Kansen achter de meter

Wanneer kunnen woningen verantwoord elektrificeren achter de bestaande aansluiting?

Colofon

Versie:	1.02
Datum:	22 juni 2026
Auteurs:	Marten Witkamp, Simon Verduijn, Nicolas Dickinson
Opdrachtgever:	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Opdrachtnemer:	Vereniging De BredeStroomversnelling

stroom versnelling

Inhoudsopgave

Samenvatting 4
Aanleiding 8
Onderzoeksvragen 9
Aanpak 11
Technisch onderzoek 11
Marktonderzoek 13
Gesprekken 13
Resultaten 14
Wat betekent ‘Achter de meter’? 14
Wat gebeurt er als de installaties in de woning meer vermogen vragen dan de grenswaarden? 18
Wat is de aansluitcapaciteit van duurzame installaties? 21
Wat is het vermogen dat all-electric woningen in de praktijk vragen? 23
Welke woningen hebben niet voldoende aan een 1-fase aansluiting? 26
Wat moeten woningen doen om achter de meter te kunnen elektrificeren? 29
Wat betekenen de benodigde warmteverliezen in de praktijk? 35
Welk soort woning heeft welk soort warmteverlies? 38
Hoe vaak komen de verschillende typen aansluiting voor? 40
Hoeveel mensen vragen nu jaarlijks een netverzwaring aan? 42
Wat zijn de verwachte gevolgen van het ruimer benutten van de bestaande aansluitingen op de (lokale) netbelasting? 44
Conclusies 45
Wat kan er wel achter een 1-fase aansluiting? 45
Wanneer gaat het niet goed? 45
Hoeveel huishoudens krijgen met beperkingen te maken? 46
Wat moeten huishoudens doen om binnen hun aansluiting te blijven? 47
Aanbevelingen 49
Wat kan het Rijk doen om de kansen voor elektrificeren achter een 1-fase aansluiting te benutten? 49

Verantwoording 51
Overschrijding van de grenswaarden 52
Jaarbelastingduurkromme 54
Dagprofielen 56
Weekprofielen 58
Maandprofielen 61
Rendementen 65

Samenvatting

Aanleiding en context

Vanaf 1 juli 2026 komen aanvragen voor een zwaardere aansluiting in gebieden met tekort aan transportcapaciteit op een wachtlijst, ook voor huishoudens. Tot 1 juli reserveerden netbeheerders nog ruimte voor aanvragen van kleinverbruikers. Die reservering komt te vervallen. In Utrecht geldt daarnaast zelfs een tijdelijke aansluitstop, voor tenminste 6 maanden. Huishoudens die op de wachtlijst staan vallen weliswaar onder het nieuwe maatschappelijk prioriteringskader van de ACM onder de categorie van maatschappelijk belang, maar dat betekent alleen een hogere plek op de wachtlijst.

Dit raakt huishoudens die hun woning willen verduurzamen met een warmtepomp, inductiekoken, zonnepanelen of laadpaal, omdat de daarvoor vaak geadviseerde 3x25A aansluiting dan niet meer direct beschikbaar is. Naar schatting hebben ongeveer 5 miljoen huishoudens nu nog een 1x25A of 1x35A aansluiting.

Centrale onderzoeksvragen

1. *Wat is mogelijk met een bestaande 1-fase aansluiting (1x25A of 1x35A)?*
   Welke knelpunten en risico's zijn er bij elektrificeren zonder verzwaring?
2. *Hoeveel huishoudens lopen tegen beperkingen aan?*
   Wat is hun handelingsperspectief als verzwaring niet tijdig gerealiseerd kan worden?

$kW_{elektrisch}$ versus $kW_{thermisch}$

In dit stuk wordt continu onderscheid gemaakt tussen elektrische energie en thermische energie. De energetische inhoud is hetzelfde, maar de vorm en het transport is anders. Bij elektrische energie gaat het om elektronen in een kabel, bij thermische energie om warmte in een medium (in dit geval meestal water of lucht). Een warmtepomp gebruikt elektrische energie om thermische energie te produceren.

kW versus kWh

Een kilowatt beschrijft een energiestroom. Een kilowattuur beschrijft een energiehoeveelheid, concreet de hoeveelheid energie die je krijgt als je een uur lang een stroom van een kW hebt.

Belangrijkste resultaten – Wat kan achter een 1-fase aansluiting?

- 1x35A:
  - De meeste woningen kunnen hiermee volledig elektrificeren.
  - Een laadpaal is mogelijk mits met load balancer.
- 1x25A:
  - Kleinere of goed geïsoleerde woningen kunnen hiermee volledig elektrificeren.
  - Een laadpaal, ook met load balancer, gaat niet goed samen met een 1x25A aansluiting. Het is niet onmogelijk, maar ook niet aan te raden.
  - Risico's: Snellere overschrijding van contractuele grenzen en in mindere mate technische grenzen.
  - Oorzaken overschrijding:
    - Hoog warmteverlies (slecht geïsoleerde woningen).
    - Slechte inregeling warmtepomp (grillig verbruik, lager rendement).
    - Grote elektrische backup-elementen in warmtepompen.
    - Natuurlijke spreiding in energiegebruik.
- Vuistregels voor warmtepompvermogen:

Aansluittype	Aan te raden maximaal thermisch vermogen van de warmtepomp	Aan te raden maximaal warmteverlies van de woning bij A-10/W35	Aan te raden maximaal warmteverlies van de woning bij A-10/W55 [1]
1x25A	6 $kW_{thermisch}$	Tot 5 $kW_{thermisch}$	Tot 4 $kW_{thermisch}$
1x35A	8 $kW_{thermisch}$	Tot 7 $kW_{thermisch}$	Tot 5 $kW_{thermisch}$

- De belangrijkste maatregelen om binnen de aansluiting te blijven:
  - Verlagen warmteverlies (isolatie, kierdichting, ventilatie).
  - Optimaliseren warmtepomprendement (goede inregeling, modulerende warmtepomp, lage aanvoertemperatuur).
  - Een load balancer voor laadpalen.

[1] De "A" in A-10/W35 staat voor buitentemperatuur. De 'W' staat voor de aanvoertemperatuur van het afgiftesysteem. Bij een hogere afgiftetemperatuur heeft de warmtepomp een lager rendement. Om uit te komen op eenzelfde elektrisch vermogen als bij een lagere afgiftetemperatuur, moet dan het warmteverlies van de woning lager zijn.

Belangrijkste resultaten – Welke woningen lopen vermoedelijk tegen uitdagingen aan?

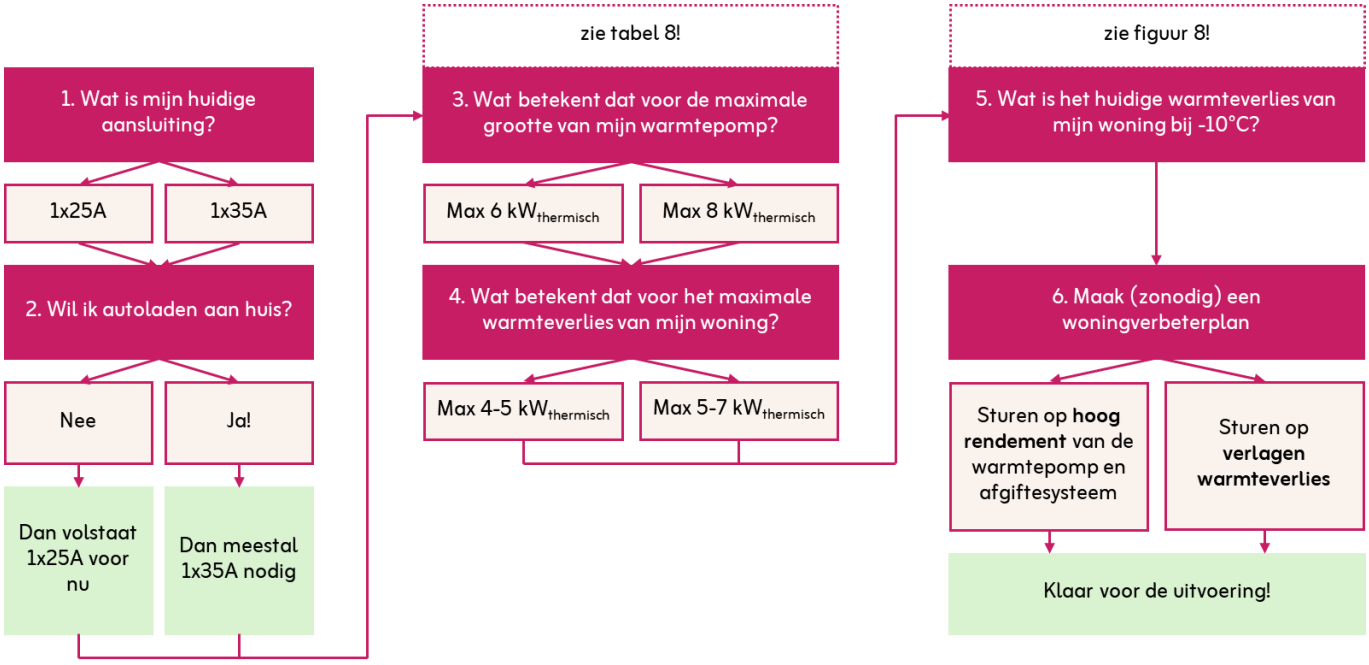
- Woningen met een hoog warmteverlies moeten veel investeren om dat te verlagen, meer dan ze moeten doen als ze een 3x25A aansluiting zouden kunnen krijgen.
- Het gemiddelde warmteverlies in Nederland ligt rond de 3 $kW_{thermisch}$ bij -10°C. Daarmee kan de gemiddelde woning binnen een 1x25A aansluiting elektrificeren. Naar schatting heeft 70-80% van de woningen in Nederland een warmteverlies onder de 5 $kW_{thermisch}$ en zou daarmee binnen een 1-fase aansluiting kunnen elektrificeren.
- Er is echter een grote spreiding. En de woningen die een hoger warmteverlies hebben (groter en slechter geïsoleerd) zijn ook de woningen waar nu vaak warmtepompen worden geplaatst.
- Uit open data is af te leiden dat er ~5 miljoen 1-fase aansluitingen zijn, waarvan ~1 miljoen 1x25A en ~4 miljoen 1x35A. De relatie tussen woningtype (vloeroppervlak en warmtebehoefte) en aansluittype is nog onvoldoende onderzocht.
- Jaarlijkse aanvragen netverzwaring: 150.000–200.000 huishoudens.
    - ~50.000–70.000 hiervan voor thuislaadpalen (31% van EV-rijders verzwaart de aansluiting).
    - ~100.000–130.000 hiervan voor andere doelen (waaronder warmtepompen).

Aanbevelingen voor het Rijk

1. Onderzoek of een verzwaring naar 1x35A anders kan worden behandeld dan een verzwaring naar 3x25A, omdat met een 1x35A aansluiting vrijwel alle praktijkbelemmeringen voor huishoudens zouden worden opgelost.
   Aanknopingspunten om daaraan te werken kunnen zijn:
    - Een verzwaring van 1x25A naar 1x35A kan vaak zonder fysieke aanpassingen (veel 1x25A aansluitingen hebben al een grotere hoofdzekering).
    - Coulanceafspraken maken met netbeheerders voor overschrijding contractuele grenzen bij 1x25A.
2. Organiseer betere open data:
    - Uitbreiden open data netbeheerders met meer detail over aantallen aansluitingen per aansluittype per postcodegebied.
    - Koppelen postcodes met aansluittypegegevens aan woningkenmerken (bv. BAG-data) om risicogroepen te identificeren.
3. Stimuleren efficiëntie warmtepompen:

- Prestatie-eisen koppelen aan ISDE-subsidie (zoals in Engeland).
- Subsidie voor inregelen warmtepompen (analoog aan waterzijdig inregelen).

4. Onderzoek warmteverliezen:
   - CBS-onderzoek naar praktijkwarmteverliezen per woning (gebaseerd op slimme meterdata).
   - Hiermee kunnen gerichtere adviezen worden gegeven aan huiseigenaren.
5. Communicatie naar huishoudens:
   - Stappenplan ontwikkelen voor elektrificeren achter 1-fase aansluiting, zoals:



Eindconclusie

Elektrificeren achter een 1-fase aansluiting is voor veel woningen haalbaar, mits er aandacht is voor warmteverlies, inregeling van de warmtepomp en een load balancer voor laadpalen. Voor ~1 miljoen huishoudens met 1x25A is extra ondersteuning nodig om eventuele beperkingen te voorkomen. Het Rijk kan hierin een faciliterende rol vervullen door onderzoek, datavoorziening en communicatie.

Aanleiding

Het nieuwe maatschappelijke prioriteringskader van de Autoriteit Consument & Markt (ACM), dat op 1 januari 2026 is ingegaan, geeft voorrang op het volle stroomnet aan projecten die cruciaal zijn voor de samenleving. In dit kader wordt geen onderscheid meer gemaakt tussen kleinverbruikers en grootverbruikers.

Voorheen reserveerden netbeheerders capaciteit voor aanvragen van huishoudens en midden- en kleinbedrijf (MKB) met een kleinverbruik aansluiting, oftewel een aansluiting tot 3x80A. In de loop van 2026 bouwen de netbeheerders deze capaciteit af. Aanvragen van huishoudens en MKB met een kleinverbruik aansluiting komen vanaf 1 juli 2026 op de wachtlijst te staan, als de netbeheerder inschat dat er onvoldoende transportcapaciteit beschikbaar is. Voor huishoudens geldt weliswaar dat zij prioriteit krijgen volgens het nieuwe kader, maar dat kan alsnog betekenen dat ze een aanzienlijke tijd moeten wachten. In bijna heel Nederland geldt inmiddels immers dat er een tekort is aan transportcapaciteit met wachtrij.

Daarnaast is voor het grootste deel van de Provincie Utrecht per 1 juli een tijdelijke aansluitstop afgekondigd. Alle aanvragen voor een verzwaring worden daarop een wachtlijst geplaatst. De aansluitstop duurt in elk geval 6 maanden en mogelijk langer.

Voor de energietransitie in de gebouwde omgeving wordt voor veel woningen gekozen voor een all-electric koers. De cv-ketel wordt dan vervangen door een warmtepomp, de gaspitjes door een (inductie)kookplaat. Vaak komen er ook zonnepanelen en een laadpunt voor een elektrische auto bij. Voor dit elektrificeren van de woning was het advies altijd om de aansluiting te laten verzwaren naar 3x25A.

Door de veranderingen per 1 juli 2026 is een 3x25A aansluiting voor veel mensen die nu nog een 1x25A of 1x35A aansluiting hebben opeens voorlopig niet meer bereikbaar, of pas na een onduidelijke maar mogelijk lange wachttijd. Wat zijn de gevolgen voor deze veranderingen voor huishoudens die hun woning willen (laten) verduurzamen? Daar gaat dit rapport over.

Onderzoeksvragen

Wanneer kleinverbruikers een verzwaring of nieuwe aansluiting aanvragen in gebieden met te weinig transportcapaciteit, komen zij vanaf 1 juli 2026 ook op de wachtlijst. Huishoudens hebben dan wel prioriteit volgens het maatschappelijk prioriteringskader van de ACM, maar ze kunnen nog steeds lang op de wachtlijst moeten staan. Daarbij spelen twee centrale vragen:

1. Installateurs raden bij elektrificering (met een all-electric warmtepomp, inductiekoken en eventueel zonnepanelen en/of een laadpaal aan huis) vaak een 3x25A aansluiting aan. **Wat is er echter mogelijk** wanneer een verzwaring niet op korte termijn te realiseren is, dus **met de bestaande kleinere aansluiting**? Wat zijn daar de knelpunten en risico's?
2. **Hoeveel huishoudens lopen naar verwachting tegen beperkingen aan** doordat verzwaringen niet gerealiseerd kunnen worden binnen een voor hen wenselijke termijn? Wat is voor hen het handelingsperspectief? In welke en hoeveel gevallen is er geen handelingsperspectief?

Hieronder zitten veel deelvragen:

- In hoeverre kunnen huishoudens hun woning elektrificeren achter de bestaande (1x25A of 1x35A) aansluiting? Daarbij wordt in het bijzonder gekeken naar nieuw te plaatsen installaties:
  - Warmtepomp
  - Inductiekookplaat
  - PV-panelen
  - Elektrisch laden aan huis
- Voor zover deze installaties ervoor zorgen dat huishoudens boven de grenzen van de bestaande aansluiting uitgaan, welke maatregelen kunnen er dan voor zorgen dat die grenzen toch niet overschreden worden?
- Wat gebeurt er als die grenzen toch overschreden worden?
- Wat zijn de verwachte gevolgen van het ruimer benutten van de bestaande aansluitingen op de (lokale) netbelasting? Kunnen anderen daar last van krijgen?
- Hoeveel huishoudens vragen jaarlijks een zwaardere aansluiting aan?

- Hoeveel van die huishoudens zouden dat, gezien de uitkomsten van het technisch onderzoek, bij nader inzien toch niet hoeven doen?
- Voor hoeveel huishoudens zorgt het afbouwen van de gereserveerde ruimte op het stroomnet dus feitelijk voor een blokkade bij het (verder) elektrificeren? En wat is er te zeggen over die huishoudens? Wat voor soort huishoudens zijn het?
- Hoe representatief zijn de gevonden resultaten voor heel Nederland?
- Wat kan aan huishoudens gecommuniceerd worden? Wat kunnen ze wel en niet? Wat zijn daarvan de consequenties of risico's?
- Welke maatregelen zouden we het Rijk aanbevelen om te nemen op dit onderwerp?

Aanpak

Om de vragen te beantwoorden zijn de volgende activiteiten uitgevoerd:

1. **Technisch onderzoek** naar de praktijk vermogensvraag van all-electric woningen. Hierbij is ook gekeken naar het effect van maatregelen om de vermogensvraag te beperken.
2. **Marktonderzoek** naar de aantallen woningen die mogelijk zouden worden beperkt bij het verduurzamen door het niet kunnen verkrijgen van de benodigde aansluiting.
3. **Gesprekken** met experts en stakeholders om observaties, conclusies en aanbevelingen te toetsen.

Technisch onderzoek

De dataset voor woningen die Stroomversnelling heeft kunnen analyseren bestaat uit circa 400 woningen in de **Energietransitie Dataset**, die voor een belangrijk deel bestaat uit monitoringdata verzameld door Watch-e en O-nexus. Deze dataset is opgedeeld in projecten, met per project een bepaalde bouw- of renovatieaanpak, één opdrachtgever en één uitvoerende bouwer. Er zit daarom grote homogeniteit tussen de woningen in elk project. Wel zitten er verschillen in hoek- en tussenwoning, eventuele onverwarmde garages en enige variatie in vloeroppervlakken. In project 7 zijn de verschillen tussen de woningen groter. De woningcorporatie heeft daar een n=1 aanpak gehanteerd, waarbij dezelfde installatietechnische maatregelen zijn aangeboden aan en toegepast op een gedeelte van hun woningportfolio.

Project	Aantal woningen	Warmte-behoefte NTA8800	Warmte-opwekker	Ventilatie-systeem	Vloer-oppervlak (GO)	Verlies oppervlak [2]	Woningtype	Bouw-periode
#	*n*	*kWh_{th} / m^2 / jaar*	*type*	*type*	*m^2*	*m^2*	*type*	*type*
1	100	30	Lucht-water warmtepomp	Type D	117	173	Rijwoning	Bestaand
2	28	54	Lucht-water warmtepomp	Type D	87	133	Rijwoning	Bestaand

[2] Het oppervlak dat grenst aan de buitentemperatuur of een onverwarmde ruimte. Ook A_{ls} genoemd.

3	29	35	Bodem-warmtepomp	Type D	91	139	Rijwoning	Nieuw-bouw
4	26	18	Bodem-warmtepomp	Type D	85	133	Rijwoning	Bestaand
5	25	33	Lucht-water warmtepomp	Type D	78	124	Rijwoning	Nieuw-bouw
7	50	126	Lucht-water warmtepomp	Natuurlijk + type C	99	139	Rijwoning	Bestaand
8	28	25	Ventilatie-warmtepomp	Type D	66	40	Portieketage	Nieuw-bouw
9	23	25	Ventilatie-warmtepomp	Type D	66	42	Galerijflat	Nieuw-bouw
10	51	ca 40	Bodem-warmtepomp	Type C	162	313	Vrijstaand/2-onder-1-kap	Nieuw-bouw
11	24	ca 40	Bodem-warmtepomp	Type C	174	325	Vrijstaand/2-onder-1-kap	Nieuw-bouw

Tabel 1: Kenmerken van de woningen en projecten waarvan monitoringdata beschikbaar is en is gebruikt voor dit onderzoek

Bij al deze woningen zijn per 5 minuten metingen uitgevoerd. Hierbij is bemeten:

- Slimme meter
- Warmtepomp inclusief boilervat en elektrisch element
- Ventilatiesysteem (indien type D)
- Zonopwek
- Warmteproductie (niet bij elk project)
- Tapwatergebruik (niet bij elk project)
- Ventilatiedebiet (niet bij elk project)
- Binnenluchtkwaliteit (niet bij elk project)
- Temperatuur woonkamer en/of woning (niet bij elk project)
- Setpoint temperatuur woonkamer (niet bij elk project)
- En vaak nog meer

Van deze woningen zijn daarnaast veel kenmerken bekend, zoals welk merk en vermogen warmtepomp is toegepast.

Marktonderzoek

Op basis van open data van met name Stedin, Liander, Enexis en CBS, aangevuld met nieuwsberichten, is geprobeerd de conclusies uit het technisch onderzoek te vertalen naar de Nederlandse woningpopulatie.

Gesprekken

Om veronderstellingen voor en conclusies uit dit onderzoek te toetsen, is gesproken met een aantal experts in de volgende contexten:

- Expert meetinrichting en NEN1010 van TechniekNL;
- Stroomversnelling bijeenkomst op 21 mei 2026 over “Ruimte achter de meter”;
- RVO bijeenkomst KITE op 11 juni 2026 over leren van monitoringdata.

De inzichten uit deze gesprekken zijn benut en verwerkt in voorliggend rapport.

Resultaten

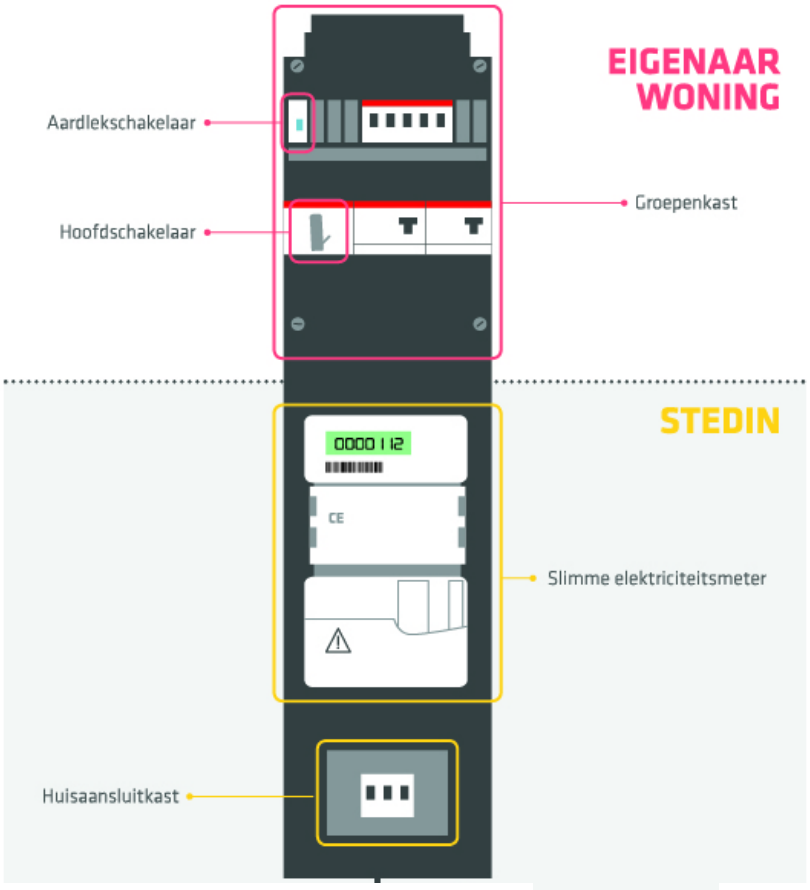
Wat betekent 'Achter de meter'?

Voor een goed begrip van de kansen achter de meter is het belangrijk om de situatie rond de meter goed te begrijpen.

Technisch

Vanaf de elektriciteitskabel die de woning binnenkomt, zitten de volgende installaties tussen kabel en gebruiker:

1. Hoofdzekering
2. (Slimme) meter
3. Hoofdschakelaar
4. Groepen

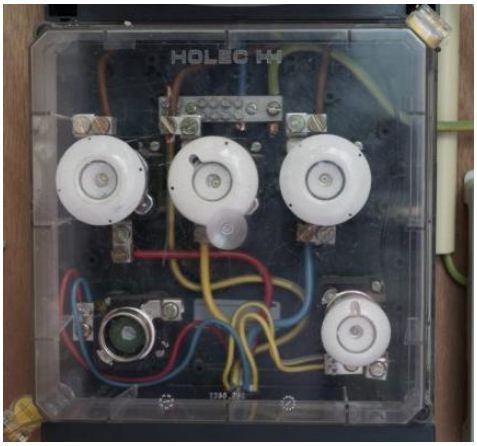


Figuur 1: Schematisch overzicht van de aansluiting van het elektriciteitsnet op de groepenkast van de bewoner. Beeld: Stedin

Voor de meter – Bij vrijwel alle gebouwen is de **elektriciteitskabel** die de woning binnenkomt vanaf straatniveau een 3-fase kabel. Die kabel loopt meestal direct naar de hoofdzekering of huisaansluitkast. Bij gebouwen met meerdere appartementen is er op de begane grond meestal een verdeelinrichting waar het vermogen wordt verdeeld over de individuele appartementen en algemene voorzieningen.

Voor de meter – De beschermkap over de **hoofdzekering** of aansluitkast is van de netbeheerder en met een metalen ringetje verzegeld. In deze aansluitkast wordt van de 3-fase kabel een 1-fase of 3-fase aansluiting gemaakt. Twee typen hoofdzekeringen zijn courant: een zwart doosje met daarin – achter een ondoorzichtige of doorzichtige klep – één of drie smeltzekeringen, óf een modernere zekering met één of drie schakelautomaten. Bij één

zekering gaat het om een 1-fase aansluiting (6A, 10A, 25A, 35A, 40A of 50A), bij drie zekeringen gaat het om een 3-fase aansluiting (3x25A, 3x35A, 3x50A, 3x63A, 3x80A). Deze zekeringen beschermen een woning én het elektriciteitsnet voor kortsluiting en overbelasting.



Figuur 2: Een hoofdzekering met transparante verzegelde klep, met daarachter smeltzekeringen. Beeld: Grotius op Klusidee.nl

Figuur 3: Een hoofdzekering met verzegeling, met drie schakelautomaten. Beeld: Marten Witkamp

Bij *kortsluiting* (een kortdurende zeer hoge piekspanning) slaat de zekering snel af. Bij *overbelasting* (een langer durende hogere belasting dan nominaal) slaat de zekering na verloop van tijd ook af. Bij een moderne zekering met een schakelaar is makkelijk af te lezen op welke stroomsterkte de schakelaar is ontworpen. Bij een smeltzekering moet je hem eruit draaien om dat te kunnen aflezen. Als er echter een transparant klepje zit, kan aan de kleur van het 'verklikkertje' in het midden worden afgelezen op welke stroomsterkte de zekering is ontworpen. Als de hoofdzekering doorsmelt moet contact worden opgenomen met de netbeheerder. In de regel kan die snel komen om de zekering te vervangen. Dit levert echter wel gedoe en kosten op.

Figuur 4: Nominale stroomsterkte waarvoor de smeltzekering is ontworpen, af te lezen aan de kleur van de verklikker. Beeld: Rob Kalmeijer

De meter – De **(slimme) meter** meet hoeveel stroom er per tijdseenheid door de hoofdzekering heen gaat. Dit is de scheidslijn tussen voor en achter de meter.

Achter de meter – Na de (slimme) meter volgt de groepenkast van de gebruiker. Die begint met een **hoofdschakelaar**, die stroomafname- en levering kan onderbreken. De hoofdschakelaar is ook ontworpen voor een bepaalde stroomsterkte, maar er zit geen zekering in. Dit is puur een 'domme' schakelaar. De capaciteit van de hoofdschakelaar is in de regel groter dan de contractcapaciteit (zie volgende sectie). Een hoofdschakelaar is pas circa 20 jaar verplicht bij nieuwbouwwoningen en bij grote wijzigingen in de meterkast. Veel woningen in Nederland hebben daarom geen hoofdschakelaar.

Achter de meter – In de groepenkast zitten na de hoofdschakelaar **groepen**. De NEN1010 en NEN-EC-IEC 61439 beschrijven de eisen aan de inrichting van de groepenkast. In het algemeen geldt: elke groep is met een aardlekschakelaar verbonden, maximaal vier groepen per aardlekschakelaar. Er is geen limiet aan het aantal groepen in de groepenkast, of dat nu een 1-fase of een 3-fase groepenkast is. Het gezamenlijke gelijktijdige verbruik van alle groepen in de groepenkast mag echter niet over de capaciteit van de hoofdschakelaar, hoofdzekering en (zie de volgende sectie) contractuele capaciteit heen gaan. Hier kan aan worden gerekend en aan worden gemeten. Als vuistregel wordt aangehouden dat het vermogen per groep maximaal 60% is van het vermogen van de contractcapaciteit.

Op een 1-fase aansluiting kunnen onder andere de volgende soort groepen worden aangesloten:

- 16A voor algemeen gebruik, waaronder warmtepompen

- Fornuisgroep 32A voor inductiekookplaten
- PV-groep 16A, 20A, 25A voor zonnepanelen
- EV-groep 16A, 20A, 25A voor autoladen

De laatste jaren is hier een verschuiving gaande. De apparaten die al decennia is Nederlandse woningen staan – zoals wasmachine, wasdroger, vaatwasser, oven – hebben vaak kortstondige pieken bij het starten. Ze starten meestal niet tegelijk en dus is de gelijktijdigheid van het gebruik hier niet hoog. Bij warmtepompen, zonnepanelen en autoladen kan het gebruik juist langdurig hoog zijn. Dit kan zorgen voor een hoger gelijktijdig gebruik. Dit is ook de reden dat vaak wordt geadviseerd om netverzwaring aan te vragen naar 3-fase.

Contractueel

Energieleveranciers sluiten per aansluiting een contract af met de regionale netbeheerder, een aansluit- en transportovereenkomst, ofwel ATO. De voorwaarden uit dat contract worden in de regel direct doorgelegd in het contract dat de energieleverancier met een kleinverbruiker (hier: huishouden) heeft.

In dat contract staat welke aansluitcapaciteit per kleinverbruiker gecontracteerd wordt. Als een huishouden bijvoorbeeld een 1x25A aansluiting heeft, betekent dit dat contractueel is vastgelegd dat dit huishouden tot 25A mag gebruiken. In theorie zouden de bewoners van dit huishouden er voldoende apparaten achter mogen zetten om volcontinu 25A te gebruiken. In de praktijk is het gebruik van huishoudens veel lager. De meeste huishoudens met een cv-ketel en zonder autoladen komen zelden boven de 15A uit.

Wat in het contract is afgesproken is niet hetzelfde als wat technisch kan. Het komt bijvoorbeeld vaak voor dat terwijl contractueel een 1x25A of 1x35A aansluiting is vastgelegd, de hoofdzekering een grotere capaciteit heeft van bijvoorbeeld 1x40A of 1x50A. De netbeheerder wil daarmee voorkomen dat er onnodig vaak hoofdzekeringen afslaan.

Wat gebeurt er als de installaties in de woning meer vermogen vragen dan de grenswaarden?

Er zijn verschillende situaties mogelijk:

- Een groep wordt belast met meer dan de technische capaciteit.
- Een aantal groepen naast elkaar worden allebei lange tijd voor de volle capaciteit belast.
- De gezamenlijke belasting van alle groepen overschrijdt de contractcapaciteit.
- De gezamenlijke belasting van alle groepen overschrijdt de hoofdzekeringcapaciteit.

Een groep wordt belast met meer dan de technische capaciteit

Als een groep – via de installatieautomaat of smeltzekering – een capaciteit van 16A heeft, heet dat de nominale capaciteit. Groepen worden ontworpen om bij overbelasting niet meteen af te slaan. Een belasting van 113% van de nominale capaciteit moeten ze minstens een uur lang kunnen volhouden. Bij een belasting van 145% van de nominale capaciteit moeten ze na maximaal een uur afslaan. Dus bij een niet al te langdurende overbelasting zal alleen de groep warmer worden, maar zal geen functioneel verschil merkbaar zijn voor de bewoners. Als een groep afslaat, heeft dat geen effect op andere groepen. Alleen de apparatuur achter de betreffende groep krijgt dan geen elektriciteit meer.

De installaties achter een groep mogen echter niet ontworpen zijn om samen een hogere elektriciteitsvraag te hebben dan de nominale capaciteit van die groep. Dit bepaalt de NEN1010. Een installateur zal hier rekening mee moeten houden bij het bepalen welke installaties achter welke groepen worden geplaatst.

Een aantal groepen naast elkaar worden allebei lange tijd voor de volle capaciteit belast

Bij installaties zoals een warmtepomp, zonnepanelen en autoladen kan een groep lange tijd een vermogen vragen dat in de buurt komt van de nominale capaciteit. De installatieautomaten of smeltzekeringen warmen dan op. Als twee groepen die allebei lange tijd in de buurt van de nominale capaciteit zitten naast elkaar geplaatst zijn, kunnen ze die hitte niet goed kwijt. Daarom zijn deze ‘nieuwe’ vuistregels aan te bevelen:

- De groepen voor warmtepomp, autoladen en zonnepanelen kunnen beter niet naast elkaar worden gemonteerd in de groepenkast. Het best zitten ze in de onderste rij van de groepenkast, zodat de warmte een plek heeft om naartoe te gaan.
- Als de installateur twijfelt over de warmteontwikkeling in de groepenkast, zou hij of zij moeten aanbevelen om de groepen niet meer dan 80% te belasten. Dat betekent een functionele beperking van de installatie achter een 16A groep, die dan maximaal 2900 W zou mogen gebruiken.

In het ergste geval kan, als hier onvoldoende rekening mee wordt gehouden, de ophopende hitte leiden tot brand in de meterkast. Let daarom bij de aankoop van een meterkast op NEN-EC-IEC 61439 certificering. Die certificering houdt rekening met de plaatsing van de groepen en warmteontwikkeling. Installateurs die later extra groepen komen plaatsen zouden hier ook rekening mee moeten houden.

De gezamenlijke belasting van alle groepen overschrijdt de contractcapaciteit

Een slimme meter geeft het verbruik per kwartier door aan een meetbedrijf. Als de regionale netbeheerder aan de hand van die meetgegevens concludeert dat een verbruiker een kwartier lang gemiddeld meer heeft verbruikt dan contractueel afgesproken, kan die daar actie op ondernemen.

Voorlopig kijken regionale netbeheerders bij kleinverbruikers een belasting die de afgesproken contractwaarde overstijgt door de vingers, zolang tenminste de gevolgen verwaarloosbaar zijn. Juridisch gezien pleegt de verbruiker echter contractbreuk en zou die daar op aangesproken kunnen worden. In theorie kan de verbruiker ook een boete krijgen van de regionale netbeheerder.

De gezamenlijke belasting van alle groepen overschrijdt de hoofdzekeringcapaciteit

De capaciteit van de hoofdzekering kan even groot zijn als de contractueel afgesproken capaciteit. Hij kan ook hoger zijn. Vaak is dat laatste het geval. In het geval de hoofdzekering een *even grote* capaciteit heeft als de contractwaarde, zal die tenminste een uur lang een

overbelasting tot 113% van de nominale waarde moeten kunnen transporteren zonder af te slaan. Dit mag contractueel gezien niet, maar technisch kan het wel. Als de overbelasting nog hoger is of langer duurt, kan de hoofdzekering afslaan en heeft de hele woning geen elektriciteit. In dat geval, als de hoofdzekering achter een verzegelde klep zit, moet contact worden opgenomen met de netbeheerder. Die moet langskomen om de zekering te vervangen en de klep opnieuw te verzegelen. Bij een hoofdzekering met schakelaar kan het voldoende zijn om de schakelaar weer omhoog te zetten, tenzij de zekering beschadigd is geraakt door de overbelasting.

Wat is de aansluitcapaciteit van duurzame installaties?

Bij het elektrificeren van een woning komen een aantal installaties kijken die veel elektriciteit kunnen vragen of leveren:

1. Warmtepomp
2. Inductiekookplaat
3. Zonnepanelen
4. Autoladen

Warmtepomp

Er zijn talloze warmtepomptypen en -configuraties. Zie hiervoor ook de publicatie "Strategisch kiezen van duurzame installaties". Die kunnen daarom zeer verschillende elektrische aansluitvereisten hebben. De meest bepalende factor die invloed heeft op de elektrische vereisten is het thermisch vermogen van de warmtepomp. Indicatief is die relatie als volgt, hoewel altijd de installatievoorschriften van de warmtepomp moeten worden gevolgd:

Thermisch vermogen warmtepomp [3]	**Tot 6 $kW_{thermisch}$**	**Tussen 6 en 8 $kW_{thermisch}$**	**Vanaf 8 $kW_{thermisch}$**
Benodigd elektrisch aansluitvermogen	Meestal 1-fase 16A	Vaak 1-fase 16A, maar kan ook vragen om een 1-fase fornuisgroep (32A) of om 3-fase 16A	Bijna altijd 3-fase 16A

Tabel 2: Relatie tussen thermisch vermogen en benodigde aansluitcapaciteit

[3] Vaak worden vermogens weergegeven bij A-7/W35. Dit betekent: een buitentemperatuur van -7°C en een aanvoertemperatuur naar het afgiftesysteem van 35°C. Bij een lagere buitentemperatuur of een hogere aanvoertemperatuur, zoals A-10/W55, zal het thermisch vermogen in de regel zo'n 10-30% lager liggen, afhankelijk van type bron en warmtepomp.

Inductiekookplaat

Inductiekookplaten zijn er in veel smaken. Indicatief is er een relatie tussen luxe en benodigd aansluitvermogen:

Type kookplaat	**Basis (tot 4 pitjes)**	**Ruim (tot 6 pitjes)**	**Luxe (groter of sneller)**
Benodigd elektrisch aansluitvermogen	Vaak 1-fase 16A, soms een 1-fase fornuisgroep (32A)	Een 1-fase fornuisgroep (32A)	Een 1-fase fornuisgroep (32A) of 3-fase groep

Tabel 3: Relatie tussen type kookplaat en benodigde aansluitcapaciteit

Zonnepanelen

Bij zonnepanelen is de relatie tussen het maximaal door de omvormer te leveren vermogen en het benodigd aansluitvermogen één op één:

Max door de zonnepanelen en omvormer te leveren vermogen	**Tot 3,6 $kW_{elektrisch}$**	**Tot 5,5 $kW_{elektrisch}$**	**Tot 7,2 $kW_{elektrisch}$**	**Vanaf 7,3 $kW_{elektrisch}$**
Benodigd elektrisch aansluitvermogen	Tot 1-fase 16A	Tot 1-fase 25A	Twee x 1-fase 16A of 3-fase groep	3-fase groep 16A

Tabel 4: Relatie tussen opwekcapaciteit van zonnepanelen en benodigde aansluitcapaciteit

Autoladen

Bij het laden van een elektrische auto is er een directe relatie tussen laadvermogen en het benodigde aansluitvermogen:

Max laadvermogen	**Tot 3,6 $kW_{elektrisch}$**	**Tot 5,5 $kW_{elektrisch}$**	**Tot 7,2 $kW_{elektrisch}$**	**Vanaf 7,3 $kW_{elektrisch}$**
Benodigd elektrisch aansluitvermogen	Tot 1-fase 16A	Tot 1-fase 25A	Een 1-fase fornuisgroep (32A) of 3-fase groep 16A	3-fase groep 16A

Tabel 5: Relatie tussen laadvermogen en benodigde aansluitcapaciteit

Wat is het vermogen dat all-electric woningen in de praktijk vragen?

Voor het beantwoorden van deze vraag is gebruik gemaakt van meetdata van ongeveer 400 all-electric woningen in de *Energietransitie Dataset*. Deze dataset is mede tot stand gekomen dankzij monitoringpartners **Watch-e** en **O-nexus**. Zie het hoofdstuk Verantwoording om meer te weten te komen over die data en om daar meer analyseresultaten van te zien. Belangrijk om hier te vermelden is dat die woningen een 3x25A aansluiting hebben. Bij de analyse is gevraagd "*wat als die woningen een 1x25A of een 1x35A aansluiting hadden gehad? Hoe vaak zouden ze dan problemen hebben ondervonden?*".

Relevante grenzen

Er zijn twee relevante grenzen:

Aansluittype	Technische grens	Contractuele grens
1x25A	Dat het totaal door de woning gevraagde vermogen langer dan een *uur* boven de *113%* van 25A uitkomt, oftewel 6,5 $kW_{elektrisch}$.	Dat het totaal door de woning gevraagde vermogen langer dan een *kwartier* boven de *100%* van 25A uitkomt, oftewel 5,7 $kW_{elektrisch}$.
1x35A	Dat het totaal door de woning gevraagde vermogen langer dan een *uur* boven de *113%* van 35A uitkomt, oftewel 9,1 $kW_{elektrisch}$.	Dat het totaal door de woning gevraagde vermogen langer dan een *kwartier* boven de *100%* van 35A uitkomt, oftewel 8,0 $kW_{elektrisch}$.

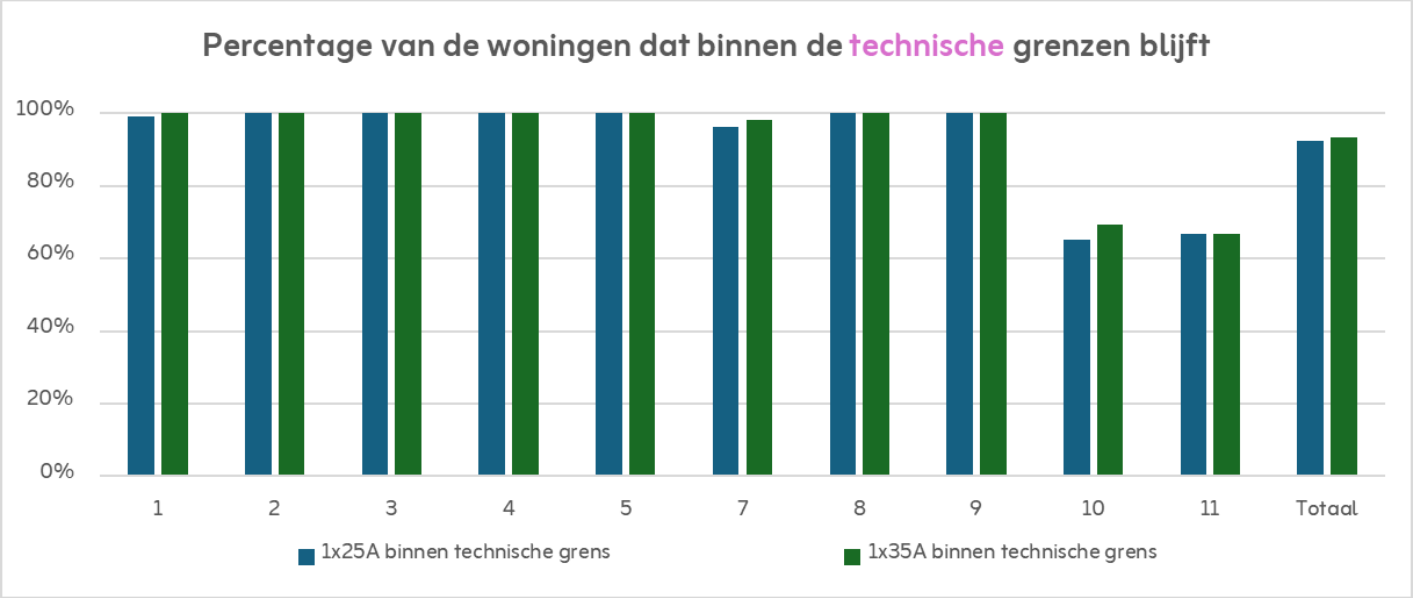
Tabel 6: Relevante grenswaarden

Als een woning de contractuele grens overschrijdt, doen de bewoners iets wat niet mag, met de kans op een boete. Als een woning de technische grens overschrijdt, is er een kans dat de hoofdzekering afslaat.

Overschrijding van de grenzen

Hoeveel woningen gaan over deze twee grenzen heen? Van de 368 woningen in de dataset, verdeeld over 10 projecten, is onderzocht hoeveel van die woningen altijd binnen de grens

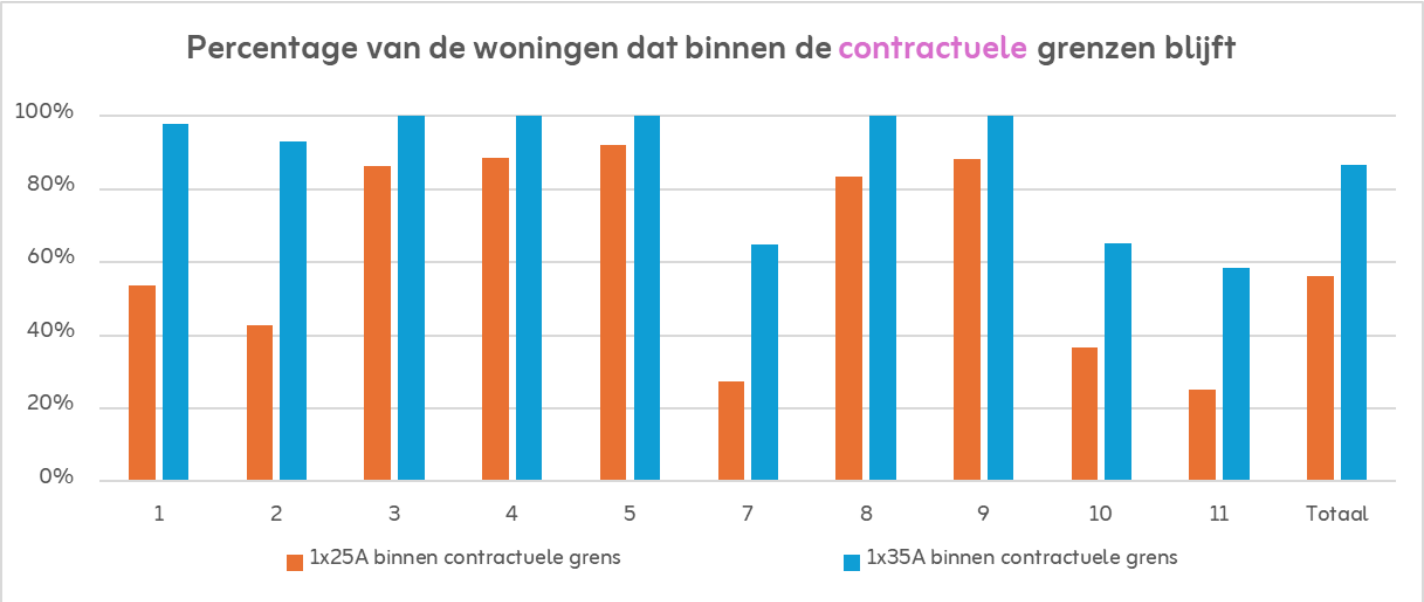
blijven versus hoeveel woningen tenminste één keer in het jaar over de grens gaan. Het betreft het totale elektriciteitsverbruik van de woning.



*Figuur 5: Percentage van de all-electric woningen in de dataset dat binnen de **technische** grenzen van de aansluiting blijft.*

Hieruit is zichtbaar dat bij de meeste projecten woningen bij zowel een 1x25A als een 1x35A niet over de technische grenzen heen blijken te gaan. Uitzonderingen hierop zijn:

- Project 1: één woning bij 1x25A
- Project 7: 1 woning bij 1x35A en twee woningen bij 1x25A
- Projecten 10 en 11: 23 woningen bij 1x35A en 25 woningen bij 1x25A



*Figuur 6: Percentage van de all-electric woningen in de dataset dat binnen de **contractuele** grenzen van de aansluiting blijft*

Bij de contractuele grens is het beeld minder positief. Hoewel bij een 1x35A aansluiting de meeste woningen nog wel binnen de grenswaarden blijven, is dat bij 1x25A een heel ander verhaal. Daar schieten veel woningen tenminste één keer overheen tijdens het jaar.

Welke woningen hebben niet voldoende aan een 1-fase aansluiting?

Wat is bekend over de woningen die over hun contractuele en technische grenzen heen gaan? Waarin verschillen zij van de andere woningen? Uit het onderzoek blijken vijf oorzaken te onderscheiden.

Figuur 7: Vijf oorzaken voor overschrijden van de grenzen

Autoladen

Een belangrijk oorzaak voor het overschrijden van de grenzen is het achter de meter laden van een elektrische auto. Uit de 24-uurs dagprofielen per woning bleek dat een aantal woningen een laadpaal heeft. Door te kijken naar langdurig hoog huishoudelijk elektricitieitsverbruik – concreet: een uur of langer een huishoudelijk verbruik van tenminste 7,4 $kW_{elektrisch}$ – is vastgesteld welke huishoudens naar grote waarschijnlijkheid een laadpaal hebben. Het is ook mogelijk dat ze een andere installatie hebben die een vergelijkbaar verbruikspatroon heeft, maar de combinatie van vermogen en dagprofiel geeft een zeer sterke indicator voor de aanwezigheid van een laadpaal.

Project	Aantal woningen met laadpaal aan huis	Aantal woningen met overschrijding van de technische grens bij 1x25A
10	17	17
11	8	8
Totaal	25	25

Tabel 7: aantal woningen met laadpaal aan huis

Voor projecten 10 en 11 verklaart deze laadpaal 100% van de overschrijding van de *technische* grens, zowel bij 1x25A als 1x35A. De *contractuele* grens wordt echter ook overschreden door woningen die geen laadpaal hebben.

Hoog warmteverlies

In project 7 zijn weinig isolerende maatregelen getroffen. In die woningen zijn warmtepompen geplaatst met een vermogen van 7,5 of 8 $kW_{thermisch}$ (beide varianten zijn gebruikt bij verschillende woningen in het project). Hoewel woningen met zo'n groot vermogen warmtepomp vrijwel altijd binnen de technische grenzen van een 1x25A of 1x35A aansluiting blijven, zorgt het hogere warmteverlies er wel voor dat deze warmtepompen veelvuldig worden aangesproken. Het frequentere piekverbruik, in combinatie met huishoudelijk verbruik, zorgt ervoor dat alle groepen van deze woningen gezamenlijk regelmatig over de contractuele grens heen gaan.

Matige inregeling van de warmtepomp

Het elektriciteitsverbruik van de warmtepompen in project 7 is daarnaast meetbaar grilliger dan bij andere projecten, wat – zo is onderzocht voor een binnenkort te verschijnen publicatie over de verschillen tussen berekende en gemeten prestaties – een statistisch relevante negatieve invloed heeft op het rendement van de warmtepomp. Onder 'grillig' wordt verstaan dat de warmtepomp vaker aan- en uitgaat in plaats van langer in een bepaalde modus actief blijft. Door deze grilligheid zijn deze warmtepompen minder efficiënt, wat ervoor zorgt dat ze een hoger elektrisch vermogen vragen bij eenzelfde warmtevraag dan een warmtepomp die beter ingeregeld is en daardoor stabiel kan draaien op een gemiddeld lager vermogen.

Technische storing

Bij de twee woningen in project 7 die ook over de technische grenzen gaan speelde een installatietechnisch probleem. Uit de meetdata is namelijk zichtbaar dat bij beide woningen het maximaal door de warmtepomp gevraagde elektrische vermogen hetzelfde of zelfs hoger was dan het maximale thermische vermogen. Dit kan eigenlijk alleen als de warmtepomp in storing is geweest en er een elektrisch backup element van hetzelfde vermogen in de warmtepomp zit.

Een 1x25A aansluiting is te klein

Dan blijft er nog een restcategorie woningen over waarvan het totale gebruik niet over de technische grenzen heen gaat en nauwelijks over de contractuele grens bij 1x35A, maar wel regelmatig over de contractuele grens bij 1x25A. Daarvan is niet direct aanwijsbaar waarom deze woningen over deze grens heen gaan. Bij grotere woningen komt dit vaker voor, bij woningen waar veel tapwater wordt gebruikt en woningen die slechter geïsoleerd zijn ook. Maar die woningen vertonen allemaal geen bijzonder verbruik. De overschrijding bij deze woningen hoort bij de natuurlijke spreiding in energiegebruik. Hieruit lijkt geconcludeerd te kunnen worden dat, hoewel elektrificeren binnen een 1x25A aansluiting voor veel woningen technisch probleemloos zal zijn, een deel van de natuurlijke spreiding in energieverbruik ervoor zal zorgen dat huishoudens met een dergelijke aansluiting een redelijke kans hebben af en toe over de contractuele grens heen te gaan.

Wat moeten woningen doen om achter de meter te kunnen elektrificeren?

Zoals bij voorgaande paragrafen vastgesteld is voor de meeste woningen een 1x35A aansluiting voldoende om all-electric te kunnen gaan. Voor veel woningen is een 1x25A zelfs ook al voldoende. Dit geldt echter niet voor *elke* woning. Om voor individuele woningen te kunnen vaststellen of een 1-fase aansluiting volstaat, is het belangrijk om te kijken naar drie onderwerpen:

1. Beperk het warmteverlies
2. Vergroot de efficiëntie van de warmtepomp
3. Zorg voor fysieke of installatietechnische beperkingen voor grote verbruikers

Beperk het warmteverlies

Het thermisch vermogen van de warmtepomp is direct te relateren aan de benodigde elektrische aansluitcapaciteit en aan het warmteverlies van de woning. Uit de meetdata, leveranciersdata en inzichten uit Strategisch kiezen van duurzame installaties lijken de volgende vuistregels af te leiden:

Aansluittype	Aan te raden maximaal thermisch vermogen van de warmtepomp	Aan te raden maximaal warmteverlies van de woning bij A-10/W35	Aan te raden maximaal warmteverlies van de woning bij A-10/W55 [4]
1x25A	6 $kW_{thermisch}$	Tot 5 $kW_{thermisch}$	Tot 4 $kW_{thermisch}$
1x35A	8 $kW_{thermisch}$	Tot 7 $kW_{thermisch}$	Tot 5 $kW_{thermisch}$

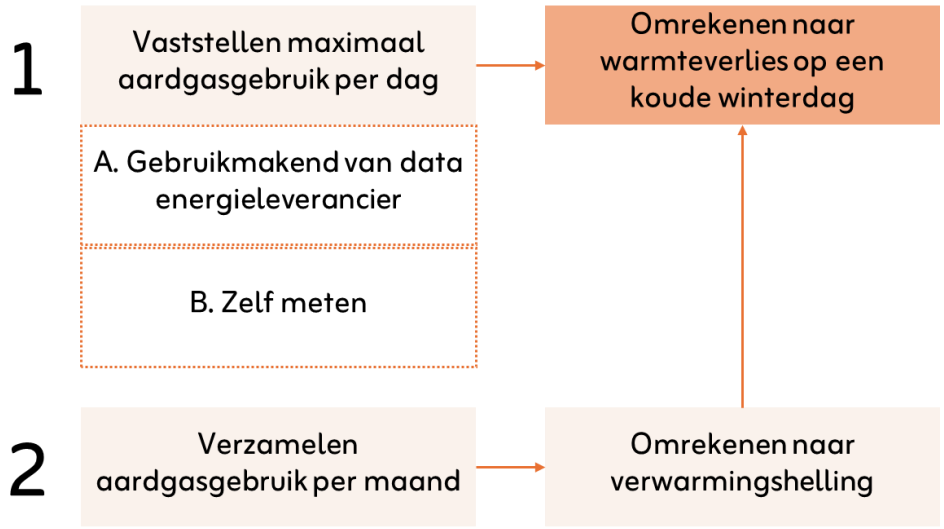
Tabel 8: Verantwoord vermogen warmtepomp

Een warmtepomp met een hoger vermogen achter de bestaande meter is mogelijk, maar vereist extra aandacht voor de afstemming met de overige installaties in de woning.

[4] De 'W' in A-10/W35 of A-10/W55 staat voor de aanvoertemperatuur van het afgiftesysteem. Bij een hogere afgiftetemperatuur heeft de warmtepomp een lager rendement. Om uit te komen op eenzelfde elektrisch vermogen als bij een lagere afgiftetemperatuur, moet dus het warmteverlies van de woning lager zijn.

Het thermisch vermogen van de warmtepomp moet in de regel iets groter zijn dan het warmteverlies van de woning bij -10°C, zodat er voldoende tijd over blijft in de dag om warm tapwater te maken en om de woning vanaf een lage starttemperatuur (bijvoorbeeld na een vakantie of omdat de warmtepomp niet wordt gebruikt op momenten van hoge energie- en netkosten) ook in een koude periode op te kunnen warmen. Een onnodig grote warmtepomp leidt daarentegen tot een lagere efficiëntie.

Het warmteverlies van de woning bij -10°C kan proefondervindelijk worden vastgesteld. Twee manieren om dat te doen zijn:



Figuur 8: Twee manieren om het warmteverlies van een woning vast te stellen.

In toelichting daarop:

1. Het doel van deze stap is om in kaart te brengen hoeveel aardgas de huidige woning verbruikt op een koude winterdag, bij voorkeur bij een buitentemperatuur rond de -10°C.
    - Bij veel energieleveranciers is tegenwoordig online op te zoeken wat het energieverbruik per dag is geweest. Indien dit mogelijk is, zoek dan de hoogste waarde op. Kijk wel na of het tijdens die hoogste waarde voldoende koud is geweest. Als dat niet het geval was, is deze methode niet voldoende.
    - Als bovenstaande niet mogelijk is, neem dan, als het in de winter daadwerkelijk een keer -10°C wordt, een aantal dagen achter elkaar de stand van de gasmeter op.

   - Het maximale gasverbruik per 24 uur in m^3 zegt iets over hoeveel warmte geproduceerd is, namelijk ruwweg het aantal m^3 * 10 ($kWh_{thermisch}$ / m^3) * 90% (opwekrendement) in $kWh_{thermisch}$. Het gasgebruik voor koken is verwaarloosbaar. Voor warm tapwater kan hiervan 5 $kWh_{thermisch}$ afgetrokken worden. Dit getal voor warm tapwater komt uit de Energietransitie Dataset en is een gemiddelde. Dit is het warmteverlies per 24 uur in $kWh_{thermisch}$. Om het naar een gemiddeld warmteverlies in $kW_{thermisch}$ om te rekenen moet deze waarde gedeeld worden door 24.

2. Een manier die iets moeilijker is om uit te voeren, maar ook te gebruiken is als er geen heel lage buitentemperaturen voorkomen, is het maken van een 'energy signature' van de woning. Hiertoe moet slimme meter data van bij voorkeur een jaar lang bekend zijn en in elk geval tijdens de verwarmingsperiode van oktober tot april. De aardgasverbruiken kunnen per maand bij elkaar worden opgeteld. Reken het om met m^3 * 10 ($kWh_{thermisch}$ / m^3) * 90% (opwekrendement) om het verbruik in $kWh_{thermisch}$ te krijgen. Deel dit door het aantal dagen in de maand om het maandgemiddelde aantal $kWh_{thermisch}$ per dag te krijgen. Trek hier 5 $kWh_{thermisch}$ vanaf voor warm tapwater. Zoek bij KNMI op wat de maandgemiddelde buitentemperatuur (°C) was van het dichtstbijzijnde weerstation. Zet het maandgemiddelde verbruik per dag in een grafiek af tegen de maandgemiddelde buitentemperatuur. Trek een rechte lijn door de punten uit de verwarmingsperiode (oktober – april). Dit is de verwarmingshelling. Door die helling te volgen naar -10°C, kan worden geschat wat het warmteverlies zou zijn geweest bij -10°C.

Daarnaast kan het warmteverlies ook worden berekend middels een warmteverliesberekening conform NEN-EN 12831 of een aantoonbaar gelijkwaardige methodiek. Een professionele installateur van warmtepompen moet dit kunnen maken.

De belangrijkste factoren die invloed hebben op het warmteverlies zijn:

- verliesoppervlak (gebruiksoppervlak maal compactheid van de woning)
- isolatiegraad
- kierdichtheid
- manier en efficiëntie van ventileren

Vergroot de efficiëntie van de warmtepomp

De praktijkrendementen van warmtepompen lopen sterk uiteen. Omdat de warmtepomp een grote verbruiker is, is het belangrijk om voldoende aandacht te geven aan het goed instellen en inregelen. Een jaarrond gemiddeld rendementsverschil tussen 2,0 en 3,5 – geobserveerde waarden uit de Energietransitie Dataset – kan zorgen voor een 2.500 $kWh_{elektrisch}$ lager energieverbruik op jaarbasis. Bij een gemiddelde elektriciteitsprijs van € 0,40 is dat € 1.000 per jaar. Bovendien zorgt een slechter rendement ook voor frequentere en hogere pieken.

Het rendement van een warmtepomp kan pas achteraf worden vastgesteld. Het is daarom aan te raden om bij de aanschaf van een warmtepomp rekening te houden met of er een manier is om meetdata uit de warmtepomp te verkrijgen die inzichtelijk kan maken hoe goed de warmtepomp functioneert. Op basis daarvan kunnen achteraf verbeteringen worden toegepast.

Algemene tips en richtlijnen voor een efficiënt draaiende warmtepomp:

- Zorg bij de plaatsing van de buitenunit (bij een lucht-water warmtepomp) voor voldoende luchtstroming. Idealiter is de buitenunit op het Zuiden gericht vanwege de lichtinval van de zon;
- Zorg voor voldoende watercapaciteit in het afgiftesysteem, zodat de warmtepomp zijn warmte kwijt kan en langer stabiel kan draaien;
- Kies een modulerende warmtepomp, zodat hij minder snel gaat pendelen (aan en snel weer uit gaan, wat slecht is voor de compressor);
- Een bodemwarmtepomp heeft een hoger rendement dan een lucht-water warmtepomp;
- Een ventilatiewarmtepomp heeft een lager rendement dan een lucht-water warmtepomp;
- Pas geen nachtverlaging toe in de verwarmingsperiode;
- In het algemeen is het aan te raden zo min mogelijk aan de thermostaatknop te komen.

Zorg voor installatietechnische beperkingen voor grootverbruikers

Meestal worden de grensoverschrijdende vermogens zoals hierboven beschreven veroorzaakt door een laadpaal of (het elektrisch element van) een warmtepomp. Kunnen die vermogens worden gedempt door installatietechnische oplossingen?

Een aantal maatregelen is daartoe onderzocht:

Maatregel	Definitie	Effect
HEMS - 10%	Een HEMS (home energy management system) kan sturing geven aan warmtepomp, laadpaal, omvormer en/of batterij. In dit geval is de focus gelegd op een simpele interpretatie van een HEMS, waarbij woningbreed tot 10% van de piekvermogens worden gedempt en verplaatst naar andere momenten van de dag. De waarde van 10% is een waarde die HEMS-leveranciers claimen te kunnen bereiken. Uit eerder onderzoek voor Netbewust renoveren en elektrificeren bleek dit percentage technisch goed haalbaar door alleen al het aansturen van de warmtepomp.	› Geen effect op overschrijding technische grens. › Zorgt voor beperkte verkleining van het aantal woningen dat over de contractuele grens gaat, vooral bij 1x25A.
HEMS - 25%	Hetzelfde als hierboven, maar dan met 25%. Dit is ook een waarde die HEMS-leveranciers claimen te kunnen bereiken. Uit het hierboven al genoemde onderzoek bleek dit percentage technisch weliswaar haalbaar door aansturen van de warmtepomp, maar had dat wel enige comfortgevolgen voor bewoners.	› Geen effect op overschrijding technische grens. › Zorgt voor beperkte verkleining van het aantal woningen dat over de contractuele grens gaat, vooral bij 1x25A.
Load balancer	Feitelijk is dit ook een vorm van HEMS. Een load balancer meet het momentaan gevraagde vermogen, bijvoorbeeld door te verbinden met de slimme meter, en alloceert aan de hand daarvan en een door de gebruiker ingestelde limiet een dynamische hoeveelheid vermogen aan een grote verbruiker. Meestal gaat het hier om een laadpaal. Die laadpaal mag dan alleen het resterend beschikbare vermogen gebruiken.	Heel veel effect bij woningen met een laadpaal. Met een load balancer wordt de technische en contractuele grens niet meer overschreden.

Batterij	Een batterij zal veelal worden ingezet om niet gebruikte zonnestroom op te slaan en in te zetten op momenten dat stroom van het net afnemen juist duur is. Als de batterij ook wordt gebruik om pieken in het elektriciteitsverbruik te bufferen, kan dat voldoende zijn om de overschrijding van de capaciteitsgrenzen te voorkomen. Batterijen tot 12 kWh zijn onderzocht.	Kan in sommige specifieke gevallen helpen om niet over de grens te gaan, maar meestal niet nodig (kan goedkoper worden opgelost met andere maatregelen) of niet genoeg (meer dan 12 kWh nodig).
Beperken vermogen backup elektrisch element	Warmtepompen hebben een elektrisch element dat op meerdere manieren kan worden ingezet: als 1) bijstookelement op zulke koude dagen dat de warmtepomp vermogen tekortkomt en 2) als backup voor het geval de warmtepomp in storing is. Dit element produceert warmte net als een waterkoker, met een COP van 1. Het leidt daarom tot een hoge elektrische vermogensvraag.	Niet cijfermatig onderzocht voor dit onderzoek. Uit eerder onderzoek is bekend: › Inzet als bijstookelement is onwenselijk; › Bij inzet als backupelement zou het elektrisch vermogen beperkt moeten worden tot 16A. Overschrijding van de 1-fase grens is anders zeer waarschijnlijk.

Tabel 9: Te verwachten effect van een aantal maatregelen om binnen de 1-fase capaciteit te blijven.

Wat betekenen de benodigde warmteverliezen in de praktijk?

Bij de vorige vraag werd aangegeven hoe belangrijk het is om het warmteverlies te beperken tot waarden tussen de 3 en 7 $kW_{thermisch}$. Hoe staat dat in verhouding tot de bestaande bouw? Om dat te beantwoorden is naar verschillende bronnen gekeken: CBS Warmteprofielanalyse en de Energietransitie Dataset.

Bij deze bronnen ontstaat een beeld van de relatie tussen buitentemperatuur en de warmtevraag van woningen. Deze relatie is belangrijk voor het in beeld brengen van de toekomstige elektriciteitsvraag bij elektrificatie van de warmtevoorziening en de mogelijkheid of dit binnen de bestaande elektrische netaansluiting mogelijk is.

CBS Warmteprofiel analyse

Het CBS heeft in 2025 een verbeterde methode ontwikkeld om aardgasverbruik van woningen te verklaren op basis van graaddagen, gebruikmakend van slimme meterdata. Hieruit blijkt dat het aardgasgebruik voor ruimteverwarming lineair toeneemt met het aantal graaddagen boven een bepaald stookpunt. Deze zogenoemde “stookactiviteit” (uitgedrukt in m^3 aardgas per graaddag) is in de praktijk sterk afhankelijk van woningoppervlak en isolatieniveau, maar vertoont, gecorrigeerd per m^2, een relatief stabiel patroon.

Een dag met een buitentemperatuur van −10 °C correspondeert met 28 graaddagen (uitgaande van de standaard referentietemperatuur van 18 °C). Toepassing van het CBS-model leidt tot een representatieve bandbreedte van het aardgasverbruik voor ruimteverwarming van circa 5 tot 10 m^3 per woning per dag, afhankelijk van de energetische kwaliteit en de omvang van de woning. Voor een gemiddelde Nederlandse woning ligt dit rond de 7 m^3 per dag voor ruimteverwarming. Inclusief basisverbruik voor tapwater en koken komt het totaal uit op circa 7,5 m^3 aardgas per dag. Omgerekend naar kWh is dat voor de ruimteverwarming circa 65 $kWh_{thermisch}$. Dat komt neer op een gemiddeld warmteverlies van ongeveer 2,5 tot 3 $kW_{thermisch}$. Dit zou vragen om een warmtepomp met een vermogen van circa 4 $kW_{thermisch}$.

Let wel:

- Dit gaat over alle woningen samen. Hier zitten ook kleine appartementen tussen.
- Dit zijn gemiddelden. De spreiding is groot.
- Dit is alleen het thermisch vermogen van de warmteopwekker en beschrijft niet het benodigde elektrisch vermogen van de gehele woning.

Energietransitie Dataset

Voor een binnenkort te publiceren onderzoek naar de kloof tussen modelvoorspellingen door de NTA8800 en praktijkprestaties heeft Stroomversnelling samen met Innax onderzoek gedaan dat erg lijkt op dat van het CBS, maar dan met all-electric woningen. Daar is ook gekeken naar de warmteverliezen van woningen. De gebruikte eenheden zijn wel iets anders: buitentemperatuur in plaats van graaddagen en $kWh_{thermisch}$ in plaats van m^3 aardgas.

Project	Verwarmingshelling	Warmteverlies bij –10 °C	Benodigd vermogen warmtepomp
2	-0.6 $W_{thermisch}/m^2.K$	circa 1.5 $kW_{thermisch}$	circa 2 $kW_{thermisch}$
3	-1.0 $W_{thermisch}/m^2.K$	circa 2.5 $kW_{thermisch}$	circa 3 $kW_{thermisch}$
4	-0.8 $W_{thermisch}/m^2.K$	circa 2,0 $kW_{thermisch}$	circa 3 $kW_{thermisch}$
5	-0.9 $W_{thermisch}/m^2.K$	circa 2,0 $kW_{thermisch}$	circa 3 $kW_{thermisch}$
7	-1.5 $W_{thermisch}/m^2.K$	circa 4.5 $kW_{thermisch}$	circa 5 $kW_{thermisch}$

Tabel 10: Verwarmingshelling en benodigd vermogen van de warmtepomp van projecten in de Energietransitie Dataset

Deze waarden liggen, project 7 uitgezonderd, lager dan gemiddeld in Nederland. Dat is ook niet verwonderlijk, aangezien projecten 2 t/m 5 allemaal volgens de NTA8800 een zeer lage warmtebehoefte hebben, namelijk beter dan de Standaard voor woningisolatie. Project 7 is daarop de uitzondering, met een warmtebehoefte van 126 $kWh_{thermisch}$ per m^2 per jaar, wat ongeveer correspondeert met label C.

De inzichten van CBS en uit de Energietransitie Dataset zijn van belang voor beeldvorming rond netcongestie en de warmtetransitie. Het maakt duidelijk dat de maximale warmtevraag van woningen — en daarmee de piekbelasting op het elektriciteitsnet — in sterke mate wordt bepaald door fysieke eigenschappen van de woning (verliesoppervlak en isolatie), en slechts in beperkte mate door gedragsfactoren. Tegelijkertijd laat de beperkte stijging van de piekvraag

bij extreme kou zien dat de dimensionering van installaties en netten primair moet worden gebaseerd op robuuste maar niet overdreven conservatieve klimaataannames.

Het samengenomen beeld is daarmee:

- De warmtevraag van woningen bij (extreme) kou is goed te beschrijven met een lineaire relatie met graaddagen of op basis van de buitentemperatuur.
- Bij –10 °C (circa 28 graaddagen per dag) bedraagt de warmtevraag van een gemiddelde woning in Nederland circa 65 $kWh_{thermisch}$/dag, met een aanzienlijke spreiding.
- Dit correspondeert met een warmteverlies van 2,5 tot 3,0 $kWh_{thermisch}$.

Welk soort woning heeft welk soort warmteverlies?

Op basis van inzichten uit het CBS-rapport is een aanzet gemaakt om op basis van woningtype voor de gehele Nederlands woningvoorraad een inschatting te maken van de warmtebehoefte of energievraag bij -10 °C buitentemperatuur.

Woningtype	Typisch oppervlak	Typisch warmteverlies bij −10°C	1x25A vermoedelijk voldoende	1x35A vermoedelijk voldoende
Appartement	50–90 m²	1,5-3,6 $kW_{thermisch}$	Ja	Ja
Tussenwoning	90–130 m²	2,7-4,5 $kW_{thermisch}$	Op de grens	Ja
Hoekwoning / 2-onder-1-kap	110–160 m²	2,7–6,1 $kW_{thermisch}$	Deels	Grotendeels
Vrijstaand	140–250 m²	4,5–7,6 $kW_{thermisch}$	Meestal niet	Met enige moeite

Tabel 11: Schatting van de relatie tussen woningtype en hoe makkelijk die binnen een 1-fase aansluiting te elektrificeren is.

Op basis van de verkregen inzichten is ook een indeling te maken op basis van vloeroppervlakte.

Vloer-oppervlak	Typisch warmteverlies bij −10°C	1x25A vermoedelijk voldoende	1x35A vermoedelijk voldoende	Indicatief aandeel NL voorraad
< 75 m²	1,0-2,1 $kW_{thermisch}$	Ja	Ja	~30–35%
75–120 m²	2,1-2,9 $kW_{thermisch}$	Op de grens	Ja	~40–45%
120–160 m²	2,9-4,2 $kW_{thermisch}$	Deels	Grotendeels	~15–20%
> 160 m²	4,2-6,3 $kW_{thermisch}$	Meestal niet	Met enige moeite	~5–10%

Tabel 12: Schatting van de relatie tussen vloeroppervlak en hoe makkelijk dat binnen een 1-fase aansluiting te elektrificeren is.

Op basis van de CBS-analyse van stookactiviteit en praktijkdata lijkt aannemelijk dat circa 70–80% van de Nederlandse woningvoorraad bij −10 °C een warmteverlies heeft onder de 5 $kW_{thermisch}$ en dus elektrificeerbaar moet kunnen zijn binnen een 1x25A of 1x35A aansluiting. Het sturen op toepassing van de standaard voor woningisolatie vergroot dit percentage.

Belangrijke nuance is dat de spreiding groot is in de meetdata. Daardoor zit een deel van de tussenwoningen boven de grens en een deel van de grote woningen onder de grens.

Deze koppeling van warmteverliezen aan woningtypen en -oppervlakten is indicatief en met aanzienlijke onzekerheid omgeven. Op basis van de bij CBS beschikbare slimme meterdata op maandniveau en kenmerken over de woning zou een veel nauwkeuriger inschatting gemaakt kunnen worden.

Hoe vaak komen de verschillende typen aansluiting voor?

Om een inschatting te kunnen maken van de bestaande aansluitingen is gebruik gemaakt van open data van drie netbeheerders (Enexis, Liander, Stedin). Deze open data kent aanzienlijke beperkingen, namelijk 30% van de aansluitingen is niet nader gedefinieerd. Door de wijze van groeperen van aansluitingen kunnen daarbij rare statische verschuivingen plaatsvinden. Om de privacy van bewoners te beschermen zijn de data namelijk geaggregeerd. Per datapunt worden minimaal tien aansluitingen gecombineerd. Het viel op dat er een zeer gevarieerde en uitgebreide verdeling was van soorten elektra aansluiting: een range van 1x6A tot 3x500 en alles ertussen in. Om het overzicht enigszins overzichtelijk te houden is een clustering gemaakt van de meest voorkomende soorten. Daarbij is een percentage aangegeven waarvan zeker is dat de aansluiting in het postcodegebied ook daadwerkelijk van dit type is.

Op basis van de gegevens van de drie netbeheerders is onderstaand overzicht opgesteld:

Soort aansluiting	**Aantallen**	**Percentage van totaal**	**Percentage van bekend**
Totaal	**9.048.412**	100%	
Waarvan bekend	**6.343.592**	70%	100%
Divers < 1x20A	5.303	0%	0%
1x25A	838.369	9%	13%
1x35A	3.036.700	34%	48%
3x25A	2.288.492	25%	36%
Divers > 1x40A	174.728	2%	3%
Waarvan onbekend	**2.704.820**	30%	

Tabel 13: In Nederland aanwezige kleinverbruikersaansluitingen, voor zover daarin inzicht is te verkrijgen middels open data

Op basis van bovenstaand overzicht lijkt geconcludeerd te kunnen worden dat tussen de 40% (als alle onbekende aansluitingen van een andere categorie zijn) en 60% (als de onbekende aansluitingen naar rato verdeeld worden over de bekende aansluitingen) van de aansluitingen in het verzorgingsgebied van de drie grote netbeheerders lijken te vallen binnen de soort 1x25A en 1x35A.

De onbekende aansluitingen maken het uitdagend om een degelijke schatting te maken. De netbeheerders weten wel wat voor aansluitingen dit betreft, maar publiceren er (voor zover bekend) niet over in hun open data. Het lijkt aannemelijk dat de verdeling van de 2.704.820

onbekende aansluitingen grofweg dezelfde verdeling zal volgen als het aantal bekende aansluitingen. Naar de beste inschatting met de beschikbare data zullen daarom vermoedelijk circa 1,2 miljoen kleinverbruikers een 1x25A aansluiting hebben en 4,3 miljoen een 1x35A aansluiting.

De vermoedelijk circa 1,2 miljoen kleinverbruikers met een 1x25A aansluiting zullen de meeste uitdagingen ervaren met het binnen een 1-fase aansluiting elektrificeren, althans voor zover dat grotere en slechter geïsoleerde woningen betreft. Op basis van de open data van de netbeheerders is een koppeling te maken op postcodeniveau aan open data van de BAG om hier meer inzicht in te verkrijgen. Tijdens het hier onderliggende onderzoek was er onvoldoende tijd om die koppeling te maken.

Hoeveel mensen vragen nu jaarlijks een netverzwaring aan?

In Nederland is sprake van een sterke toename in aanvragen voor het verzwaren van elektriciteitsaansluitingen. Op basis van beschikbare cijfers wordt geschat dat jaarlijks voor 150.000 tot 200.000 huishoudens een aanvraag wordt gedaan voor een zwaardere aansluiting. Deze groei wordt gedreven door elektrificatie (warmtepompen, elektrische voertuigen, inductiekoken en zonnepanelen).

In het werkgebied van Liander werden in de eerste 5 maanden van 2025 circa 27.500 aanvragen gedaan. Dit was een stijging van ruim 50% ten opzichte van 2024. Historisch ontving Liander meer dan 43.000 aanvragen per jaar. Momenteel wachten circa 7.300 huishoudens en kleinverbruikers op een nieuwe of zwaardere aansluiting.

Door het extrapoleren van regionale cijfers (Liander vertegenwoordigt circa 30–35% van Nederland), kan een landelijke inschatting worden gemaakt van 150.000 tot 200.000 aanvragen per jaar voor verzwaring van elektriciteitsaansluitingen.

Het is niet bekend hoeveel van deze aanvragen grotere en slechter geïsoleerde woningen betreft en hoeveel, bijvoorbeeld, voortkomen uit het willen kunnen plaatsen van een laadpaal. Uit onderzoek van RVO (Nationaal Laadonderzoek 2025) komen wel een aantal interessante cijfers:

- 61% van de EV-rijders laadt de auto thuis op;
    - 13% van hen doet dat via het stopcontact;
    - 90% van hen heeft ook zonnepanelen, waarvan 80% zegt vaak of altijd bewust te laden op momenten met veel zonnestroom;
    - 41% van hen laadt slim op basis van dynamische tarieven, en daarover is 80% positief;
    - 83% van hen doet dat op 3-fase;
    - 31% van hen heeft de aansluiting laten vergroten voor een thuislaadpaal;

Op basis van verkoopcijfers over laadpalen lijkt het aannamelijk dat jaarlijks 150.000 tot 200.000 thuislaadpunten worden geïnstalleerd. Indien 31% van hen daarvoor een aansluiting heeft laten vergroten voor de thuislaadpaal, wordt vermoedelijk 50.000 tot 70.000 van de

jaarlijkse aanvragen voor verzwaring naar een 3-fase aansluiting veroorzaakt door kleinverbruikers die een thuislaadpunt voor hun elektrische auto willen plaatsen. En dus zouden er jaarlijks vermoedelijk 100.000 tot 130.000 aanvragen zijn voor een zwaardere aansluiting bij kleinverbruikers die niet voortkomen uit het plaatsen van een laadpaal. Het is niet bekend voor welk gebruiksdoel die aanvragen gedaan worden en voor wat voor soort woningen.

Wat zijn de verwachte gevolgen van het ruimer benutten van de bestaande aansluitingen op de (lokale) netbelasting?

Het elektrificeren achter de bestaande 1-fase aansluiting betekent dat die aansluiting intensiever benut zal worden. Als een aanzienlijk deel van de woningen in een wijk of gebied dat doet, leidt dat lokaal tot een hogere netbelasting. Uit eerder onderzoek (Netbewust Renoveren en Elektrificeren, 2026) bleek dat elektrificatie van bestaande functies – dat wil zeggen met een warmtepomp en inductiekookplaat, dus exclusief autoladen – de bijdrage van een individuele woning aan de netbelasting doet toenemen van circa 3 $W_{elektrisch}$ per m^2 naar 17 $W_{elektrisch}$ per m^2 (zie tabel 8 uit de genoemde publicatie) Of die elektrificatie plaats vindt achter een 1-fase of een 3-fase aansluiting maakt daar in theorie geen verschil in.

Stel dat in een wijk van 1.000 woningen, die allemaal netjes 100 m^2 groot zijn, 20% van de woningen de komende 5 jaar elektrificeert achter de bestaande meter, terwijl de rest een cv-ketel op aardgas behoudt, dan neemt de geschatte netbelasting van die woningen toe van 300 $kW_{elektrisch}$ naar 580 $kW_{elektrisch}$, bijna een verdubbeling.

Voor netbeheerders valt deze toename onder de categorie ‘autonome groei’. Zij houden in hun prognoses voor toekomstige netbelasting rekening met een zekere autonome groei. Of er lokaal, precies in die voorbeeldwijk waar 20% van de woningen de komende 5 jaar elektrificeert, ook ruimte is op het net om die autonome groei op te vangen, is locatie- en tijdsafhankelijk. Naarmate de voorspelde groei ook daadwerkelijk plaatsvindt, in relatie tot wat er in de regio gebeurt, prioriteren de netbeheerders netverzwarings- en stabiliseringsprojecten.

Bij het elektrificeren achter een 1-fase aansluiting is er wel een **grotere motivatie** om te zorgen **voor een netbewuste renovatie** (zie tabel 18 uit de genoemde publicatie). De maatregelen die zorgen voor een netbewuste renovatie, zijn namelijk vrijwel hetzelfde als de maatregelen die ervoor zorgen dat het elektriciteitsverbruik binnen de bestaande 1-fase aansluiting blijft.

Conclusies

Wat kan er wel achter een 1-fase aansluiting?

- De **meeste woningen kunnen** achter een **1x35A** aansluiting elektrificeren (all-electric warmtepomp, inductiekookplaat, zonnepanelen).
- **Kleinere of goed geïsoleerde woningen** kunnen ook achter een **1x25A** aansluiting elektrificeren.
- Het installeren van **genoeg zonopwek** om grotendeels of volledig te voorzien in het jaarlijks energieverbruik (exclusief autoladen) is **mogelijk** achter een 1x35A aansluiting.
- Een **laadpaal** is mogelijk achter een **1x35A** aansluiting, mits er een **load balancer** aanwezig is. Achter een 1x25A is dit ook mogelijk, maar zal het vaker fout gaan, bijvoorbeeld in koude winterweken en als de bewoner de auto regelmatig gebruikt.
- Lang voordat de technische grenzen bij een 1x25A of 1x35A aansluiting worden overschreden, worden de **contractuele grenzen overschreden**. Op dit moment gaan de netbeheerders bij kleinverbruikers coulant om met een overschrijding van de contractuele grenzen. Het is niet bekend of dat zo blijft.

Wanneer gaat het niet goed?

- In het algemeen: een **1x35A** is veel **robuuster** voor het opvangen van natuurlijke variantie in energieverbruik dan een 1x25A. Bij een 1x25A aansluiting wordt dicht langs de rand gevaren, waardoor er minder ruimte is om bijzondere situaties op te vangen.
- Een **laadpaal** aan huis **zonder load balancer** zorgt voor problemen, zowel bij 1x25A als bij 1x35A.
- Bij een combinatie van **grote woningen** en **matige isolatie** is het risico op overschrijding van de grenswaarden aanzienlijk. De kritische factor hier is het **warmteverlies** van de woning bij -10 °C en het rendement van de warmtepomp bij de door het afgiftesysteem benodigde aanvoertemperatuur (zie tabel 8).
- Bij warmtepompen met **grote elektrische elementen** ten bate van backup of bijstook kan het ook mis gaan. Elektrische elementen ten bate van bijstook zijn onwenselijk. Elektrische elementen ten bate van een backupvoorziening zouden niet gedimensioneerd (of gebruikt) mogen worden om in de volledige warmtevraag te

voorzien. Dit zou namelijk leiden tot een groot risico op overschrijding van de grenswaarden bij een 1-fase aansluiting, in het bijzonder bij 1x25A. Ter analogie: cv-ketels hebben ook geen backup.

- **Slecht ingeregelde warmtepompen** zorgen voor een laag praktijkrendement en dus tot frequentere pieken.
- Als meerdere **groepen naast elkaar** in de groepenkast zitten die allemaal **lange tijd** nabij de **100% belast** worden. De groepen worden elk steeds warmer, maar kunnen dan hun warmte ook niet goed kwijt naar naastgelegen groepen die weinig belast worden. Het is belangrijk om hier rekening mee te houden bij het plaatsen van de groepen.
- Aandachtspunt: er zit een **tegenstelling tussen** de wens voor **meer flexibiliteit** bij het warmtepompgebruik **en** het **binnen een bestaande 1-fase aansluiting** kunnen **elektrificeren**. Indien immers een flexibiliteit van bijvoorbeeld 6 uur wenselijk is, zodat de warmtepomp tijdens de avondpiek niet hard hoeft te draaien, betekent dat een verkorting van het aantal uur in de dag waarbinnen de warmtepomp de woning warm moet zien te krijgen. Voor die koude dag zal het geïnstalleerd vermogen van de warmtepomp dan circa 40% hoger moeten worden. Dat betekent een duurdere warmtepomp, die ook vaker over de grenzen voor een 1-fase aansluiting zal gaan. Omdat een dergelijk grote warmtepomp een groot deel van het jaar beperkt warmte hoeft te leveren, is het ook de verwachting dat het rendement lager zal zijn. Bovendien zal deze warmtepomp vaker 's nachts verwarmen, als de buitentemperatuur lager is. Ook dat geeft een lager rendement. Dit is nog los van eventuele comfortconsequenties.

Hoeveel huishoudens krijgen met beperkingen te maken?

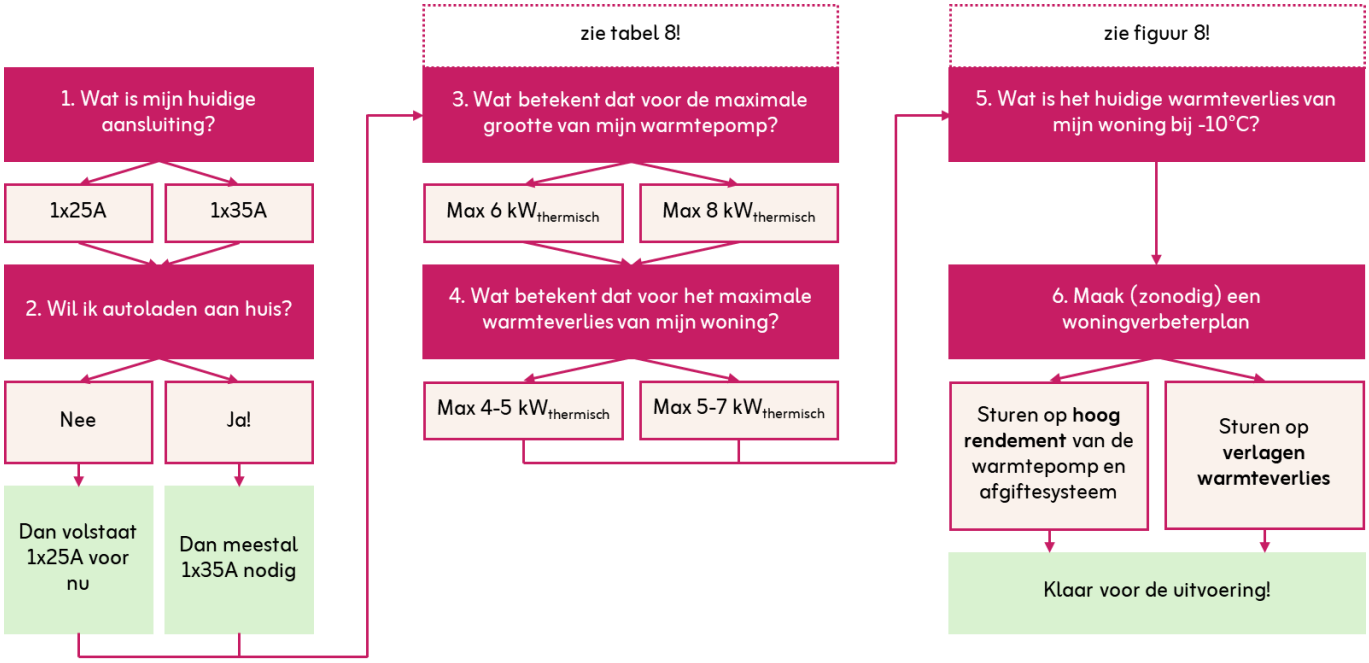
- Huishoudens met een **1x35A** aansluiting lijken **niet wezenlijk beperkt** te worden bij het elektrificeren en zullen alleen rekening moeten houden met een aantal aandachtspunten.
- Huishoudens met een 1x25A kunnen wel beperkt worden bij het elektrificeren of zullen bijvoorbeeld meer moeten investeren in het verlagen van het warmteverlies. Naar schatting zijn er nu **ruim 1 miljoen huishoudens** met een **1x25A** aansluiting.
- Er is **nu weinig bekend over deze huishoudens**, anders dan dat het vaak wat oudere woningen zijn. Indien deze huishoudens bijvoorbeeld allemaal binnen beoogde

warmtenetgebieden liggen, of allemaal kleine appartementen zijn, of allemaal al een laag warmteverlies hebben, zouden ook deze woningen niet wezenlijk beperkt worden bij het verduurzamen van hun warmtevoorziening.

› Er is wel een aanknopingspunt om meer te weten te komen over deze vermoedelijk ruim 1 miljoen huishoudens, namelijk de postcodegebieden in de open data van de netbeheerders. Binnen dit onderzoek is er onvoldoende tijd geweest om die postcodedata te koppelen aan data met woningkenmerken.

Wat moeten huishoudens doen om binnen hun aansluiting te blijven?

Huishoudens die overwegen om te elektrificeren achter een 1-fase aansluiting zouden het volgende **stappenplan** kunnen doorlopen:



Figuur 9: Stappenplan voor hoe een huishouden binnen een 1-fase aansluiting kan elektrificeren

1. Wat is mijn aansluiting? Dit staat vaak op de energierekening.
2. Wil ik elektrisch autoladen aan huis? Ja? Dat is (in koude winterweken) moeilijk of langzaam bij 1x25A. In veel gevallen dan toch maar beter de wachtrij in voor 1x35A of 3x25A. Bij 1x35A kan autoladen wel, mits met load balancer.

3. Wat betekent mijn aansluiting voor de maximale grootte van mijn warmtepomp? (zie tabel 8)
4. Wat betekent dat voor het maximale warmteverlies van mijn woning? (zie tabel 8)
5. Wat is het huidige warmteverlies van mijn woning bij -10°C? (zie figuur 8)
6. Maak (zonodig) een woningverbeterplan:
    a. Sturen op een **hoog rendement van de warmtepomp**. Hier hoort bij het kiezen van een warmtepomp met een hoog rendement op papier. Daarnaast is het ook belangrijk dat die warmtepomp slim aanstuurbaar is en goed ingeregeld wordt. Tenslotte hoort hier ook bij het eventueel aanpassen van het afgiftesysteem zodat het overweg kan met een lagere aanvoertemperatuur.
    b. Sturen op het **verlagen van het warmteverlies van de woning**. Een plan daarvoor bestaat uit een combinatie van isolatie, ventilatie, kierdichting en eventueel gedragsverandering.
    c. Of een slimme combinatie van deze twee.

Aanbevelingen

Wat kan het Rijk doen om de kansen voor elektrificeren achter een 1-fase aansluiting te benutten?

- Een aansluiting van 1x25A is voor veel situaties te krap om binnen de contractuele grenzen te blijven. Een 1x35A aansluiting is veel robuuster. **Onderzoek of** het mogelijk is de **verzwaring naar 1x35A** op een **andere manier te behandelen dan** verzwaringen naar **3x25A**. Mogelijk kunnen verzwaringen naar 1x35A, gezien de vaak grotere hoofdzekering bij 1x25A aansluitingen, zelfs plaatsvinden zonder fysiek langs te hoeven gaan. Een andere optie is om afspraken te maken over coulance bij het overschrijden van de contractgrenzen bij 1x25A.
- De **geobserveerde overschrijding** van de grenswaarden van 1x25A en 1x35A is, afgezonderd van de woningen met laadpalen, vrijwel volledig een kwestie van **contractvoorwaarden**. Nu wordt daar bij kleinverbruikers niet streng naar gekeken door netbeheerders. Dit biedt een opening om het gesprek over aan te gaan met netbeheerders.
- **Betere open data** over hoeveel aansluitingen er zijn van bepaalde typen zou beleidsondersteunend zijn. De bestaande open data van de regionale netbeheerders zou bijvoorbeeld uitgebreid kunnen worden met kolommen per aansluittype. Het Rijk kan hier om vragen.
- Het **actief inzetten op verbeteren van de inregeling van warmtepompen** is belangrijk. Het doel hiervan is om het gemiddelde rendement te verbeteren. Dat is goed voor de energierekening, goed voor het binnen de bestaande aansluiting blijven én goed voor netbelasting. Voorbeelden van manieren hoe hier actief op ingezet kan worden zijn:
    - Verbindt prestatievoorwaarden aan (een deel van) de ISDE-subsidie. In Engeland gebeurt dit al.
    - Geef subsidie voor het inregelen van een warmtepomp, vergelijkbaar met hoe een tijd lang het waterzijdig inregelen van het afgiftesysteem gesubsidieerd werd.
- **Onderzoek** wat de **gebouwkenmerken** zijn van de vermoedelijk ruim 1 miljoen huishoudens met een **1x25A** aansluiting. Dit zijn de huishoudens die het meest

waarschijnlijk te maken krijgen met beperkingen bij het verduurzamen van hun warmtevoorziening.

- Het lijkt zeer nuttig om met CBS een **onderzoek te** doen naar de relatie tussen **gemeten warmteverliezen**, op basis van de maandgegevens uit de slimme meter per woning, van alle woningen in NL, zodat de relatie tussen deze praktijkwarmteverliezen en gebouwkenmerken beter kan worden vastgesteld. Dan kan op basis van meetdata iets worden gezegd over het warmteverlies van een groot aantal woningen. Aan de hand hiervan kunnen veel betere adviezen worden gegeven aan gebouweigenaren.

Verantwoording

In de voor dit onderzoek beschikbare dataset zitten, zoals in de Aanpak geschetst, 400 all-electric woningen waarbij elke 5 minuten veel gemonitord is, waaronder de totale elektriciteitsvraag van de woning de afgelopen 5 minuten. Dat is gebruikt om het vermogen vast te stellen dat de woning in die 5 minuten gemiddeld heeft gevraagd. Het is mogelijk dat er binnen die 5 minuten nog een hogere piek zat, maar dat is voor de onderliggende vraag niet belangrijk, omdat 15 minuten de kleinste tijdsinterval is die kan leiden tot overbelastingsproblemen.

in deze verantwoording staan een aantal van de uitkomsten van de technische analyse die zijn gebruikt om de vragen in het hoofddocument te beantwoorden.

Overschrijding van de grenswaarden

Van de 368 woningen in de dataset, verdeeld over 10 projecten, is onderzocht hoeveel van die woningen tenminste één keer in het jaar over de grens gaan. Per project staat ook aangegeven hoe vaak de betreffende woningen gemiddeld per jaar over de grens gaan. Het betreft het totale elektriciteitsverbruik van de woning.

Aansluiting: 1x25A					
Project	**Aantal woningen**	**Technische grens**		**Contractuele grens**	
		Aantal woningen dat tenminste één keer een uur over de grens gaat	Aantal keren dat die woning(en) gemiddeld over de grens gaan	Aantal woningen dat tenminste één keer een kwartier over de grens gaat	Aantal keren dat die woning(en) gemiddeld over de grens gaan
1	95	1	5	44	4
2	28	0	0	16	5
3	29	0	0	4	3
4	26	0	0	3	1
5	25	0	0	2	2
7	51	2	365	37	26
8	24	0	0	4	9
9	17	0	0	2	1
10	49	17	210	31	129
11	24	8	144	18	72
Totaal	*368*	*28*	*72 (gem.)*	*161*	*25 (gem.)*

Tabel 14: overschrijdingen van de grens bij 1x25A

Hieruit is zichtbaar dat bij een 1x25A aansluiting bij alle projecten tenminste 1 woning is die tenminste één keer per jaar over de contractuele grens gaat. De technische grens is ruimer. Daar gaan slechts 28 van de 368 woningen tenminste één keer overheen, met een grote concentratie bij projecten 10 en 11.

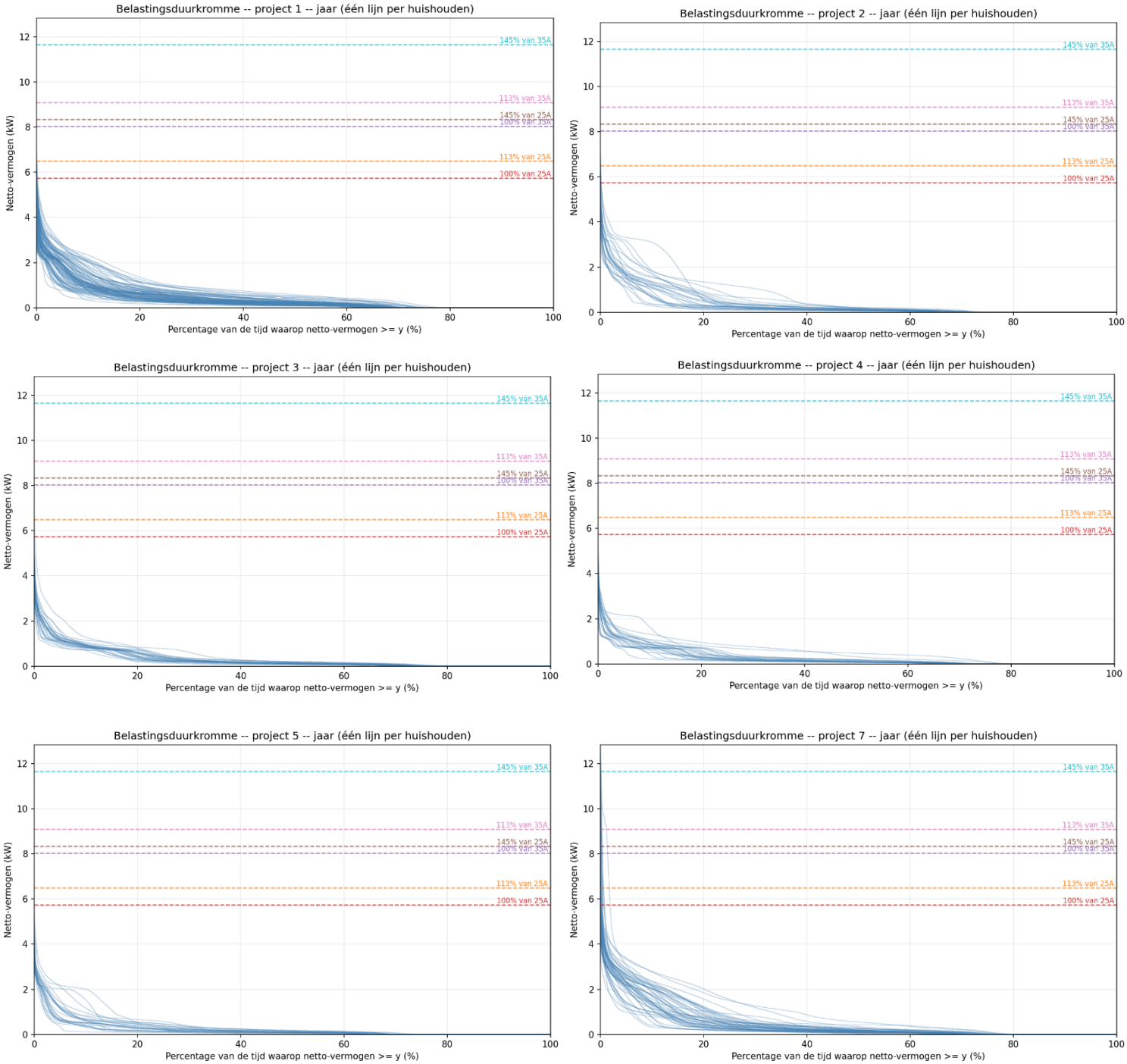
Aansluiting: 1x35A					
Project	**Aantal woningen**	**Technische grens**		**Contractuele grens**	
		Aantal woningen dat tenminste één keer een uur over de grens gaat	Aantal keren dat die woning(en) gemiddeld over de grens gaan	Aantal woningen dat tenminste één keer een kwartier over de grens gaat	Aantal keren dat die woning(en) gemiddeld over de grens gaan
1	95	0	0	2	1
2	28	0	0	2	1
3	29	0	0	0	0
4	26	0	0	0	0
5	25	0	0	0	0
7	51	1	409	18	23
8	24	0	0	0	0
9	17	0	0	0	0
10	49	15	189	17	186
11	24	8	111	10	97
Totaal	*368*	*24*	*71 (gem.)*	*49*	*31 (gem.)*

Tabel 15: overschrijding van de grens bij 1x35A

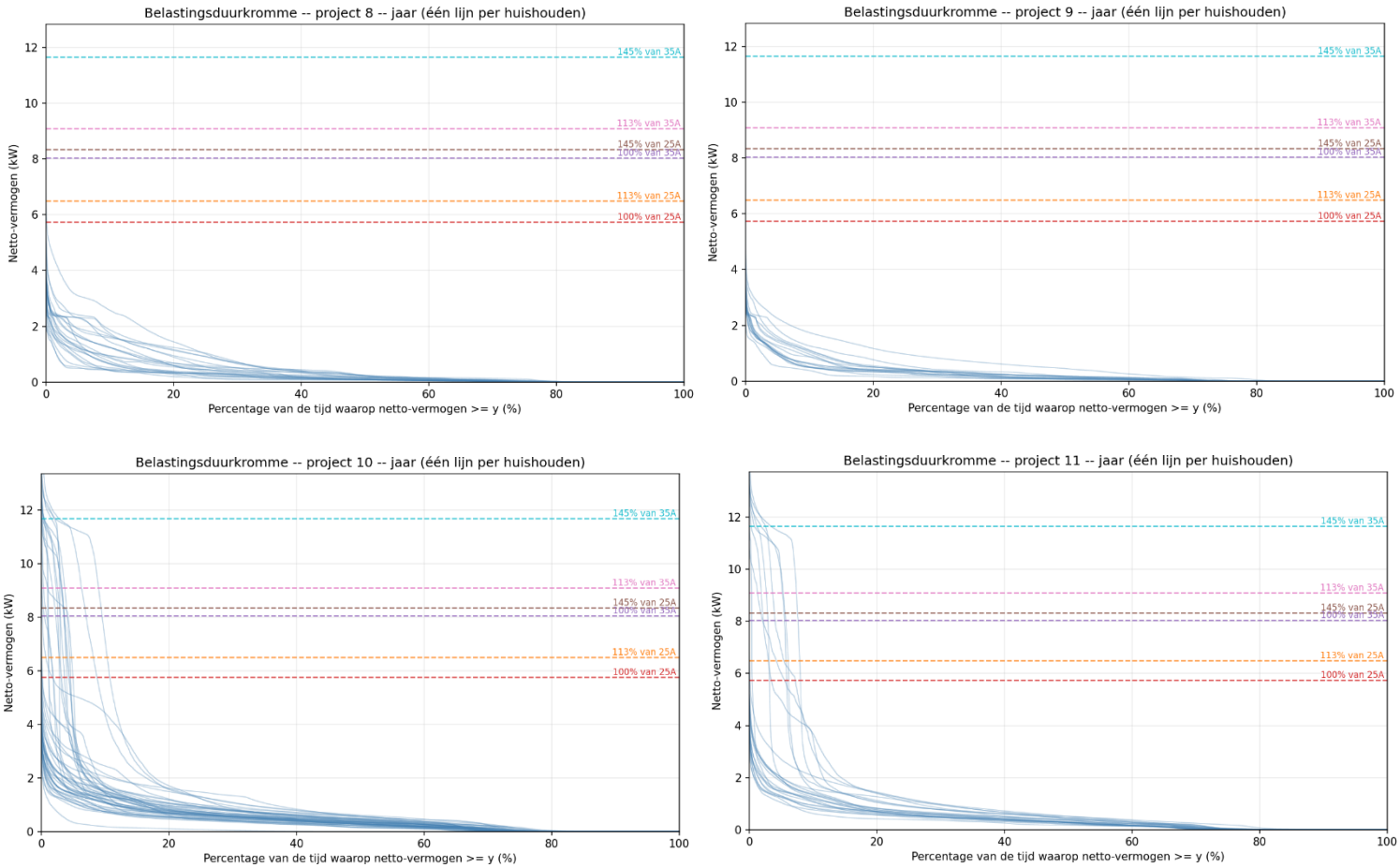
Bij een 1x35A aansluiting gaan 49 van de 368 woningen tenminste één keer per jaar over hun contractuele grens, met ook weer een concentratie bij projecten 10 en 11. Veel van de woningen die over hun contractuele grens gaan, gaan ook over hun technische grens heen, oftewel de overschrijding is niet gering.

Jaarbelastingduurkromme

Elke woning heeft elke 5 minuten een elektriciteitsvraag in $kWh_{elektrisch}$. Als al die 5 minuten waarden (omgerekend naar gemiddelde vermogensvraag in $kW_{elektrisch}$) van hoog naar laag worden gesorteerd, komt daar een grafiek uit die jaarbelastingduurkromme heet. Dit geeft een goed beeld van hoe de belasting verdeeld is over het jaar. Onderstaand is per project een jaarbelastingduurkromme gemaakt. Alle woningen hebben hier een eigen lijntje. Relevante drempels zijn als horizontale stippellijnen getekend.



Figuur 10: Jaarbelastingduurkrommes van projecten 1, 2, 3, 4, 5 en 7

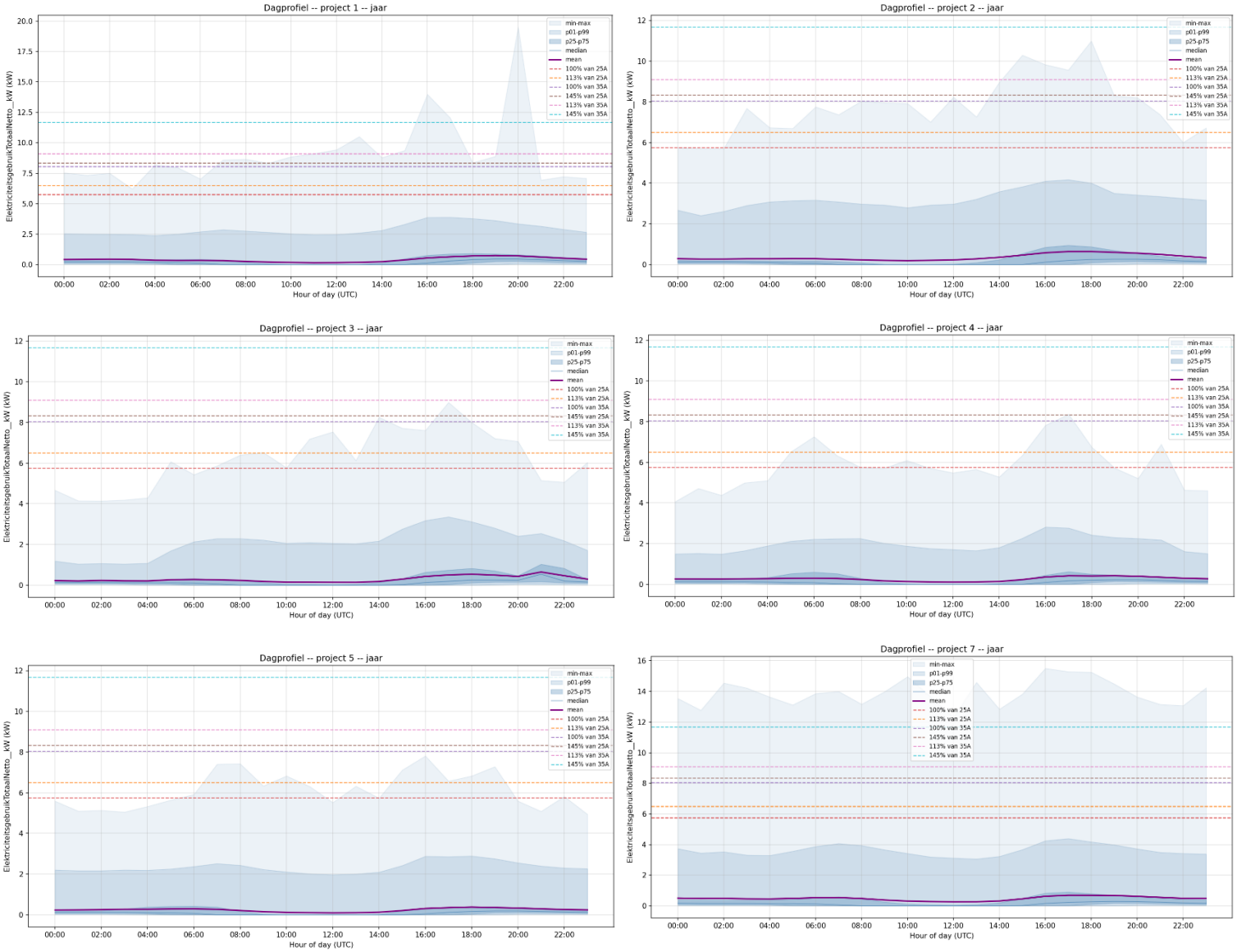


Figuur 11: Jaarbelastingduurkrommes van projecten 8, 9, 10 en 11

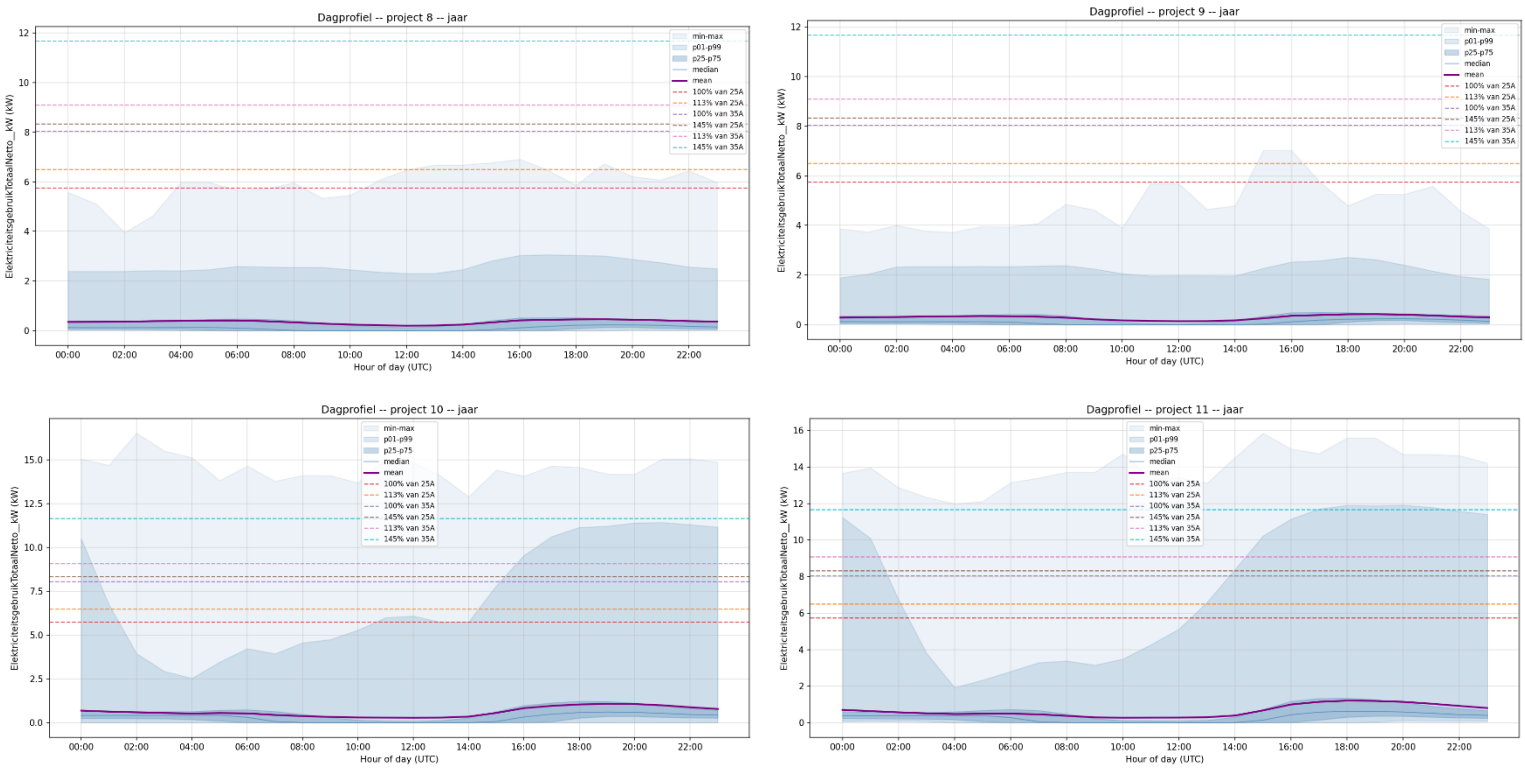
Duidelijk zichtbaar is dat alle woningen het gros van de tijd ruim onder de 1x25A blijven. In project 7 zijn de woningen minder goed geïsoleerd, wat een duidelijk effect heeft op hoe vaak woningen een hoger vermogen vragen en wat de hoogste piek is. Bij projecten 10 en 11 is ook duidelijk te zien dat er elektrische auto's worden opgeladen en wat het effect daarvan is op de vermogensvraag van de woning.

Dagprofielen

Een dagprofiel laat zien hoe het elektriciteitsgebruik van de woningen over de dag is verdeeld. De paarse lijn is het gemiddelde van alle woningen in een project. Het lichtblauwe vlak geeft het maximaal gevraagde vermogen van een woning op elk tijdstip. Het iets donkerder blauwe vlak daar direct onder geeft het 99e percentiel. In 99% van de tijd blijft het gevraagde vermogen onder dit niveau.



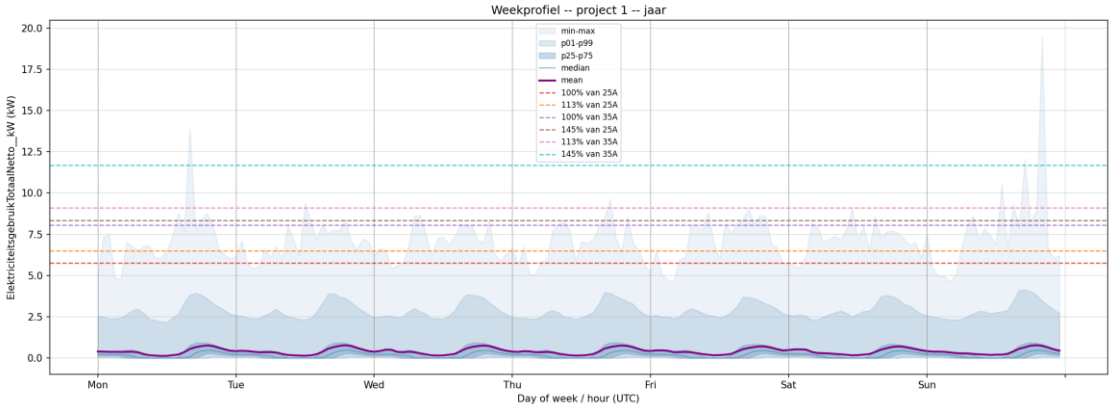
Figuur 12: Dagprofielen van projecten 1, 2, 3, 4, 5 en 7

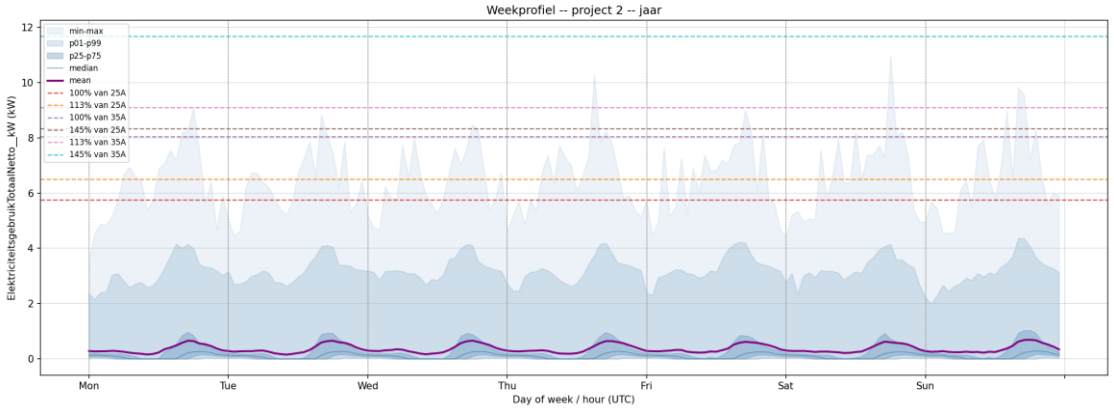


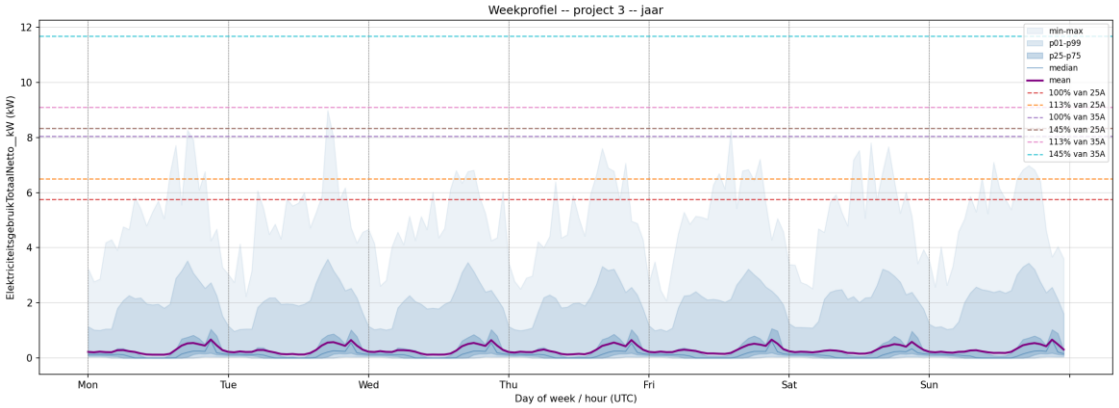
Figuur 13: Dagprofielen van projecten 8, 9, 10 en 11

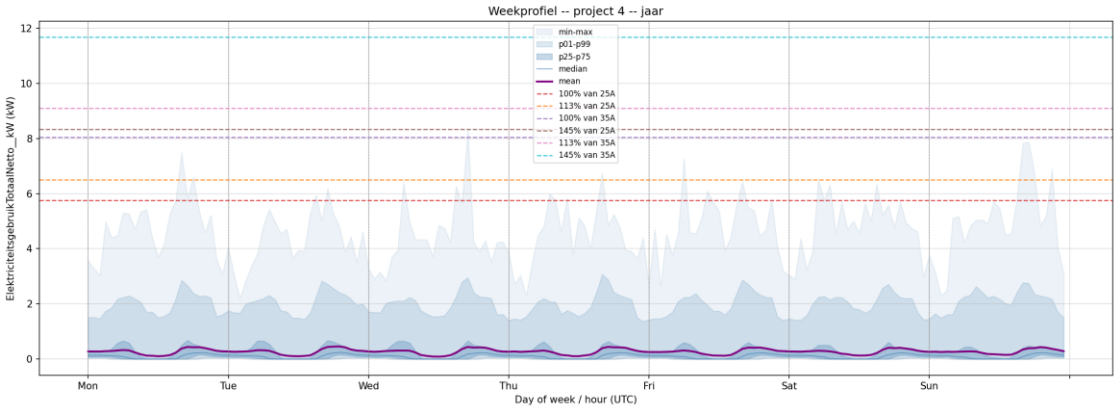
Weekprofielen

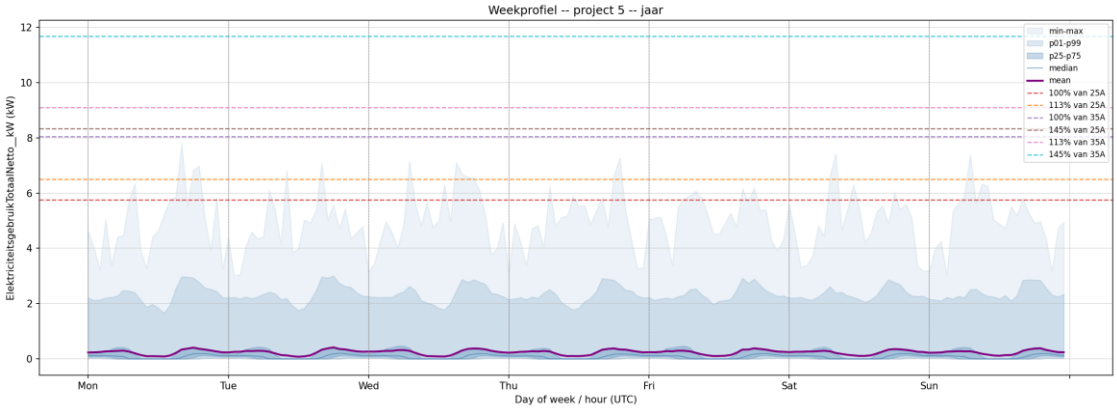
Een weekprofiel laat zien hoe het elektriciteitsgebruik van de woningen over de week is verdeeld. Afwijkende patronen in het weekend worden hierdoor zichtbaar. De paarse lijn is het gemiddelde van alle woningen in een project. Het lichtblauwe vlak geeft het maximaal gevraagde vermogen van een woning op elk tijdstip. Het iets donkerder blauwe vlak daar direct onder geeft het 99^{e} percentiel. In 99% van de tijd blijft het gevraagde vermogen onder dit niveau.

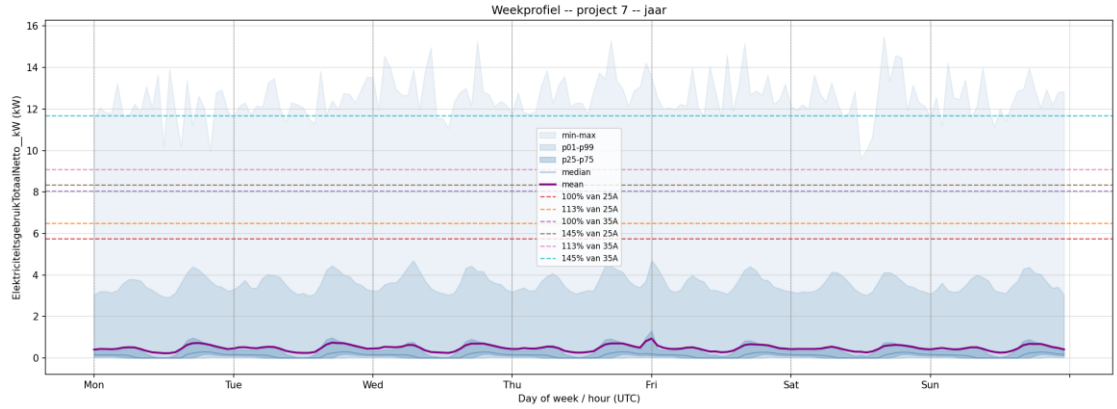


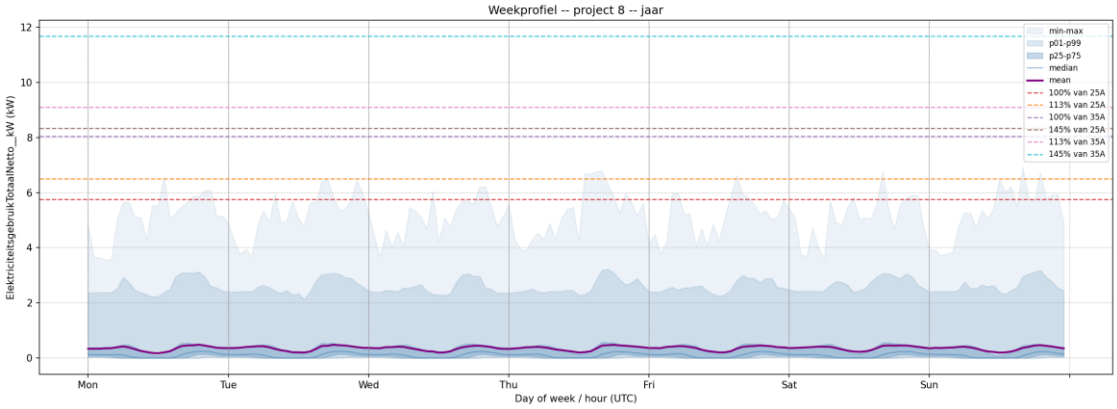


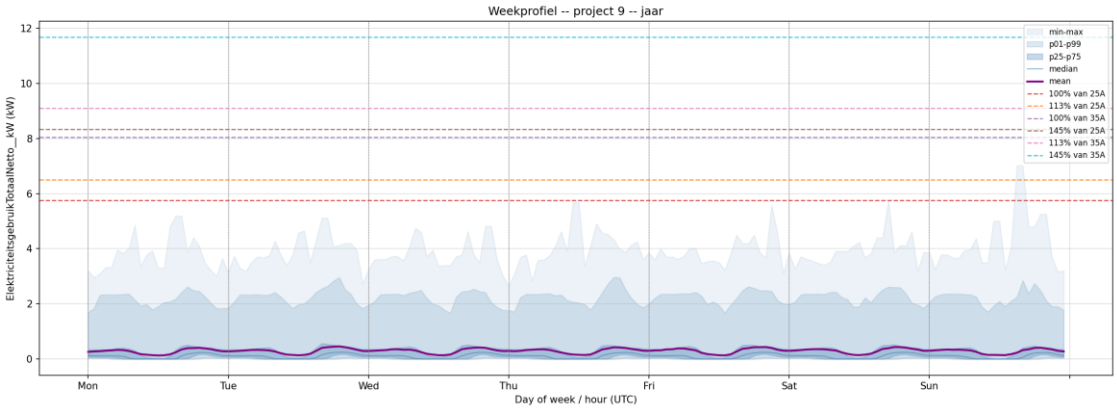


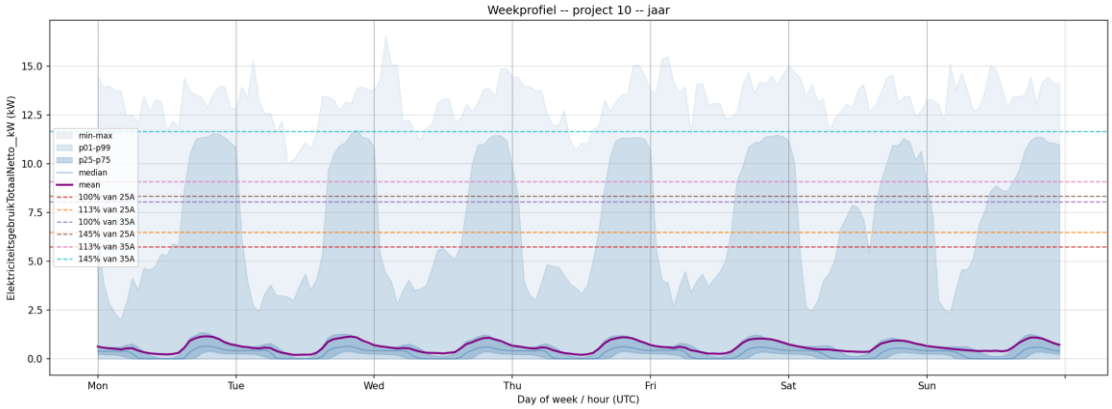

Weekprofiel -- project 4 -- jaar
min-max
p01-p99
p25-p75
median
mean
100% van 25A
113% van 25A
100% van 35A
145% van 25A
113% van 35A
145% van 35A
ElektriciteitsgebruikTotaalNetto_ kW (kW)
Mon
Tue
Wed
Thu
Fri
Sat
Sun
Day of week / hour (UTC)

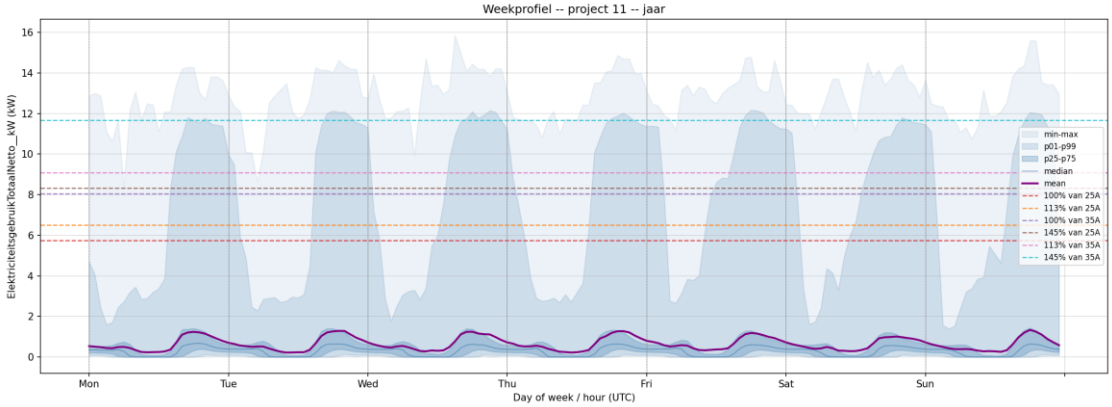

Weekprofiel -- project 5 -- jaar
min-max
p01-p99
p25-p75
median
mean
100% van 25A
113% van 25A
100% van 35A
145% van 25A
113% van 35A
145% van 35A
ElektriciteitsgebruikTotaalNetto_ kW (kW)
Mon
Tue
Wed
Thu
Fri
Sat
Sun
Day of week / hour (UTC)


Weekprofiel -- project 7 -- jaar
min-max
p01-p99
p25-p75
median
mean
100% van 25A
113% van 25A
100% van 35A
145% van 25A
113% van 35A
145% van 35A
ElektriciteitsgebruikTotaalNetto_ kW (kW)
Mon
Tue
Wed
Thu
Fri
Sat
Sun
Day of week / hour (UTC)


Weekprofiel -- project 8 -- jaar
min-max
p01-p99
p25-p75
median
mean
100% van 25A
113% van 25A
100% van 35A
145% van 25A
113% van 35A
145% van 35A
ElektriciteitsgebruikTotaalNetto_ kW (kW)
Mon
Tue
Wed
Thu
Fri
Sat
Sun
Day of week / hour (UTC)

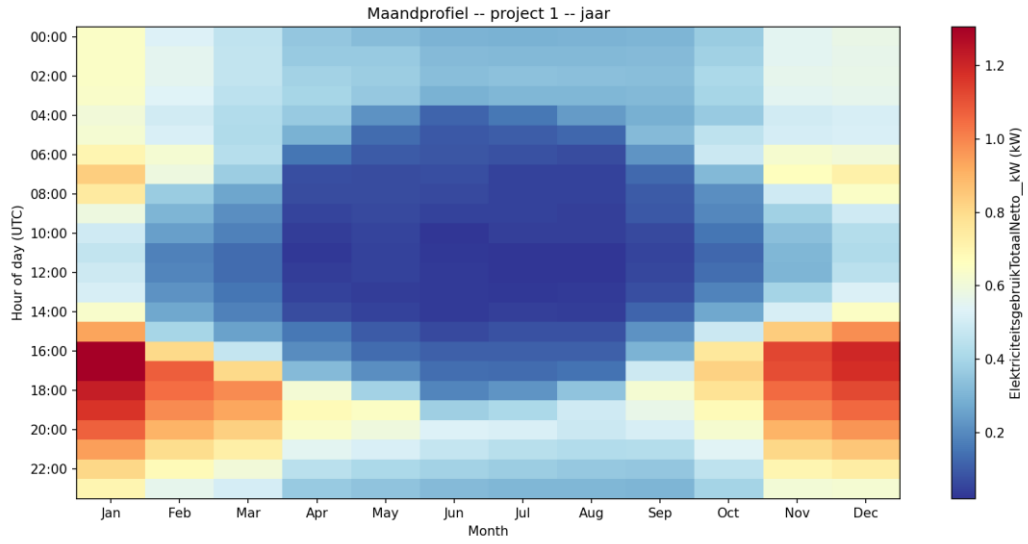

Weekprofiel -- project 9 -- jaar
ElektriciteitsgebruikTotaalNetto__kW (kW)
Day of week / hour (UTC)
Mon
Tue
Wed
Thu
Fri
Sat
Sun
min-max
p01-p99
p25-p75
median
mean
100% van 25A
113% van 25A
100% van 35A
145% van 25A
113% van 35A
145% van 35A

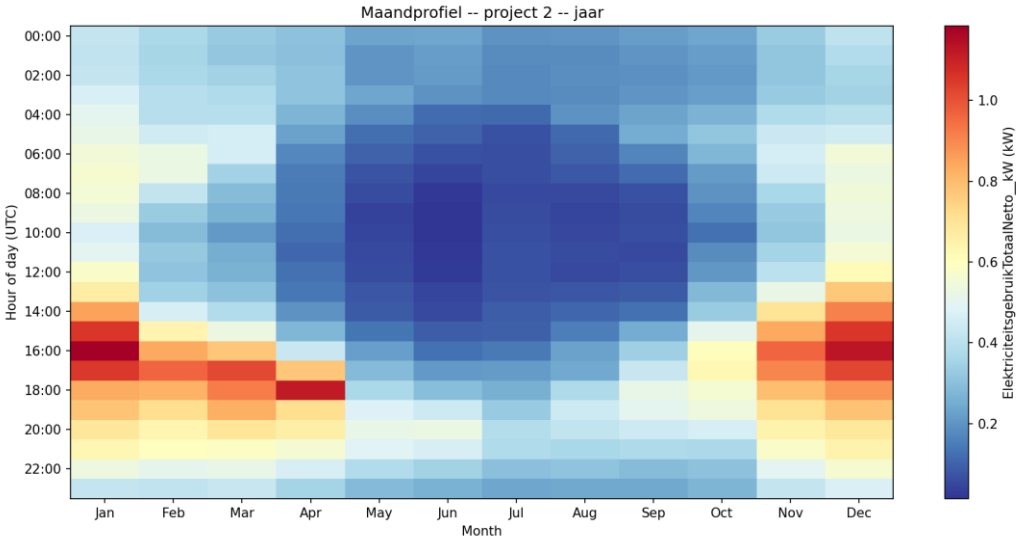

Weekprofiel -- project 10 -- jaar
ElektriciteitsgebruikTotaalNetto__kW (kW)
Day of week / hour (UTC)
Mon
Tue
Wed
Thu
Fri
Sat
Sun
min-max
p01-p99
p25-p75
median
mean
100% van 25A
113% van 25A
100% van 35A
145% van 25A
113% van 35A
145% van 35A

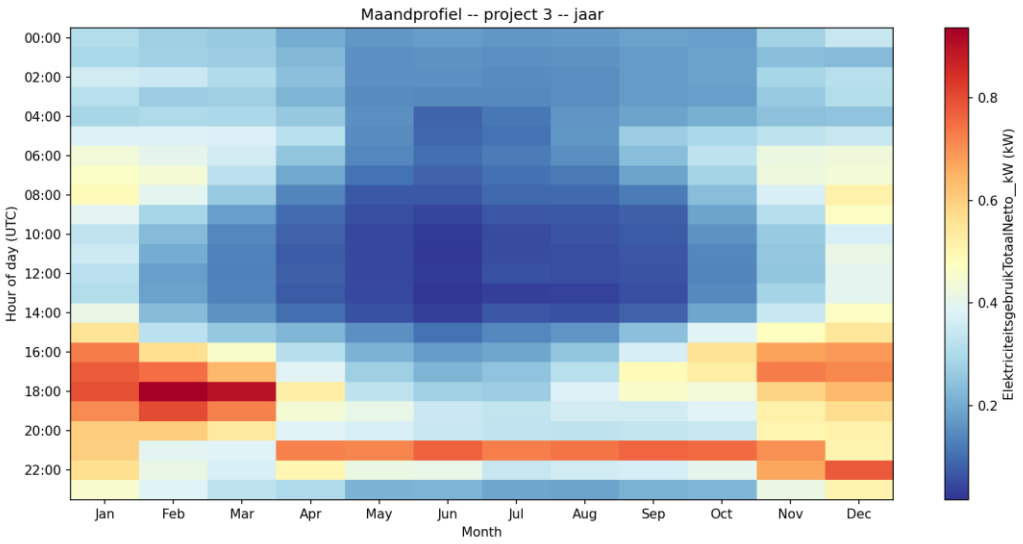

Weekprofiel -- project 11 -- jaar
ElektriciteitsgebruikTotaalNetto__kW (kW)
Day of week / hour (UTC)
Mon
Tue
Wed
Thu
Fri
Sat
Sun
min-max
p01-p99
p25-p75
median
mean
100% van 25A
113% van 25A
100% van 35A
145% van 25A
113% van 35A
145% van 35A

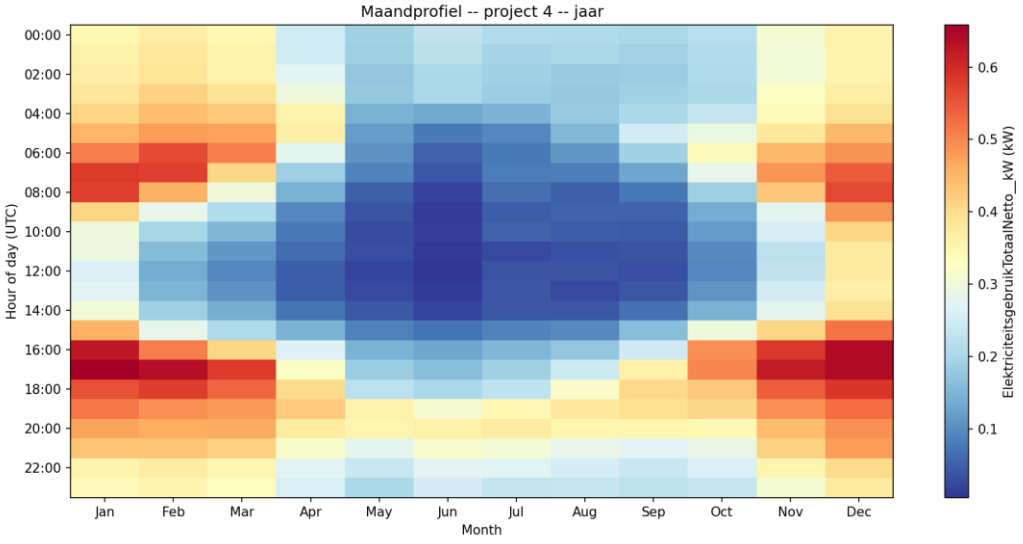
Maandprofielen

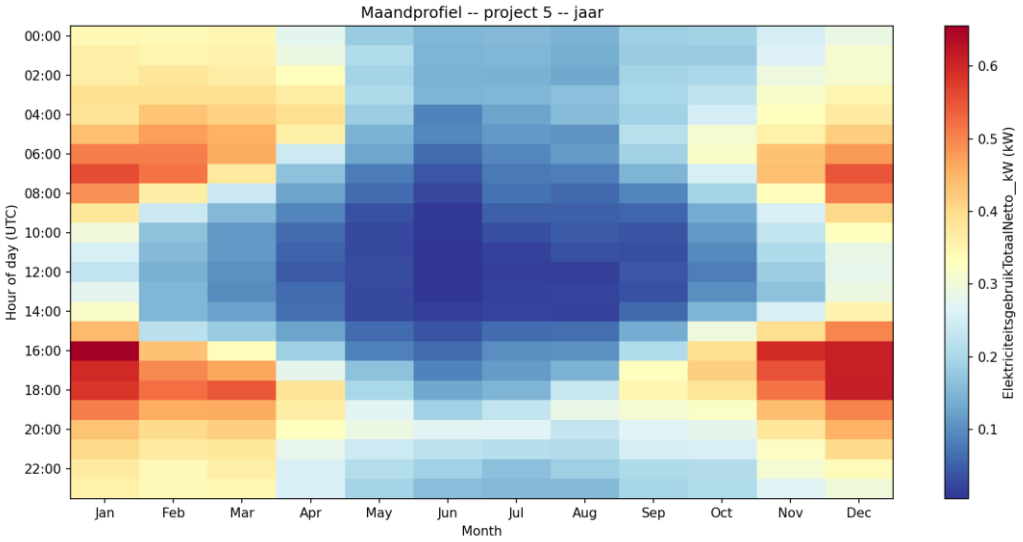
Een maandprofiel laat zien hoe het elektriciteitsgebruik van de woningen over de maanden en het jaar is verdeeld. Afwijkende seizoenspatronen worden hierdoor zichtbaar. Let wel op dat de kleuren per project een andere waarde vertegenwoordigen.

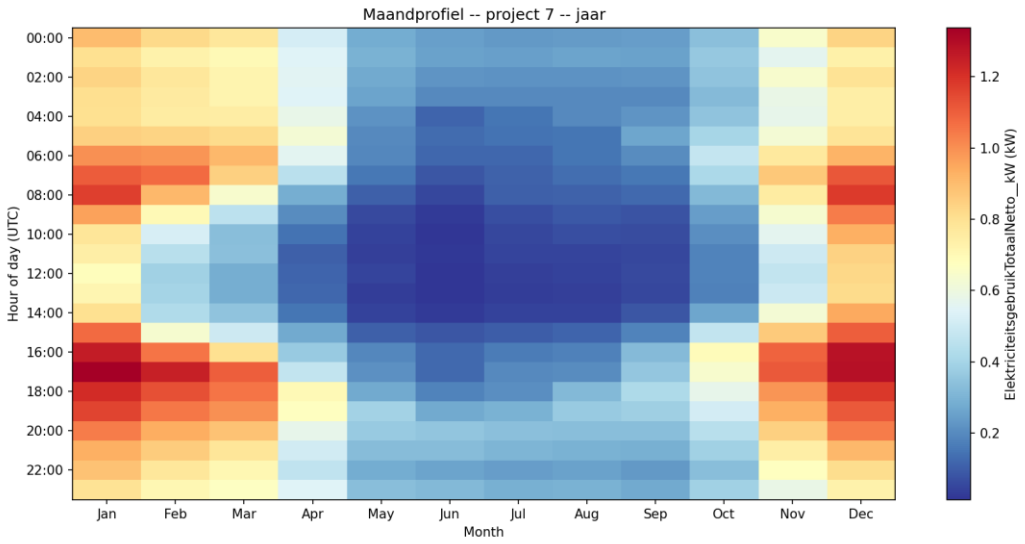


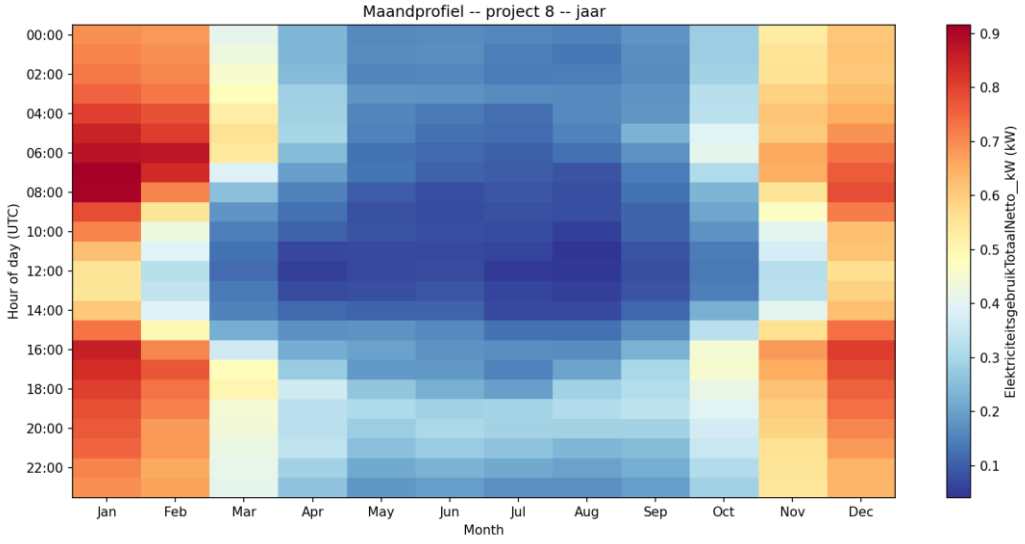


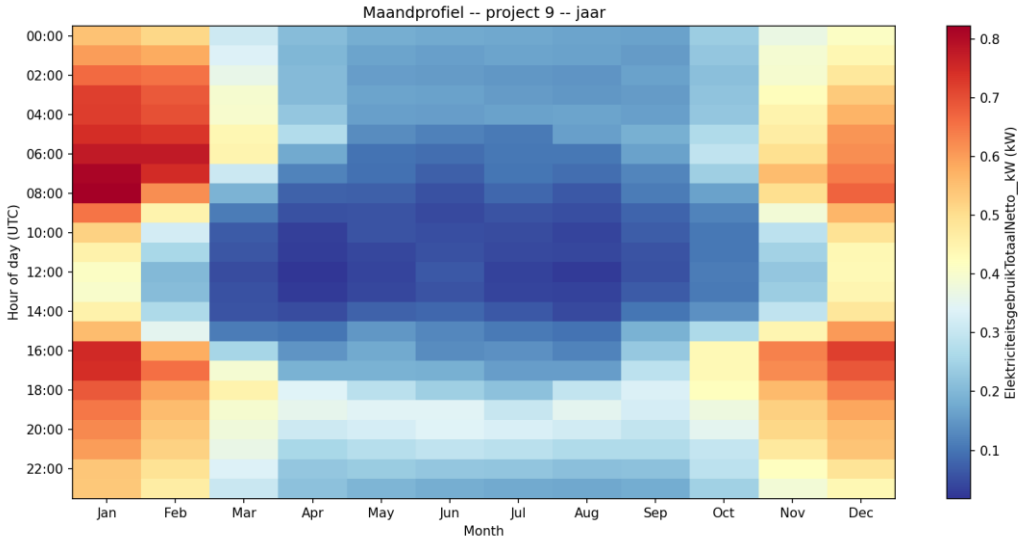

Maandprofiel -- project 3 -- jaar
Hour of day (UTC)
00:00
02:00
04:00
06:00
08:00
10:00
12:00
14:00
16:00
18:00
20:00
22:00
Jan
Feb
Mar
Apr
May
Jun
Jul
Aug
Sep
Oct
Nov
Dec
Month
ElektriciteitsgebruikTotaalNetto__kW (kW)
0.8
0.6
0.4
0.2

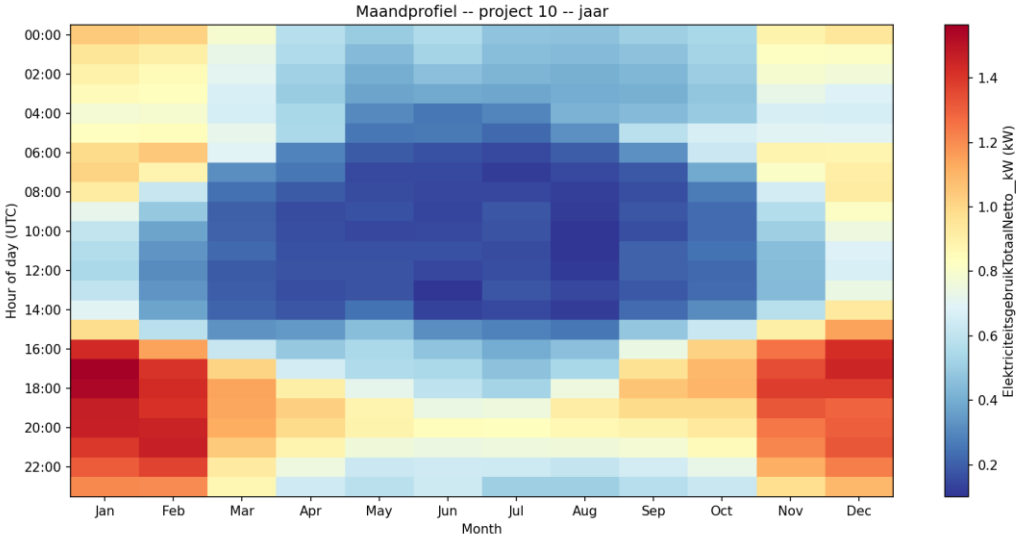

Maandprofiel -- project 4 -- jaar
Hour of day (UTC)
00:00
02:00
04:00
06:00
08:00
10:00
12:00
14:00
16:00
18:00
20:00
22:00
Jan
Feb
Mar
Apr
May
Jun
Jul
Aug
Sep
Oct
Nov
Dec
Month
ElektriciteitsgebruikTotaalNetto__kW (kW)
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1

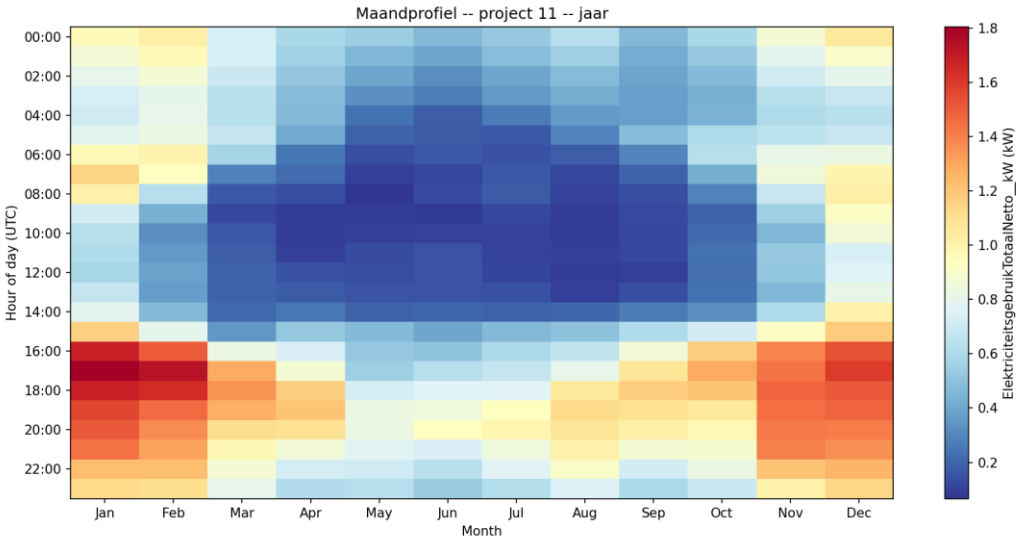

Maandprofiel -- project 5 -- jaar
Hour of day (UTC)
00:00
02:00
04:00
06:00
08:00
10:00
12:00
14:00
16:00
18:00
20:00
22:00
Jan
Feb
Mar
Apr
May
Jun
Jul
Aug
Sep
Oct
Nov
Dec
Month
ElektriciteitsgebruikTotaalNetto__kW (kW)
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1


Maandprofiel -- project 7 -- jaar
Hour of day (UTC)
00:00
02:00
04:00
06:00
08:00
10:00
12:00
14:00
16:00
18:00
20:00
22:00
Jan
Feb
Mar
Apr
May
Jun
Jul
Aug
Sep
Oct
Nov
Dec
Month
ElektriciteitsgebruikTotaalNetto__kW (kW)
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2


Maandprofiel -- project 8 -- jaar
Hour of day (UTC)
00:00
02:00
04:00
06:00
08:00
10:00
12:00
14:00
16:00
18:00
20:00
22:00
Jan
Feb
Mar
Apr
May
Jun
Jul
Aug
Sep
Oct
Nov
Dec
Month
ElektriciteitsgebruikTotaalNetto__kW (kW)
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1


Maandprofiel -- project 9 -- jaar
Hour of day (UTC)
00:00
02:00
04:00
06:00
08:00
10:00
12:00
14:00
16:00
18:00
20:00
22:00
Jan
Feb
Mar
Apr
May
Jun
Jul
Aug
Sep
Oct
Nov
Dec
Month
ElektriciteitsgebruikTotaalNetto__kW (kW)
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1


Maandprofiel -- project 10 -- jaar
Hour of day (UTC)
00:00
02:00
04:00
06:00
08:00
10:00
12:00
14:00
16:00
18:00
20:00
22:00
Jan
Feb
Mar
Apr
May
Jun
Jul
Aug
Sep
Oct
Nov
Dec
Month
ElektriciteitsgebruikTotaalNetto__kW (kW)
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2


Maandprofiel -- project 11 -- jaar
Hour of day (UTC)
00:00
02:00
04:00
06:00
08:00
10:00
12:00
14:00
16:00
18:00
20:00
22:00
Jan
Feb
Mar
Apr
May
Jun
Jul
Aug
Sep
Oct
Nov
Dec
Month
ElektriciteitsgebruikTotaalNetto__kW (kW)
1.8
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2

Rendementen

In vijf van de 10 projecten is de door de warmtepomp geleverd warmte gemeten. Het is niet altijd duidelijk hoe de warmtemetingen zijn verricht. De verwachting is dat daarvoor vaak de interne meet- en bepalingsmethode van de warmtepomp is gebruikt, omdat GJ-meters kostbaar zijn en er geen zwaarwegende reden was om daarin te investeren.

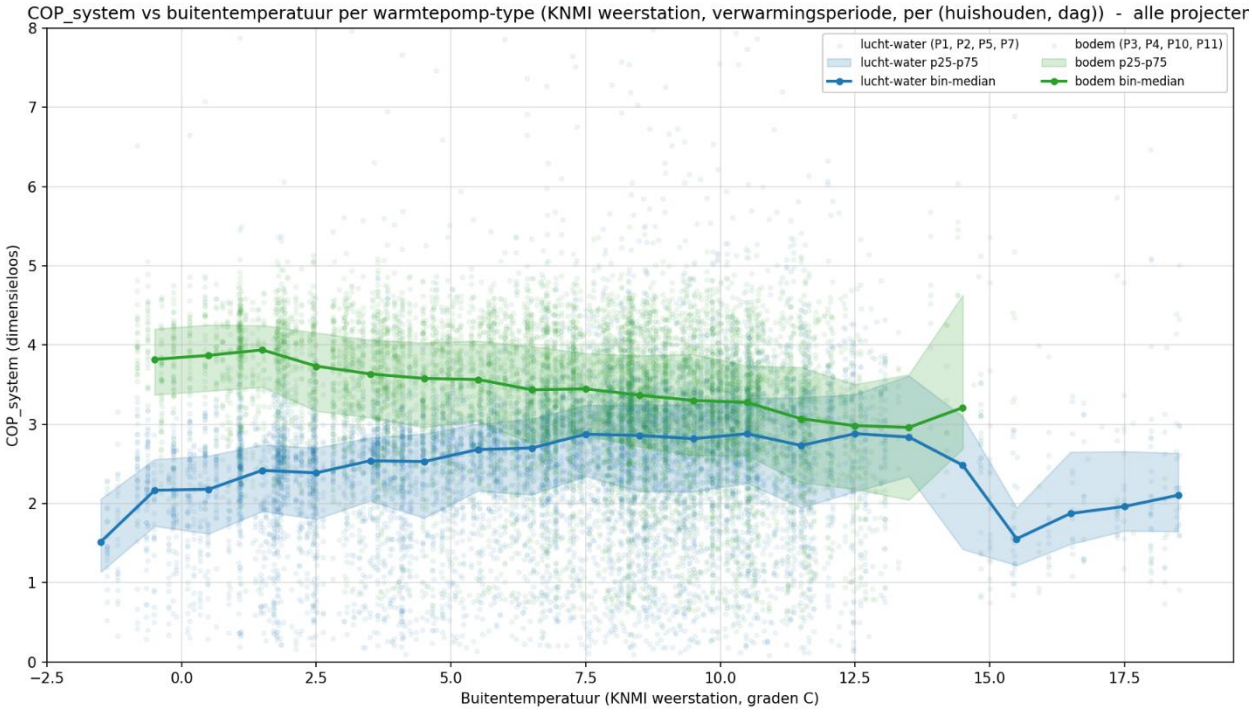
Van deze vijf projecten is, voor zover de warmtemetingen betrouwbaar ogen, het rendement (COP) van de warmtepomp uitgerekend.

Project	Daggemiddelde COP	Daggemiddelde COP okt-apr	Daggemiddelde COP mei-sep
2	2,2	2,2	3,1
3	3,7	3,6	3,8
4	3,1	3,2	1,7
5	2,7	2,7	2,4
7	2,5	2,9	1,9

Tabel 16: Daggemiddelde rendementen van de warmtepomp, inclusief boilervat en eventuele inzet van elektrisch element

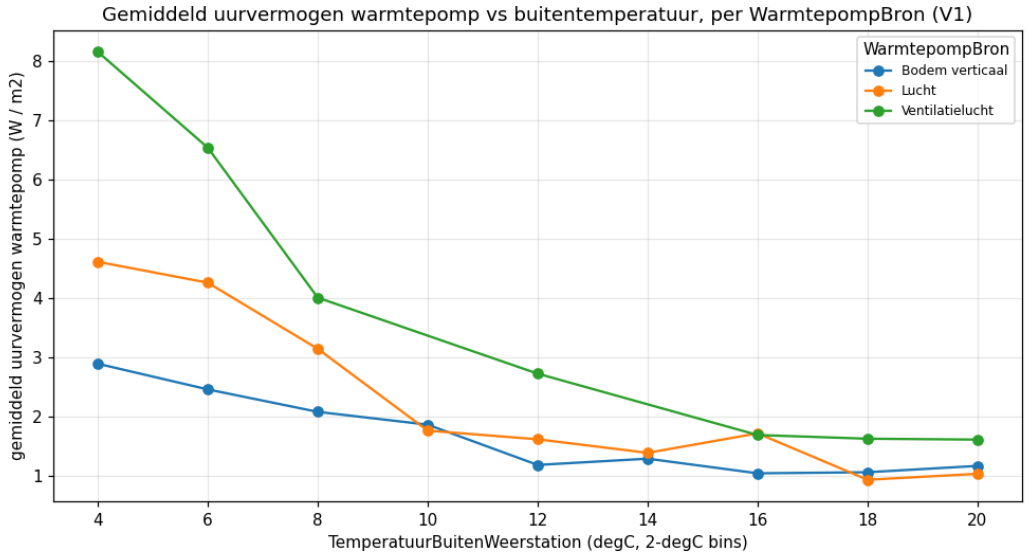
Bij het relateren van de COP van de warmtepomp aan de buitentemperatuur (zie figuur op volgende pagina) valt op dat er een stevige dip lijkt te zitten rond de 15 °C. Vermoedelijk komt dit doordat de warmtepomp niet meer wordt ingezet voor ruimteverwarming rond die temperatuur, maar alleen voor warm tapwater. Omdat tapwater naar een hogere temperatuur wordt verwarmd, neemt de COP af.

Ook opvallend is dat het rendement van lucht-water warmtepompen bij lage buitentemperaturen afneemt (dit werd al verwacht), maar dat dat niet lijkt te gelden voor bodemwarmtepompen. Mogelijk kan dit worden verklaard doordat er meer ruimteverwarming plaatsvindt terwijl er nog evenveel warm tapwater wordt bereid. Nader onderzoek zou hier welkom zijn.



Figuur 14: Daggemiddelde COP's van woningen met een lucht-water (blauw) en bodem (groen) warmtepomp

Daarnaast kan ook op een andere manier gekeken worden naar het rendement van de warmtepomp, waarbij geen meetgegevens van de warmteproductie nodig zijn. Door het elektrisch verbruik van de verschillende typen warmtepomp te relateren aan de buitentemperatuur, lijkt zichtbaar te worden dat verschillende typen warmtepomp sterker reageren op een dalende buitentemperatuur. Dit is een indicatie. Voor het robuust trekken van de juiste conclusies is aanvullend onderzoek nodig.



Figuur 15: Gemiddeld vermogen (W/m²) van drie soorten warmtepomp gerelateerd aan de buitentemperatuur