

ALL-ELECTRIC: ELEKTRICITEIT OPWEKKEN, GEBRUIKEN EN TRANSPORTEREN

SAMENVATTING

Deze whitepaper is deel van een serie whitepapers van lectorenplatform Energievoorziening in Evenwicht (LEVE). In de gebouwde omgeving is warmte de grootste toepassing van energie: meer dan 75% van alle energie wordt als warmte gebruikt. De bron voor deze warmte is in Nederland anno 2020 meestal aardgas, een fossiele brandstof. Deze whitepaper gaat in op de aardgasloze optie van een all-electric warmtevoorziening in woningen.

All-electric betekent dat alle energie die nodig is, binnenkomt als elektriciteit, mogelijk in combinatie met een lokale bron van warmte (uit de lucht of de bodem). Een all-electric huis met een dak vol zonnecellen is op dit moment in veel gevallen een financieel aantrekkelijke optie voor de eigenaren en/of bewoners die van het aardgas af willen. Dit komt mede doordat de gebruikte

energie mag worden weggestreept tegen de opgewekte energie, zelfs als opwek en gebruik niet tegelijkertijd zijn. Dit stelt zware eisen stelt aan het elektriciteitsnetwerk: het grootste deel van de opgewekte elektriciteit wordt twee keer getransporteerd. Ook heeft het moment waarop elektriciteit gebruikt wordt invloed op de duurzaamheid van de all-electric warmtevoorziening.



INLEIDING

De warmtevraag in de gebouwde omgeving is verantwoordelijk voor ongeveer 75% van de energievraag van die omgeving. In een huishouden is warmte bijvoorbeeld nodig om te bakken en te koken, om een douche te nemen en het huis te verwarmen.

Bij de meeste woningen is aardgas in 2020 de energiebron die hiervoor wordt gebruikt. Aardgas is geen duurzame bron van energie. Bij het verbranden van aardgas komt CO₂ vrij, die bijdraagt aan de opwarming van de aarde. Daarom worden nieuwbouwwoningen niet meer op het aardgasnet aangesloten. En het is de bedoeling dat ook alle bestaande gebouwen voor 2050 op een duurzame manier verwarmd worden.

Er zijn op hoofdlijnen drie opties voor de warmtevoorziening van aardgasloze gebouwen: all-electric, warmtenet en duurzame gassen. Welke oplossing in welke wijk of buurt geschikt is, hangt onder meer af van het type huizen, de staat van de huizen en van de mogelijkheden in de omgeving.

Deze whitepaper beschrijft all-electric als aanpak voor de warmtevoorziening voor de gebouwde omgeving, met specifieke aandacht voor individuele woningen. Bij all-electric wordt vaak een warmtepomp toegepast. Warmtepompen hebben altijd een warmtebron nodig. Als de warmtebron per huis beschikbaar is (lucht als bron of water uit bodemlussen) beschouwen we de warmtebron niet als warmtenet. Het effect op het elektriciteitsnet, de voor- en nadelen en bijbehorende dilemma's worden benoemd.

In de [whitepaper #4: Warmte – net wat ik nodig heb](#) en [whitepaper #6: Van aardgas naar duurzaam gas](#) staan de andere hoofdroutes voor een duurzame warmtevoorziening beschreven, namelijk warmtenetten en duurzame gassen.

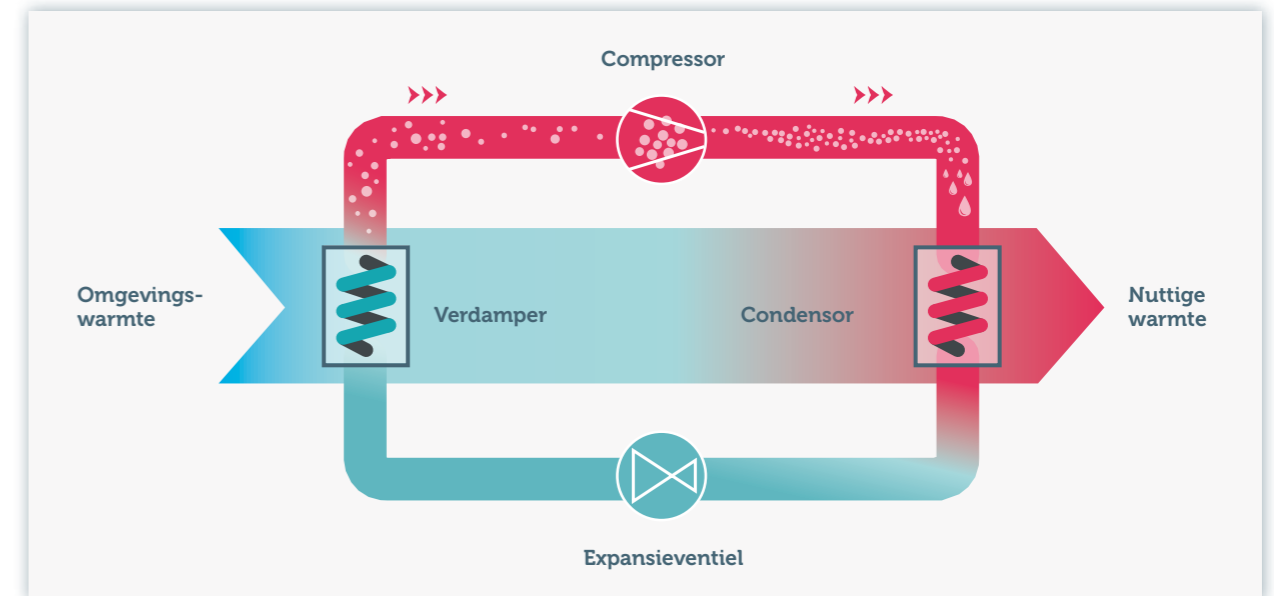
ALL-ELECTRIC ENERGIEVOORZIENING

1 m³ aardgas heeft ongeveer dezelfde energie-inhoud als 10 kWh elektriciteit. Een gemiddeld huishouden in Nederland gebruikt 1600 m³ gas en 3500 kWh elektriciteit per jaar. Dat betekent dat meer dan 80% van de energie die in de huishoudens gebruikt wordt, binnenkomt in de vorm van aardgas. Dit wordt gebruikt in de vorm van warmte om te koken, water te verwarmen (afwas, douche) en om het huis te verwarmen.

Als je je gasverbruik één op één vervangt door het gebruik van elektriciteit, dan wordt je elektriciteitsverbruik op jaarbasis ongeveer 5 keer zo groot.

In een all-electric huis wordt elektriciteit gebruikt om het huis te verwarmen. Dat kan op verschillende manieren. We benoemen er hier twee.

- Rechtstreeks via een elektrische kachel of infrarood-panelen. Hierbij geldt dat 1 kWh elektriciteit ook 1 kWh warmte levert.
- Via een warmtepomp die warmte op een lagere temperatuur opwerkt naar de gewenste temperatuur met behulp van elektriciteit.



Figuur 1 Een warmtepomp heeft elektriciteit nodig. Als de COP groter is dan 1 wordt meer energie in de vorm van warmte geleverd dan er als elektriciteit ingaat. Deze energie wordt in de vorm van warmte bij een lagere temperatuur toegevoerd.

WARMTEPOMP

Bij een warmtepomp komt de aangevoerde warmte meestal uit de buitenlucht (lucht) of via een warmtewisselaar uit de bodem (water). De warmte wordt in het huis afgegeven als warme lucht (lucht) of aan water in bijvoorbeeld vloerverwarming (water). Het type warmtepomp wordt aangeduid met 'waar komt de warmte vandaan' - 'waar wordt hij aan afgegeven'. Dus een lucht-water warmtepomp haalt warmte uit de lucht en geeft deze af aan water.

Doordat de warmtepomp warmte en elektriciteit als bron gebruikt kan de warmtepomp meer warmte afgeven dan er aan elektriciteit ingaat. Met 1 kWh elektriciteit kan 3 tot 5 kWh warmte gemaakt worden. De hoeveelheid warmte die met 1 kWh elektriciteit kan worden gegenereerd hangt sterk af van de temperatuur van de aanvoer en de temperatuur die nodig is voor het gebruik.

Hoe groter dit verschil, hoe lager het rendement van de warmtepomp (minder warmte per kWh elektriciteit). De afgegeven hoeveelheid warmte per kWh elektriciteit noemen we de Coefficient of Performance (COP). Dit betekent dat de efficiëntie van de warmtepomp afhangt van de temperatuur die nodig is om een woning te verwarmen.

Het isoleren van een woning helpt niet alleen om de warmtevraag te beperken. Het helpt ook om een woning comfortabel te krijgen bij een lagere temperatuurstelling van de warmtepomp en dat werkt weer mee aan een hoger rendement en lagere elektriciteitsbehoefte van de warmtepomp. De werking van een warmtepomp staat schematisch weergegeven in [Figuur 1](#). De COP is de Nuttige warmte gedeeld door de elektriciteit die de warmtepomp nodig heeft.

SEIZOENEN

VRAAG

De warmtevraag die Nederlandse huizen hebben is niet regelmatig verdeeld over het jaar. In de wintermaanden is deze vraag veel groter dan in de zomer. Omdat het grootste deel van de warmte wordt gebruikt voor ruimteverwarming, hebben we meer warmte nodig als het buiten koud is.

Dit kun je laten zien met graaddagen – als het buiten kouder is dan 18 graden zullen huizen verwarmd worden om een comfortabele temperatuur binnen te houden. Een graaddag is het verschil tussen de buitentemperatuur (als die onder de 18 graden ligt) en 18 graden.

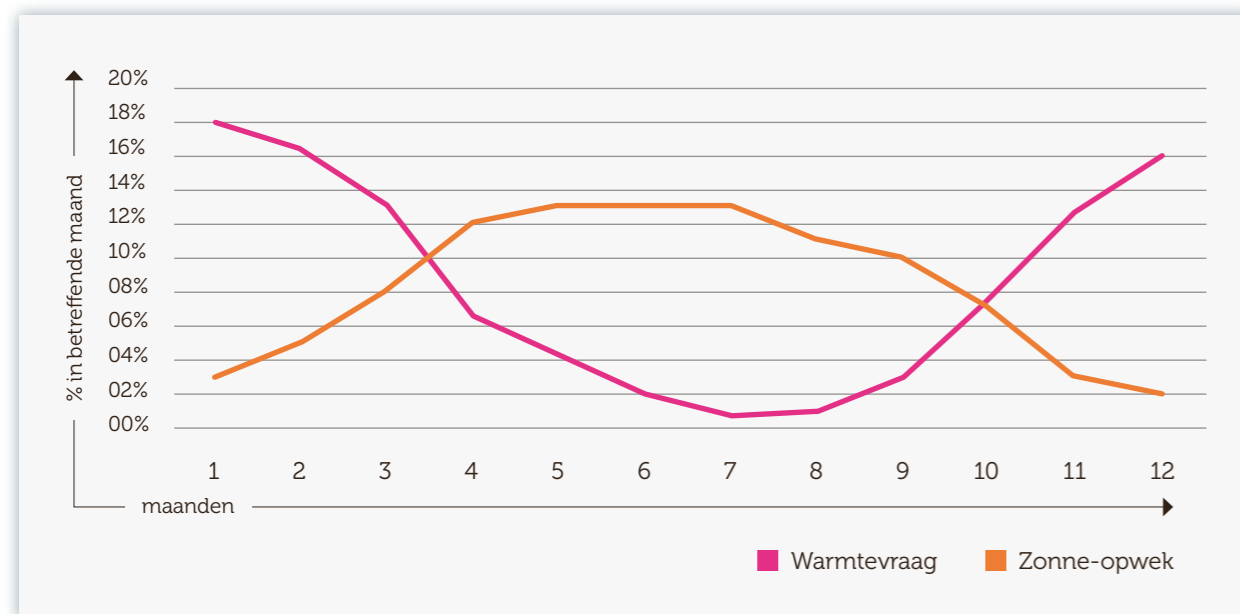
Dus als het een week lang (7 dagen) 5 graden is buiten, dan zijn dat $(18-5)*7=91$ graaddagen.

Behalve de buitentemperatuur, zijn er per jaargetijde nog meer weersomstandigheden van invloed op de warmtevraag. Denk bijvoorbeeld aan de warmte van zonnestralen op het huis. Om de invloed van die wisselingen op de berekeningen te minimaliseren, worden de graaddagen vermenigvuldigd met een seizoensafhankelijke weegfactor. Dit noemen we gewogen graaddagen.

De weegfactor is als volgt gedurende het jaar:

- april t/m september: 0,8
- maart en oktober: 1,0
- november t/m februari: 1,1¹

De verdeling van de graaddagen en warmtevraag over de maanden heet ook wel de badkuipkromme.



Figuur 2 Opwek van zonne-energie is hoog in de zomermaanden (oranje). Dan is er juist weinig vraag naar warmte (graaddagen per maand, roze). De warmtevraag in januari (maand 1) is 18% van de jaarlijkse warmte-vraag volgens de graaddagenmethode terwijl slechts 3% van de elektriciteitsopwek met zonnecellen in januari plaatsvindt.

¹ https://www.mindergas.nl/degree_days_calculation/explanation

² <https://www.consumentenbond.nl/zonnepanelen/blog-maarten-staats-zonnepanelen>

³ <https://www.duurzaamnieuws.nl/hoe-nul-is-duurzaam-nul-op-de-meter-huis-in-de-toekomst/>

Dit komt doordat een NoM-woning relatief veel elektriciteit in de winter gebruikt als de zonnecellen weinig elektriciteit leveren. Ook speelt mee dat het eigen gebruik vanzelf hoger ligt als je weinig zonnecellen hebt. Hoe meer zonnecellen je hebt, hoe vaker je energie zult terugleveren aan het net.

Alle zonne-energie die niet meteen gebruikt wordt, wordt teruggeleverd aan het net. Op een ander moment kan deze weer ingekocht worden. Omdat de meter in het ene geval vooruit draait en daarna de andere kant op staat er uiteindelijk, bij wijze van spreken, Nul op de meter.

FINANCIËLE STIMULANS⁴

De salderingsregeling is een stimuleringsmaatregel van de overheid voor duurzame energie-opwekking door kleinverbruikers (huishoudens en bedrijven met een kleinverbruikaansluiting). Deze salderingsregeling houdt in dat een kleinverbruiker met zonnecellen de elektriciteit die over is, mag terugleveren aan het net en dat de kleinverbruiker deze elektriciteit later mag afnemen zonder extra kosten. De vergoeding voor de teruggeleverde kWh's is net zo hoog als de prijs van de afgenomen kWh's.

Het huishouden mag het elektriciteitsnet dus gebruiken alsof het een batterij zonder verliezen is. Dit betekent dat elke kWh die met zonnecellen wordt opgewekt voor particuliere gebruikers (tot 5000 kWh per jaar) dezelfde waarde heeft, of de stroom meteen gebruikt wordt of niet. Het zorgt er ook voor dat de terugverdientijd voor zonnecellen verkort wordt.

Salderen is dus positief, als het gaat om het stimuleren van het plaatsen van zonnecellen op je eigen dak en dus het opwekken van groene elektriciteit.

Deze regeling wordt vanaf 2023 stapsgewijs beëindigd.⁵

⁴ <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/lokale-duurzame-energie-initiatieven/themas/wet-en-regelgeving-lokale-energie-initiatieven>

⁵ <https://www.hieropgewekt.nl/nieuws/update-kabinetsplannen-salderingsregeling>

HET NET ALS GRATIS BATTERIJ

De stroom die de particulier aan het net toevoert en op een ander moment afneemt moet twee keer getransporteerd worden. We zagen al dat de eigenaar van de zonnecellen hier door de salderingsregeling niet voor betaalt. Stroom vervoeren is echter niet gratis. De netbeheerder moet zijn elektriciteitsnetwerk zo inrichten dat dit kan en maakt daarvoor extra kosten in aanleg en onderhoud.

Naast warmtepompen en zonnecellen brengt ook het laden van elektrische auto's een toename van de vraag en het transport van elektriciteit met zich mee. De term 'koperen plaat' wordt gebruikt voor het feit dat netwerkbedrijven om deze elektriciteitsstromen mogelijk te maken een extra zwaar (koperen) leidingnetwerk moeten aanleggen als dit op grote schaal in een wijk gebeurt.

Voor de consument geldt dat stroom op elk moment dezelfde waarde heeft, die niet ervan afhangt of het op dat moment schaars is of niet. Ook bestaat het risico dat de bewoners de indruk krijgen dat energie-neutraal op jaarbasis betekent dat de energietransitie daarmee 'klaar' is, terwijl dit alleen 'op papier' zo is. In de praktijk betekent salderen dat het net als een grote gratis batterij wordt gebruikt. De balans tussen vraag-aanbod en opslag van energie wordt zo niet zichtbaar voor de bewoner. Als in de winter elektriciteit van het net wordt gebruikt, dan is deze deels of helemaal met fossiel-gestookte elektriciteitscentrales opgewekt en levert dat alsnog uitstoot van CO₂ op.

OPLOSSINGEN

Een aantal zaken helpt om de systeemcomponent van all-electric warmtevoorziening van bebouwing beter inzichtelijk te maken en te regelen:

- zorgen dat het leveren en terugleveren van elektriciteit een reële prijskaart heeft.

Daardoor wordt het voor huishoudens aantrekkelijk om zelf opgewekte elektriciteit te gebruiken op moment van opwek en is duidelijk welke waarde de netbeheerder biedt door elektriciteit te transporteren.

- Ook het dynamisch beprijzen van elektriciteit kan de piekvraag beperken. Bijvoorbeeld door de energieprijzen per kwartier te laten hangen van vraag en (duurzaam) aanbod. Dit kan ertoe leiden dat het loont om een elektrische auto niet in de piekuren van 18-20 uur te laden, maar juist eerder of later. Dit geldt ook voor warmtepompen: deze draaien geen 24 uur per dag en er valt te schuiven met de momenten waarop ze wel draaien.
- Opslag van warmte in een (boiler)vat of onder de grond als bron voor een warmtepomp of op gebruikstemperatuur. Dit maakt dat een warmtepomp minder hoeft te bij te dragen op momenten dat de zon niet schijnt of als het net zwaar belast wordt, zodat de belasting van het elektriciteitsnetwerk kan worden beperkt.
- Opslag van elektriciteit om piekvraag en piek-aanbod te beperken, bijvoorbeeld in de vorm van een buurtbatterij. Buurtbatterijen zijn beter in te zetten en daardoor per saldo goedkoper dan batterijen per huishouden, omdat in een

buurt de vraag van individuele huizen wordt uitgemiddeld.

- Samenwerken van warmtepompen, auto's, batterijen en PV-systemen in een wijk, om de totale pieklast te beperken.

VOORWAARDEN

De piekvraag van warmtepompen en het totale elektriciteitsverbruik hangen sterk af van de warmtevraag van het betreffende huis. In het algemeen geldt dat goed isoleren en daarmee de warmtevraag beperken een belangrijke voorwaarde is voor het effectief all-electric maken van een huis. Eerder is al genoemd dat warmtepompen efficiënter zijn als de afgiftemperatuur dicht bij de aanvoertemperatuur ligt. Dit is de reden dat lage-temperatuurverwarming een belangrijke randvoorwaarde is voor het effectief toepassen van een warmtepomp.

Als een gebouw met zijn installaties erg energiezuinig is, is een all-electric oplossing aantrekkelijker dan als een gebouw een hoge verwarmingsvraag heeft.

Een aantal termen die iets zeggen over die energiezuinigheid staat in [Tabel 1](#) uitgelegd.

WAT	GELDT VOOR	UITLEG
Energieneutraal	Gebouw	Bij een energieneutraal gebouw wordt alle energie die nodig is voor het verwarmen, koelen en ventileren van het gebouw op het gebouw duurzaam opgewekt. Dit geldt gemiddeld over een jaar.
EPC Energie Prestatie Coëfficiënt	Gebouw	De normering die tot en met 2020 geldt voor woningen. Een EPC van 0,4 of minder is verplicht. Een EPC van 0,0 komt overeen met Energieneutraal.
BENG Bijna-EnergieNeutraal Gebouw	Gebouw	De normering vanaf 2021 voor woningen. Onder andere een maximale warmtevraag en een minimale opwek van duurzame energie.
PHPP Passiefhuis	Gebouw	Een Passiefhuis heeft een heel laag energiegebruik van het gebouw. Dit gaat over het gebouw zelf, dus duurzame opwek telt niet mee.
NOM Nul-op-de-Meter	Gebouw & Gebruiker	Een huis waarbij de duurzame opwek in een heel jaar net zo groot is als het totale gebruik van energie voor verwarming, warm water, licht, apparatuur, etc.

Tabel 1 Begrippen bij energiezuinige bouw of renovatie.

DILEMMA'S

Niet alleen het gebruik van aardgas zorgt voor uitstoot van het broeikasgas CO₂. Ook het opwekken van elektriciteit kan uitstoot met zich meebrengen, zoals als bij gasgestookte of kolengestookte elektriciteitscentrales. Voor een duurzame all-electric woning is daarom de voorwaarde dat elektriciteit groen wordt opgewekt.

In Nederland werd in 2019 2% van het energiegebruik als duurzame elektriciteit opgewekt met wind en zon (zie [whitepaper #2: Energie: waar het vandaan komt en naartoe gaat](#)). Als er geen groene elektriciteit beschikbaar is, dan kan een all-electric oplossing meer CO₂-uitstoot met zich meebrengen dan verwarming met een gasgestookte cv-ketel.

Warmtepompen hebben een elektriciteitsvraag per jaar en een vermogensvraag (op een bepaald moment) die veel hoger ligt dan de huidige elektriciteitsvraag van woningen. Dit betekent dat – als in een wijk veel warmtepompen geplaatst worden – het elektriciteitsnet veel zwaarder belast zal worden. Niet overal is het elektriciteitsnet hiervoor geschikt. Aanpassing van het net door de netbeheerder kost tijd en geld.

Niet overal is een all-electric oplossing daardoor de meest duurzame en betaalbare optie. Omdat all-electric wel per huis kan worden gedaan heeft het ook duidelijke voordelen. Op wijk- of buurniveau moeten de voor- en nadelen afgewogen worden.

CONCLUSIE

All-electric is voor een deel van de woningvoorraad in Nederland een interessante optie voor verduurzaming van de warmtevoorziening. Om op een verantwoorde manier te komen tot een all-electric woning is het belangrijk goed te kijken naar wat dit in de praktijk betekent. Het rendement en daarmee het elektriciteitsgebruik van warmtepompen hangt sterk af van de aanvoertemperatuur en de gebruikstemperatuur van de pomp. Niet elke woning is dus geschikt voor een all-electric oplossing. Isolatie helpt om de gebruikstemperatuur die nodig is om een huis te verwarmen te verlagen. Belangrijk is om de externe invloed van het elektriciteitstransport van en naar meerdere woningen in dezelfde buurt op het elektriciteitsnet mee te nemen in de afwegingen.

OVER LEVE

Dit whitepaper is ontwikkeld door LEVE: Lectorenplatform Energievoorziening in Evenwicht. Dit is een samenwerking tussen lectoren van 7 hogescholen: AVANS Hogeschool, Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (HAN), Hanzehogeschool, Hogeschool Zeeland, Hogeschool Rotterdam, Hogeschool Saxion en Hogeschool Windesheim.

Het lectorenplatform LEVE wordt ondersteund door het Sustainable Electrical Energy Center of Expertise (SEECE), Centre of Expertise Energy (EnTranCe) en de Topsector Energie (TKI Wind op Zee, TKI Nieuw Gas, Human Capital Agenda en Systeemintegratie).

Hoofdauteur: Jeike Wallinga (Windesheim).
In samenwerking met: Jan-jaap Aué (Hanze), Richard van Leeuwen (Saxion), Christoph Maria Ravesloot (Rotterdam), Jacob van Berkel (Zeeland), Jack Doomernik (AVANS) en Aart-Jan de Graaf (HAN).

LEVE bevordert draagvlak en onderscheidend vermogen met betrekking tot het evenwicht tussen alle energiestromen richting 2030. Dit doen we regio-overstijgend door met gebiedsgericht praktijkonderzoek te komen tot betrouwbare modellen, data en informatie en deze resultaten kenbaar te maken.

De visie van LEVE is om richting 2030 een robuust en gedragen energiesysteem in evenwicht te behouden. Wij geloven dat we dit resultaat alleen door integrale samenwerking van kennisinstellingen, bedrijven, burgers en overheden kunnen behalen. Als verenigde lectoraten binnen LEVE verbinden wij stakeholders aan dit proces.

Meer informatie vindt u op de website van LEVE: www.lectorenplatformleve.nl. Hier vindt u ook de onderzoeksagenda waarin de programma's en thema's van LEVE staan beschreven. Ook kunt u zich aanmelden voor de nieuwsbrief van LEVE. U krijgt dan bericht als er nieuwe whitepapers beschikbaar zijn. U kunt contact opnemen via lectorenplatform.leve@org.hanze.nl

WHITEPAPERS IN DEZE SERIE

Met deze serie whitepapers informeert LEVE beleidsmakers, beslissers en anderen met interesse in energietransitie over onderwerpen die van belang zijn voor het energiesysteem van de toekomst.

- **WHITEPAPER #1** **ENERGIE PER JAAR EN PER PERSOON**
- **WHITEPAPER #2** **ENERGIE: WAAR HET VANDAAN KOMT EN NAARTOE GAAT**
- **WHITEPAPER #3** **ENERGIE IN BALANS**
- **WHITEPAPER #4** **WARMTE – NET WAT JE NODIG HEBT**
- *WHITEPAPER #5* *ALL-ELECTRIC: ELEKTRICITEIT OPWEKKEN, GEBRUIKEN EN TRANSPORTEREN*
- **WHITEPAPER #6** **VAN AARDGAS NAAR DUURZAAM GAS**