds in de toekomst grotendeels bestaat uit elektriciteit (waar deze nu grotendeels met aardgas wordt ingevuld). Er worden capaciteitsproblemen voorzien wanneer deze trends doorzetten, omdat het huidige elektriciteitsnet niet op deze vraag gedimensioneerd is. Dit zou betekenen dat het net verzaamd moet worden, maar DC kan hier ook een oplossing bieden. Door (veel capaciteitvragende) apparaten aan te sluiten op een in pandig gelijkspanningsnet wordt het mogelijk apparaten selectief minder vermogen te geven of uit te schakelen als er overbelasting wordt gedetecteerd, zonder dat hiervoor additionele slimme apparatuur voor nodig is. Daarnaast kan er bij gelijkspanning ook meer vermogen over de zelfde kabel of leiding getransporteerd worden, waardoor het minder snel nodig is de kabel te verzwaren. (zie ook het marktsegment lokale DC-netten)

In dit Whitepaper wordt er onderscheid gemaakt tussen vier verschillende schaalniveaus (Figuur 1).

1. In het laagste schaalniveau maken alleen **losse toepassingen** gebruik van gelijkspanning. Een voorbeeld hiervan is een USB-C hub. Hieraan kunnen meerdere telefoons of laptops geladen worden zonder dat hiervoor per apparaat een omvormer/adapter nodig is. **Voordeel: materiaal besparing door minder AC/DC-omvormers, regeling van energiestromen actief dan wel passief voor bijvoorbeeld individuele apparatuur (door middel van powerlinecommunicatie (PLC) of droop-control).**
2. In het tweede schaalniveau beschikt een gebouw over zowel een in pandig DC- als een AC-net. Toepassingen waar de voordelen van gelijkspanning meer kans hebben, worden van gelijkspanning voorzien, terwijl de rest van het huis nog van wisselspanning voorzien wordt. Een voorbeeld hiervan is een woning waarbij de keuken, zonnepanelen, de elektrische auto en/of batterijen op gelijkspanning zijn aangesloten en de rest van het huis op wisselspanning is aangesloten. **Voordeel: materiaalbesparing voor groepen DC-apparatuur, daarnaast minder energieverlies en onderhoud, passieve beïnvloeding van verbruik door het instellen van grenswaarden binnen een groep apparaten (bijvoorbeeld afstemming binnen de keuken).**
3. Op het derde schaalniveau wordt het hele gebouw voorzien van gelijkspanning. De wisselspanning van het distributienet wordt in de meterkast omgezet naar gelijkspanning. De apparaten die niet op gelijkspanning kunnen functioneren, hebben in dit schaalniveau een AC/DC-omvormer nodig. **Voordeel: mogelijkheid tot aansluiten van auto-laders, zon-PV en thuisbatterijen met minder materiaal, slijtage en daarnaast minder omvormingsverliezen, regeling van energiestromen actief dan wel passief tussen huishoudelijke apparatuur (d.m.v. PLC of droop-control).**
4. Op het hoogste (vierde) schaalniveau wordt een gelijkspanningsnet gedeeld in een wijk of gebouwen complex. Het verschil met schaalniveau drie is dat een deel van het distributienet ook op gelijkspanning moet worden omgezet. **Voordeel: aansluiting op lokale laadinfrastructuur en opwek met minder materiaal, onderhoud en omvormingsverliezen. Regeling van energiestromen actief dan wel passief binnen een wijk (door middel van PLC of droop-control) Hiermee kan in potentie netcongestie worden verminderd.**



Figuur 1 Visualisatie van de schaalniveaus van gelijkspanning in de gebouwde omgeving

| Schaalniveau | Kansrijk | Complexiteit | Beschikbaarheid | Nieuwbouw |
|---|----------|--------------|-----------------|-------------------------------|
| 1: Losse toepassingen DC | Hoog | Laag | Hoog | Niet noodzakelijk |
| 2: Hybride DC / AC net | Hoog | Gemiddeld | Gemiddeld | Niet noodzakelijk |
| 3: DC-net | Laag | Hoog | Laag | Niet noodzakelijk wel complex |
| 4: Gedeeld DC-net in wijk/gebouwencomplex | Laag | Hoog | Laag | Noodzakelijk |

Tabel 1 Schaalniveaus van DC in gebouwde omgeving (1/5 = laag, 5/5 = hoog)

Raakvlakken met andere marktsegmenten

Een net voor woningen en utiliteit heeft een aantal raakvlakken met andere marktsegmenten. Op een laag schaalniveau heeft het overeenkomsten met het marktsegment laadinfrastructuur of aan openbare verlichting. Dit komt met name omdat het een net(deel) of installatie is, toegewijd aan één toepassing. Dit maakt overgang naar DC makkelijker aangezien hier niet alle apparatuur op hoeft aangepast te worden. Hierbij zijn minder AC/DC-omvormers noodzakelijk en kunnen energiestromen in potentie middels PLC of droop-control actief dan wel passief slimmer gestuurd worden. Een andere overeenkomst is hier ook de door de energietransitie aangestuurde trend van het groeiende aantal DC-apparaten in de samenleving.

Op een hoger schaalniveau vertoont gelijkspanning in de gebouwde omgeving gelijkenis met een lokaal DC-net. Dit komt met name omdat er meerder gebruikers op het net zijn. En dat een deel van het huidige distributienet omgezet moet worden in DC.

Stand van zaken

Zoals te zien is in Tabel 2 zijn er verschillende projecten op het gebied van DC in woningen en utiliteit. De projecten worden gedaan binnen de verschillende schaalniveaus waarbij de meeste projecten zich in de demonstratie en prototype fase bevinden.

Op schaalniveau 1 zijn er twee projecten bezig met het ontwikkelen van DC-componenten om zo de toepassing van DC in woningen en utiliteit te

faciliteren. Deze projecten richten zich op het ombouwen van bestaande apparatuur en de ontwikkeling van USB-C aansluitingen.

Daarnaast zijn er verschillende projecten gefocust op hybride opties. Hierbij kan de integratie van een DC net naast een AC net op verschillende schaalgroottes plaatsvinden, zoals huizen en koelhuizen maar ook enkel een specifieke zaal of dak. De DC-netten worden in deze projecten gebruikt voor de koppeling van DC-toepassingen.

Twee projecten houden zich bezig met implementaties van enkel DC-netten. Dit is het geval bij een onderwijsgebouw van de TU Delft en bij een 'proof of concept'-project in innovatiewoningen in Heerlen. Deze laatste is het zogenaamde DC-Flexhouse project. Het beoogde doel is daar echter niet behaald, wel is de technologie die in DC-Flexhouse en USB-C is ontwikkeld, succesvol toegepast in Circl en PULSE.

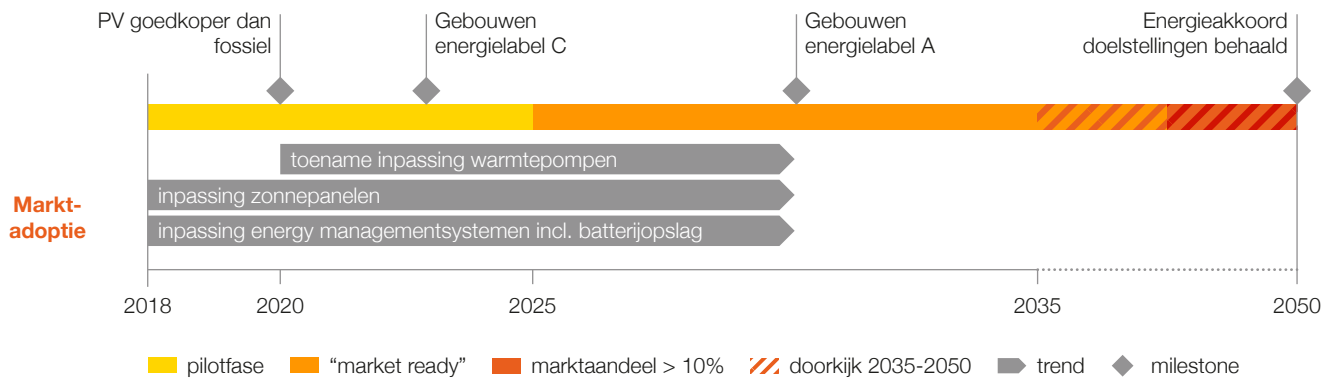
| Project-naam | Project | Koppeling met andere technieken | Organisaties | Subsidie | Type | Jaartal (start) |
|-----------------------------------|---|--|--|--|---------------------------------|-----------------|
| <u>DC domestic appliances</u> | Bestaande apparatuur ombouwen naar DC-voeding | nvt | ABB / ATAG / DC opportunites / Direct Current / HHS / Simulation reseach / SGSN | Innovaties aardgasloze wijken | Proof of concept | 2018 |
| <u>DC flexhouse</u> | Vijf werkpakketen voor de vervanging van energie infrastructuur in woningen | Wijkniveau (DC-netten) | ABB / Direct Current / IPM / HHS / IBC-Solar / Stichting Hogeschool Zuyd / SGNL | IDEEG2 | Proof of concept | 2015 |
| <u>USB-(D)C</u> | Ontwikkeling en realisatie van elektrische aansluitingen voor gelijkspanningsnetten voor elektronica, verlichting en kleinverbruikers | | Direct Current / ABB / BAM / HHS | IDEEG2 | Ontwikkeling & marktintroductie | 2015 |
| <u>Smart DC lofts</u> | Hybride DC/AC net in innovatieve huizen in Eindhoven (Strijp-S) | PV / opslag / wijk | Volkerwessels Icity / HOMIJ / ABB / Direct Current / Van Mierlo / OpenRemote | DEI | Demonstratie | 2016 |
| <u>ZoCool</u> | Hybride DC/AC net voor koelhuizen in de fruitsector | PV / Koelsysteem / regelsysteem | DNV GL / AFI / Direct Current / Fruitpact / I-Thermostat / KEMA / Solar Comfort / Van Kempen Koudetechniek | SDE+ zon & gebouwde omgeving | Demonstratie | 2014 |
| <u>Pulse gebouw</u> | Energie neutraal onderwijsgebouw op de TU Delft | PV / USB-C | DC Systems / TU Delft | | Demonstratie | 2018 |
| <u>Project Stroom-versnelling</u> | Woningen in Soesterberg voor nul-op-de-meter concept met DC-module | Warmtepomp / ventilatie-unit / PV | BAM / Volkerwessels / Ballast Nedam / Dura Vermeer / Direct Current | STEP subsidie en FEH lening (voor woningcorporatie en verhuurders) | Demonstratie / prototype | 2014 |
| <u>Factory Zero</u> | Dak geïntegreerde energiemodule voor ventileren, verwarmen en koelen op DC | PV / Platte boiler | Factory Zero | MMIP combinatie | Prototype | 2020 |
| <u>Smart TinyLab</u> | Onderzoek naar 350VDC grid in woning in vergelijking met AC grid in woning | PV / warmtepomp / opslag / keuken / verlichting | Saxion / Eaton / Bouwschool Twente / BINX / BRControls / Dumont Advies | | Proof of Concept | 2020 |
| <u>Project CASA</u> | Onderzoeksproject van de TU/e voor innovatieve huizenbouw waarin een hybride AC/DC grid ook een onderdeel is | PV-T / verlichting / warmtepomp / keuken / (seizoens) opslag | TU/e / Eaton / SolarTech / DUCO / NRGTEQ / HoCoSto / Geerts | | Proof of Concept | 2020 |
| <u>Circl</u> | Kantoorpand op de Zuidas op DC | PV / verlichting / ventilatie / batterijen / USB-C | ABN Amro/BAM | | Demonstratie | 2017 |

Tabel 2 Projecten met gelijkspanningstoepassingen in woningen en utiliteit

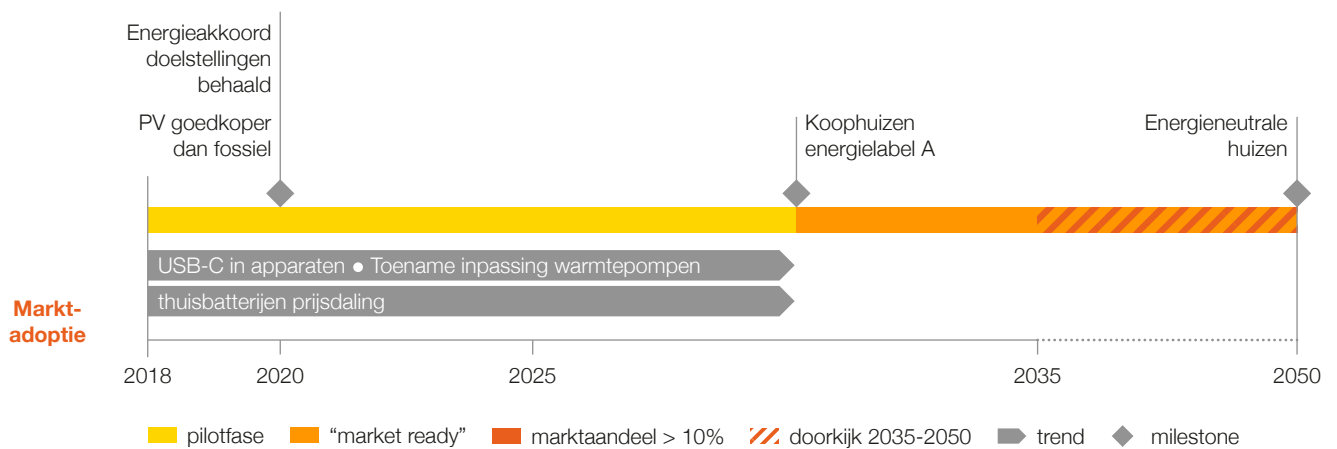
Marktadoptie

In de Roadmap Gelijkspanning uit 2018 zijn tijdlijnen geschetst voor de marktadoptie van gelijkspanning in de verschillende marktsegmenten. In de hiernavolgende Figuren 2 en 3 zijn de tijdlijnen voor gelijkspanning in utiliteit en woningen weergegeven. Zoals aangegeven in 'Bestaande Projecten' zijn er verschillende pilots en demonstraties voor gelijkspanning

in woningen en utiliteit. Verder is de toepassing van gelijkspanning in woningen en utiliteit inderdaad nog niet 'market ready' en lijkt dit lastiger te zijn in woningen dan in utiliteit door de hoge complexiteit in woningen. De marktadoptie lijkt hiermee de verwachte trend te volgen van de tijdlijnen.



Figuur 2 Tijdlijn utiliteit uit Roadmap Gelijkspanning



Figuur 3 Tijdlijn woningen uit Roadmap Gelijkspanning

Knelpunten

Normalisatie, veiligheid en beleid zorgen voor knelpunten in de ontwikkeling van gelijkspanning in woningen en utiliteit. Deze knelpunten zorgen er bijvoorbeeld voor dat gelijkspanningsapparatuur voor de gebouwde omgeving nog niet op grote schaal geproduceerd kan worden. De **beschikbaarheid van apparatuur is dan ook beperkt**. De knelpunten spelen tot een bepaalde mate op alle schaalniveaus. Op het gebied van beleid is er een specifiek knelpunt op het vlak van een wettelijk vastgestelde DC-kWh meter. Dit knelpunt komt ook in de andere marktsegmenten terug.

■ Normalisatie (1)

Certificering is nog maar beperkt ontwikkeld op het gebied van gelijkspanningsapparatuur in de gebouwde omgeving. Op dit moment bestaat er bijvoorbeeld nog geen CE-keurmerk voor gelijkspanningskeukenapparaten. Zonder CE-keurmerk is het niet mogelijk apparatuur te verkopen. Er is hierdoor geen markt vraag. Dit weerhoudt fabrikanten niet alleen om DC-apparatuur te produceren, maar ook om überhaupt onderzoek te doen naar DC-apparatuur.

■ Veiligheid (2)

Volgens fabrikanten is er nog te weinig getest op de veiligheid van gelijkspanningsapparatuur. In testopstellingen en laboratoria is er wel veel onderzoek gedaan naar veiligheid, maar praktische projecten met gelijkspanningsapparatuur in huizen ontbreekt nog. Hierdoor kan er geen volledige veiligheid gegarandeerd worden. Hoewel veiligheid voor alle schaalniveaus een knelpunt is, is het voor lagere schaalniveaus makkelijker op te lossen. Hiervoor hoeft alleen de veiligheid voor één applicatie aangetoond en gecertificeerd te worden in plaats van een heel systeem, waarbij het een combinatie van componenten beslaat die ook in samenspel getest moeten zijn

■ Incentives voor de consument (3)

Een voordeel van gelijkspanning is de regelbaarheid van het systeem. Dit is nu nog geen additioneel voordeel voor de consument. Nu werkt zijn apparatuur namelijk ook. Doordat het voor de consument niet transparant is welke apparaten veel energie vragen, of welke apparaten zorgen voor overbelasting, zal hij in de huidige situatie geen voordelen zien in gelijkspanning. Terwijl deze voordelen er op systeemniveau wel zijn. Bovendien betaalt de consument nu niet extra voor een hogere piekvraag, waardoor het voor de consument niet voordelig is om de piekvraag

te minderen. Op het moment dat de salderingsregeling voor teruglevering van zonne-energie verdwijnt, wordt regelbaarheid van elektriciteitsvraag binnen de woning voor consumenten interessanter. Dit kan bijvoorbeeld via PLC (powerlinecommunicatie) waarbij middels een interface apparaten aangestuurd kunnen worden net zoals bij AC maar dan door data over de kabel. Een andere mogelijkheid die gelijkspanning biedt, is via droop-control waarbij apparaten passief reageren op het spanningsniveau en daar het gevraagde vermogen automatisch op aanpassen. Wanneer er dan juist veel of weinig zonne-energie beschikbaar is zien apparaten dit terug in de spanning en reageren hierop in het verbruik.

Aanbevelingen

Gelijkspanning in gebouwde omgeving is op verschillende schaalniveaus te implementeren. Waarbij de laagste schaalniveaus meer haalbaar lijken op de korte termijn. Overkoepelend wordt er aanbevolen om eerst de knelpunten bij lage schaalniveaus weg te nemen, voordat er wordt gekeken naar de ontwikkeling van hogere schaalniveaus. Om gelijkspanning in de gebouwde omgeving verder te ontwikkelen, is er aandacht nodig voor grote pilots, het ontwikkelen van certificering voor DC-componenten en incentives creëren voor eindgebruikers zoals prijs fluctuaties tijdens piekmomenten.

■ Grootschalige pilots

Veel pilots naar DC in de gebouwde omgeving zijn nu vooral in laboratoria gedaan. Een pilot in een woning is nog niet eerder uitgevoerd, waardoor het precieze voordeel van DC nog niet volledig gekwantificeerd is. Volgens de sector zou het veel meerwaarde bieden om één woning volledig aan te sluiten op DC en deze te vergelijken met een gelijke woning op AC. Op deze manier kan de meerwaarde van DC ten opzichte van AC op een transparante manier onderzocht worden, én wordt DC-apparatuur getest in een alledaagse omgeving. Deze pilot kan op korte termijn al plaatsvinden. In de utiliteitsbouw zijn al meer projecten gedaan, maar de voordelen zijn hier nog niet duidelijk gekwantificeerd.

■ Ontwikkelen certificering voor DC-componenten

Op dit moment speelt er een kip-ei probleem met de certificering van DC apparatuur voor

de gebouwde omgeving. Bedrijven willen niet grootschalig inzetten op gelijkspanningsapparatuur omdat er geen certificering voor gelijkspanningsapparatuur bestaat, en er is geen certificering, omdat er maar enkele bedrijven met DC-apparatuur bezig zijn. Daarnaast komt er uit verschillende niches wel vraag naar gelijkspanningsapparatuur voor de gebouwde omgeving. Deze wordt op dit moment niet geleverd omdat er nog geen certificering is. Daarom wordt er aangeraden om sterk in te zetten op het certificeren van gelijkspanningsapparatuur in de gebouwde omgeving. Deze certificering kan plaats vinden op het moment dat er ook duidelijke normen zijn aan de hand waarvan certificering door geaccrediteerde bedrijven mogelijk is.

■ Incentives creëren voor eindgebruiker

Gebruikers kunnen op twee manieren gestuurd worden om minder elektriciteit te verbruiken tijdens de piekuren. Enerzijds kan dit met passieve droop control, waarbij apparaten automatisch reageren op de bandbreedtes in het voltage. Hierbij is het van belang om incentives te creëren, die ervoor zorgen dat de eindgebruiker beloond wordt om dit systeem goed in te richten. Dit kan bijvoorbeeld met het introduceren van hogere kosten tijdens piekuren. De salderingsregeling gaat dit tegen, omdat de eindgebruiker nu zoveel mogelijk zonne-energie in het systeem wil stoppen en geen incentive heeft om dit zelf op te vangen met behulp van bijvoorbeeld de droop-control bij DC. Anderzijds kunnen er incentives gecreëerd worden voor het introduceren van een slim besturingssysteem, waarbij de gebruiker een kosteneffectieve strategie in gebruik kan kiezen. Ook hiervoor zou er een incentive moeten komen door elektriciteit op piekmomenten hogere kosten te geven. Bovendien zouden de gebruikers hierbij inzicht moeten hebben in real-time verbruik. Deze tweede oplossing kan ook met AC geïntroduceerd worden, echter heeft DC het voordeel dat data over de elektriciteitskabel verstuurd kan worden met behulp van powerlinecommunicatie (PLC) en hier geen additionele verbinding voor nodig is.

