

NUMMER 18, 3 FEBRUARI 2025

**GENTSE
ECONOMISCHE
INZICHTEN**



**UNIVERSITEIT
GENT**

Flexibel verwarmen met warmtepompen

Een economische pilootstudie

Baptiste Rigaux, Sam Hamels en Marten Ovaere
Vakgroep Economie, Universiteit Gent



**FACULTEIT ECONOMIE
EN BEDRIJFSKUNDE**

KERNINZICHTEN

- **We gebruikten grootschalige enquêtes en een veldexperiment om de interesse en verwachtingen van huishoudens te onderzoeken in een opzet waarbij de elektriciteitsvraag van hun warmtepomp wordt afgestemd op hernieuwbare energieproductie.**
- **Mensen zijn geïnteresseerd in dergelijke programma's:** Meer dan 70% van de deelnemers aan de enquête toonde zich bereid deel te nemen aan flexibiliteitsprogramma's. Dit doen ze voornamelijk om bij te dragen aan milieudoelstellingen. Het verschil in interesse tussen 'early adopters' (energiecoöperatieleden) en de algemene bevolking is minimaal.
- **Maar ze verwachten hier geld voor terug:** In de enquêtes vroegen we hoeveel compensatie mensen verwachten als een onderbreking van de verwarming van onbepaalde duur hun binnentemperatuur verlaagt. Onze analyse toont aan dat huishoudens €1.40 tot €3.04 verwachten per graad temperatuurverlaging. Uit enquêtes bleek ook dat huishoudens verwachten altijd deels de controle over hun verwarming te behouden. Ze willen vooraf geïnformeerd worden over onderbrekingen en/of de mogelijkheid hebben om deze te stoppen en de normale verwarming te herstellen indien nodig.
- Bovenop het empirisch onderzoek o.b.v. enquêtes hebben we zelf een flexibiliteitsprogramma uitgetest in de praktijk, bij negen goed geïsoleerde woningen in Gent, waar in het totaal 287 warmtepomp-interventies werden uitgevoerd in de winters van 2022-2023 en 2023-2024. Hierbij werd de verwarming vanop afstand onderbroken tot deze automatische hervat werd, of handmatig door het huishouden zelf.
- Flexibel verwarmen verlaagde de elektriciteitsvraag. Gemiddeld was de netto verlaging van de elektriciteitsvraag ongeveer 1 kWh per interventie per warmtepomp.
- Bij de meeste interventies bleef het thermisch comfort behouden. Zelfs tijdens de interventies die handmatig werden gestopt door huishoudens (19%), was de binnentemperatuur gemiddeld slechts met 1°C gedaald.
- **In goed geïsoleerde huizen is er veel speelruimte voor verwarmingsflexibiliteit:** Onze bevindingen tonen aan dat wanneer de verwarming tijdelijk wordt gepauzeerd of verschoven, de binnentemperatuur slechts langzaam daalt. Dit betekent dat huishoudens met een goede isolatie flexibiliteit kunnen benutten zonder merkbaar ongemak. Met een dynamisch elektriciteitscontract kan deze flexibiliteit bovendien geld besparen.
- Maximale besparingen op de verwarmingsfactuur kunnen in de toekomst gerealiseerd worden wanneer volledig geautomatiseerde systemen voor slimme warmtepompsturing zorgen voor frequente interventies op een continue basis, zonder dat een huishouden hier veel van merkt. Hoewel dit geavanceerde "automatiseringsconcept" buiten het bereik van ons experiment valt, tonen recente academische studies aan dat dergelijke opzetten elektriciteitsfacturen tot wel 18% kunnen verlagen, zelfs wanneer huishoudens zelf temperatuurgrenzen mogen instellen om comfort te waarborgen.
- Beleidsmakers moeten zich richten op het bevorderen van de ontwikkeling van protocollen en standaarden voor fijnmazige, aanpasbare instellingen om de flexibiliteit van warmtepompen te optimaliseren binnen de comfortgrenzen van ieder huishouden. **Niet alleen de overstap op warmtepompen *an sich* moet worden gefaciliteerd, maar ook hun werking op de slimst mogelijke manier, om de operationele kosten te minimaliseren.**

INLEIDING

DE BEHOEFTE AAN ELEKTRICITEITSFLEXIBILITEIT

Naarmate hernieuwbare energie groeit, ontstaan er nieuwe uitdagingen en kansen voor het elektriciteitssysteem. In tegenstelling tot conventionele opwekking is de productie van hernieuwbare bronnen zoals wind en zon variabel. Aangezien **de elektriciteitsvraag op elk moment moet overeenkomen met de productie** — om black-outs of afschakeling te voorkomen — is het **noodzakelijk om de elektriciteitsvraag flexibeler te maken, zodat deze beter aansluit op de steeds grotere beschikbaarheid van variabele wind- en zonne-energie**. Hoewel batterijopslag in verschillende vormen goedkoper en breder toepasbaar wordt, blijft het waardevol om dit aan te vullen met een flexibelere elektriciteitsvraag.

Dit is niet alleen nodig voor de stabiliteit van het net, maar het biedt ook voordelen voor het klimaat. Een flexibele elektriciteitsvraag vermindert de afhankelijkheid van fossiele brandstofcentrales, die CO₂ uitstoten en vaak de marginale elektriciteitsprijzen bepalen, wat de elektriciteitsrekeningen opdrijft. Door hernieuwbare energie — die tegen zeer lage marginale kosten produceert — beter te benutten, **verlaagt flexibiliteit de emissies, versterkt het de energiezekerheid en vergroot het de energieonafhankelijkheid**. Dit laatste is van cruciaal belang gebleken tijdens de energiecrisis die volgde op verstoringen in de Russische gasleveringen als gevolg van de oorlog in Oekraïne.

De Europese Unie erkent deze noodzaak en verwacht dat vraagflexibiliteit voor het beheer van dagelijkse pieken in elektriciteitsverbruik tussen 2021 en 2030 zal verdubbelen tot wel 362 TWh per jaar¹ (ongeveer zes keer het jaarlijkse elektriciteitsverbruik van België). Huishoudens spelen hierin een belangrijke rol. Zoals besproken in een eerder *Gents Economisch Inzicht* (zie de sectie “Voor meer informatie”), waarin we 150 empirische schattingen van huishoudelijke flexibiliteit uit 44 academische studies analyseerden, **moet het residentiële elektriciteitsverbruik flexibeler worden**. Veel huishoudens dragen hier al op kleine manieren aan bij. Al tientallen jaren stimuleren dag-nachttarieven huishoudens met een geschikt elektriciteitscontract en -meter om bepaalde energie-intensievere zaken zoals het gebruik van vaatwassers of wasmachines tijdens daluren uit te voeren, bijvoorbeeld 's nachts of in het weekend.

Dergelijke prikkels zijn echter niet langer voldoende om de uitdagingen van een systeem dat gedomineerd zal worden door hernieuwbare energiebronnen optimaal te doen functioneren. Tegenwoordig bieden energieleveranciers dynamische contracten aan met prijzen die elk uur variëren. De flexibiliteit die door dergelijke tarieven wordt gestimuleerd, wordt “impliciete flexibiliteit” genoemd. In ons eerdere *Gents Economisch Inzicht* legden we uit hoe dergelijke contracten huishoudens kunnen helpen hun elektriciteitsrekening te verlagen. Zoals we echter ook benadrukten, toont academisch onderzoek aan dat **dynamische tarieven op zichzelf niet volstaan zonder technologieën om flexibiliteit te automatiseren**. Zonder deze automatisering vereist het efficiënt inspelen op prijsveranderingen namelijk **te veel manuele acties**, zoals het tijdig verkrijgen van prijsinformatie en het handmatig aansturen van het verbruik van uiteenlopende apparaten.

Residentiële verwarming, met name via warmtepompen, biedt een unieke kans voor flexibiliteit. **Net als elektrische voertuigen zijn warmtepompen grote elektriciteitsverbruikers die tegelijk de mogelijkheid bieden om (in bepaalde mate) aan te passen wanneer en hoeveel elektriciteit verbruikt wordt, zonder dat dit een noemenswaardige impact heeft op het eindresultaat dat door de gebruiker ervaren wordt** (resp. een voldoende opgeladen auto en een verwarmd huis hebben). In tegenstelling tot andere huishoudapparaten, die onvermijdelijk een constant elektriciteitsverbruik uitlokken *terwijl* ze hun dienst leveren, is een warmtepomp technisch gezien in staat om op strategische momenten wat minder of net meer te verbruiken zonder een storend effect te hebben op de ervaren binnentemperatuur. Dit is wat wordt bedoeld met de ‘flexibiliteit’ van warmtepompen. Toch kan het voor huishoudens heel uitdagend zijn om dit in de praktijk te brengen, door bijvoorbeeld verwarmingsschema’s aan te passen aan dynamische prijzen die schommelen van uur op uur. Factoren die goed gedocumenteerd zijn in de gedrags-economische literatuur, zoals “status-quo-bias,” “begrensde rationaliteit,” “risico-aversie,” en “responsvermoeidheid,” kunnen de mogelijkheid van individuen om op flexibiliteitsprikkel te reageren beperken. Dit bemoeilijkt het in de praktijk realiseren van voordelen zoals lagere elektriciteitsfacturen voor huishoudens en beperkt tegelijkertijd de hoeveelheid flexibiliteit die ter

beschikking staat voor het ruimere elektriciteitssysteem op kritieke momenten.

Een mogelijkheid om met deze uitdagingen om te gaan is om een andere vorm van warmtepompsturing te implementeren, die bekend staat als “expliciete flexibiliteit”. Dit wordt georganiseerd door marktpartijen die “flexibiliteits-aggregatoren” worden genoemd. Deze nieuwe spelers sluiten contracten af met huishoudens om vanop afstand hun apparaten zoals warmtepompen of laadstations voor elektrische voertuigen te mogen aansturen en hun werking te optimaliseren (bijvoorbeeld i.f.v. de behoeften van het net). Aggregatoren bundelen de flexibele elektriciteitsvraag van vele huishoudens in een “virtuele elektriciteitscentrale”, waardoor zij grote hoeveelheden flexibiliteit aan het net kunnen leveren wanneer dat nodig is, in ruil voor financiële compensatie aan de huishoudens in kwestie.

In dit *Gents Economisch Inzicht* presenteren we de resultaten van ons onderzoek naar hoe huishoudens reageren op het op afstand beheren van hun warmtepomp. Hiervoor combineren we grootschalige enquêtes met een veldexperiment waarin een vereenvoudigd flexibiliteitsprogramma in de praktijk wordt geïmplementeerd. We onderzoeken hoe het tijdelijk onderbreken van verwarming — zoals dit in de toekomst zou kunnen afgestemd worden op periodes met een hoge nationale elektriciteitsvraag en/of een lage productie van hernieuwbare elektriciteit — het comfort van huishoudens beïnvloedt, en welke financiële besparingen kunnen worden gerealiseerd. Voordat we ons onderzoek presenteren, geven we een kort overzicht van de huidige situatie rond warmtepompflexibiliteit in België en de buurlanden.

OVERZICHT VAN INITIATIEVEN IN EUROPA

Hoewel vele Europese landen subsidies aanbieden om de installatie van warmtepompen te stimuleren², zijn prikkels die bedoeld zijn om het flexibele gebruik ervan af te stemmen op hernieuwbare energieproductie relatief zeldzaam. Toch zijn enkele van deze initiatieven het vermelden waard.

In het Verenigd Koninkrijk biedt de vooruitstrevende (en zeer grote) energieleverancier Octopus Energy contracten aan die specifiek zijn ontworpen voor eigenaars van elektrische voertuigen en warmtepompen. Uit hun onderzoek³ blijkt dat **klanten met warmtepompen die overstappen op deze tarieven gemiddeld 18%**

besparen op hun jaarlijkse elektriciteitsrekening. Het merendeel van deze besparingen komt voort uit het inzetten van slimme thermostaten om het energieverbruik van warmtepompen te optimaliseren tijdens goedkopere daluren.

In Duitsland bieden sommige leveranciers speciale contracten aan voor elektriciteitsverbruik door warmtepompen⁴. Voor deze contracten moeten warmtepompen worden aangesloten op een aparte meter, waardoor ze onder een apart, lager tarief kunnen opereren. In ruil daarvoor kan de energieleverancier de werking van de warmtepomp tijdelijk onderbreken tijdens specifieke perioden, wat extra flexibiliteit biedt aan het elektriciteitsnet. Deze onderbrekingen zijn dermate zeldzaam en van korte duur dat gebruikers er amper iets van merken.

In Vlaanderen wordt verwacht dat tegen 2026 specifieke energiecontracten voor warmtepompen zullen worden geïntroduceerd door energieleveranciers⁵. Hoewel dit waarschijnlijk niet meteen gepaard zal gaan met de optie voor energieleveranciers om het verbruik van warmtepompen vanop afstand te sturen en te optimaliseren, is de introductie van dergelijke toestel-specifieke energiecontracten toch een belangrijke stap richting een dynamischer en flexibeler energiegebruik. Vandaag al bieden in België, sinds begin dit jaar, negen energieleveranciers dynamische contracten aan op basis van dagprijzen die per uur variëren. Hoewel deze contracten ook kunnen worden aangenomen door huishoudens zonder warmtepomp of elektrische voertuigen, **bieden ze het meeste potentieel voor huishoudens die beschikken over apparaten die in staat zijn grote hoeveelheden verbruik flexibel te verschuiven in de tijd.** Aangezien zowel elektrische auto's als warmtepompen nog tijd nodig hebben om op (zeer) grote schaal breder ingevoerd te worden, blijft voorlopig het aantal huishoudens dat gebruikt maakt van dynamische contracten relatief beperkt.

ONS ONDERZOEK NAAR VERWARMINGSFLEXIBILITEIT

In dit *Gents Economisch Inzicht* presenteren we de bevindingen van een gezamenlijk onderzoeksproject tussen UGent en markt- en technologische partners (Energent, Ecopower, EnergielD, 70GigaWatt en Next Kraftwerke Belgium). In dit driejarige project

onderzochten we belangrijke vragen over de toekomst van verwarmingsflexibiliteit, waaronder:

1. **Wie zal waarschijnlijk deelnemen** aan toekomstige flexibiliteitssystemen voor huishoudens?
2. **Wat is de werkelijke bijdrage** van warmtepompen aan een flexibelere elektriciteitsvraag, wanneer **rekening wordt gehouden met de menselijke factoren** (zoals individuele voorkeuren op vlak van comfort)?

Aangezien de adoptie van warmtepompen in België beperkt blijft, en nog meer voor flexibiliteitssystemen, richtte een aanzienlijk deel van het project zich op het ontwerpen van onze eigen experimenten. **Ten eerste voerden we enquête-experimenten** uit om het potentieel voor deelname te beoordelen. **Ten tweede ontwierpen en voerden we een innovatief veldexperiment uit**, waarin we een van de eerste flexibiliteitssystemen voor warmtepompen in de praktijk implementeerden in België.

ENQUÊTES

Een grootschalige online enquête met 2,935 respondenten werd uitgevoerd om het energiegedrag van huishoudens en hun bereidheid om deel te nemen aan flexibiliteitsprogramma's voor warmtepompen te onderzoeken. Aangezien flexibiliteitsprogramma's voor de meeste mensen nog relatief onbekend zijn, hebben we ervoor gezorgd dat alle respondenten de enquête met volledig begrip konden invullen door vooraf een duidelijke introductie te geven over het onderwerp.

Om de bereidheid van verschillende groepen om deel te nemen aan flexibiliteitsprogramma's te vergelijken, hebben we een unieke steekproef samengesteld. Van de 2,935 respondenten **waren er 1,420 lid van Belgische energiecoöperaties** (Ecopower en Energent). Deze groep heeft een bovengemiddelde interesse in de energietransitie en behoort waarschijnlijk tot de 'early adopters' van flexibiliteit. Inzicht in hun verwachtingen en gedrag is van cruciaal belang om te bepalen hoe deze programma's moeten worden geïntroduceerd. **De overige 1,515 respondenten waren geen leden van een energiecoöperatie** en werden geworven via een online platform. Van deze niet-coöperatieleden woont 19% in België, terwijl de rest afkomstig is uit Frankrijk, Nederland, Duitsland en Luxemburg. Aangezien deze groep werd betaald om de enquête in te vullen, werden er vragen in

de enquête verwerkt die controleren op aandacht en begrip, om de kwaliteit van de data te waarborgen.

Geen van beide groepen — coöperanten en niet-coöperanten — is representatief voor het Belgische gemiddelde. Coöperanten zijn over het algemeen iets ouder en welvarender dan het nationale gemiddelde, terwijl de deelnemende niet-coöperanten jonger dan gemiddeld bleken. Toch vertegenwoordigen deze twee groepen **belangrijke doelgroepen** voor toekomstige flexibiliteitsprogramma's: **coöperanten**, als vermoedelijk meer milieubewuste individuen, **zullen waarschijnlijk tot de eerste gebruikers behoren**, gevolgd door jongere individuen die niet noodzakelijk lid zijn van een energiecoöperatie.

VELDEXPERIMENT

Om diepere inzichten te krijgen in hoe mensen verwarmingsflexibiliteit daadwerkelijk ervaren, hebben we ook een veldexperiment uitgevoerd. Gedurende een periode van twee jaar **hadden we op afstand controle over de warmtepompen van negen vrijwillig deelnemende huishoudens**, geselecteerd door Energent in de regio Gent.

Alle warmtepompen in het experiment waren lucht-waterpompen met de technische mogelijkheden voor monitoring en bediening op afstand. Dit stelde ons in staat om zogenaamde **"flexibiliteitsinterventies"** uit te voeren, die toekomstige "slimme warmtepompsturing" simuleren door **de verwarming tijdelijk te onderbreken totdat een van drie vooraf gedefinieerde scenario's zich voordeed. Een eerste scenario is wanneer het huishouden de interventie handmatig stopzette**, meestal vanwege (de anticipatie van) discomfort. Hiervoor kregen de deelnemers toegang tot een door ons aangeleverde website, waar ze de interventie met één druk op de knop konden stoppen en kort moesten toelichten waarom ze dit deden. **In het tweede mogelijke scenario beëindigde de interventie automatisch, wat gebeurde zodra de binnentemperatuur onder een vooraf bepaalde drempelwaarde daalde**, variërende van 16 °C tot 19 °C. **Tot slot werd in een derde mogelijke scenario de warmtepomp automatisch gereactiveerd zodra de temperatuur van de warmwaterboiler onder 40 °C zakte**, zodat huishoudens altijd toegang bleven hebben tot sanitair warm water (bijvoorbeeld voor douchen of baden).

Het ontwerp van de interventies werd grotendeels bepaald en beperkt door het technische protocol dat werd gebruikt om de warmtepompen op afstand aan te sturen. We maakten gebruik van het “Smart Grid Ready”-protocol, een gestandaardiseerde communicatie-interface waarmee warmtepompen kunnen worden in- of uitgeschakeld. De vier beschikbare commando's zijn echter behoorlijk beperkend, en we gebruikten alleen het “force off”-commando om de werking van de warmtepomp te stoppen. Het protocol bood bijvoorbeeld geen mogelijkheid om de ingestelde temperatuur te regelen waarop ruimtes worden verwarmd, wat geavanceerdere interventies had toegelaten, waarbij woningen bijvoorbeeld “wat extra zouden worden voorverwarmd” vooraleer er een warmtepomp-onderbreking van start gaat.

Deze interventies werden uitgevoerd gedurende twee winterseizoenen: 2022-2023 en 2023-2024. De interventies werden vooraf willekeurig toegewezen over de experimentele periode, zonder expliciet te mikken op periodes met lage hernieuwbare opwekking. In het eerste jaar ontvingen huishoudens telkens een dag van tevoren een melding voor elke interventie. In het tweede jaar werd slechts de helft van de interventies vooraf aangekondigd, zodat we konden testen hoe meldingen de reacties van huishoudens beïnvloedden. In totaal voerden we 287 interventies uit over alle warmtepompen.

We vonden **dat huishoudens hun gedrag niet significant aanpasten als reactie op de voorafmeldingen**, bijvoorbeeld door hun thermostaat strategisch aan te passen om ongemak vóór een interventie te verminderen. De meeste interventies (70%) werden automatisch gestopt omdat de temperatuur van de warmwaterboiler de drempel van 40 °C bereikte. Van de 11% interventies die automatisch werden beëindigd door de binnentemperatuurdrempel, eindigden de meeste bij 19 °C. De allerlaagste binnentemperatuur die tijdens alle interventies werd geregistreerd, was 16.5 °C, wat betekent dat de onderdrempel van 16 °C nooit werd bereikt. De handmatige stops door deelnemers worden verder besproken in de volgende secties, omdat ze waardevolle inzichten bieden in hoe ongemak wordt ervaren.

De deelnemers aan het veldexperiment weerspiegelden typische eerste gebruikers van duurzame technologie. Het betrof gemiddeld grotere huishoudens met

een hoger opleidingsniveau en met hogere inkomens dan het nationale gemiddelde, en ze wonen in nieuwere, beter geïsoleerde woningen, telkens uitgerust met zonnepanelen. Deze selectiebias was te verwachten, aangezien warmtepompbezit gewoonlijk samenvalt met het hebben van beter-dan-gemiddelde isolatie in de woning. De meeste woningen in België worden verwarmd met fossiele brandstoffen en zijn slecht geïsoleerd. Een overstap naar een warmtepomp gaat meestal gepaard met het simultaan verbeteren van de isolatie van het gebouw – hoewel niet noodzakelijk tot het niveau van nieuwbouwwoningen (*het is nota bene een mythe dat de dergelijk ‘top’ isolatieniveau een vereiste is om te kunnen gebruikmaken van een warmtepomp*).

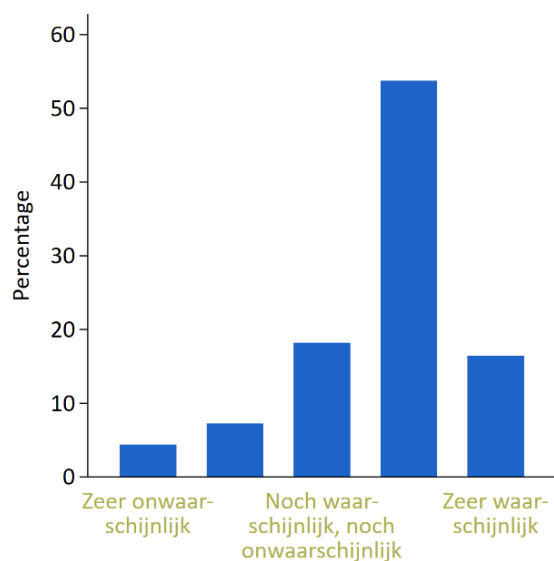
DRIE KERNRESULTATEN

1 ENQUÊTES TONEN GROTE INTERESSE IN FLEXIBILITEIT, MAAR COMPENSATIE EN AUTONOMIE ZIJN ESSENTIEEL

De enquêtes toonden een sterke interesse in residentiële flexibiliteitsprogramma's. Figuur 1 illustreert de antwoorden op de vraag: ***“Hoe waarschijnlijk is het dat u zou deelnemen aan een flexibiliteitsprogramma, als u dit werd aangeboden?”***. Meer dan 70% van de respondenten gaven aan dat ze waarschijnlijk of zeer waarschijnlijk zouden deelnemen, terwijl slechts ongeveer 12% aangaf (zeer) onwaarschijnlijk te zullen deelnemen. Verrassend genoeg **is dit algemene enthousiasme consistent tussen zowel coöperanten als niet-coöperanten**: 73.5% van de coöperanten toonde interesse, vergeleken met 66.6% van de niet-coöperanten, een verschil van slechts 7 procentpunten.

We analyseerden de drie belangrijkste motivaties voor deelname aan flexibiliteitsprogramma's door respondenten zeven voorgestelde redenen te laten rangschikken. Zowel coöperanten als niet-coöperanten plaatsten het **bijdragen aan het milieu** als hun hoogste prioriteit en het **bijdragen aan netstabiliteit** als derde. Hun tweede prioriteit verschilde echter: **financiële beloningen** voor niet-coöperanten en **bijdragen aan energieonafhankelijkheid** voor coöperanten. Opvallend is dat financiële beloningen bij coöperanten op de zesde plaats stonden, wat wijst op verschillende prioriteiten: **coöperanten hechten doorgaans meer waarde aan maatschappelijke voordelen van flexibiliteitsprogramma's**,

terwijl niet-coöperanten meer nadruk leggen op individuele financiële besparingen.



Figuur 1: Antwoorden op de vraag "Als het u wordt aangeboden, hoe waarschijnlijk is het dan dat u zich inschrijft voor een flexibiliteitsprogramma?". Volledige steekproef van 2,935 respondenten, inclusief coöperanten en niet-coöperanten.

Dit betekent echter niet noodzakelijk dat coöperanten bereid zouden zijn lagere financiële compensatie te accepteren om deel te nemen. Om dit te onderzoeken en om breder te beoordelen hoeveel compensatie individuen verwachten voor het ervaren van ongemak binnen flexibiliteitsprogramma's, hebben we een discrete keuze-experiment uitgevoerd. Deze methode is bijzonder effectief gebleken in waarderingstudies in contexten waar de dienst of het concept een niche of iets hypothetisch betreft. Ons keuze-experiment presenteerde respondenten vier "keuzekaarten," elk met een vergelijking van twee verschillende flexibiliteitscontracten voor warmtepompen. Deze contracten verschilden in minimale gegarandeerde temperatuur tijdens interventies, financiële compensatie per interventie, timing en frequentie. Respondenten werd gevraagd een contract te kiezen (of beide af te wijzen), waardoor we de financiële compensatie konden berekenen die nodig is om veranderingen in andere contractkenmerken te accepteren.

Uit onze analyse blijkt dat, ongeacht andere factoren (zoals duur, frequentie, timing, starttemperatuur), **niet-coöperanten gemiddeld €1.44 verwachten per 1°C temperatuurverlaging per interventie**, terwijl coöperanten ongeveer het dubbele vragen, namelijk **€3.04 per graad**. Dit levert een interessante bevinding op: **hoewel**

coöperanten in hun zelf-gerapporteerde voorkeuren minder nadruk leggen op financiële compensatie, **verwachten zij toch een hogere compensatie**. Dit kan te maken hebben met hun sterkere gehechtheid aan comfort. Zo rapporteerden coöperanten een nauwere tolerantiebandbreedte rond hun gewenste binnentemperatuur in de winter (gemiddeld slechts 1.3°C) in vergelijking met niet-coöperanten (2.2°C). Dit kan dan weer verband houden met het feit dat leden van energiecoöperaties doorgaans ouder zijn dan niet-leden, zoals blijkt uit onderzoek van collega's⁶ op basis van uitgebreide gegevens representatief voor Belgische energiecoöperatielieden. Oudere individuen hechten mogelijk meer waarde aan comfort, wat de kleinere tolerantiebandbreedte kan verklaren.

Meer dan 70% van de respondenten zou deelnemen aan een flexibiliteitssysteem, voornamelijk om het milieu te helpen. Mensen zijn bereid geld te ruilen voor een beperkte, occasionele impact op hun comfort, maar men wil ten allen tijde de verwarming zelf onder controle kunnen houden.

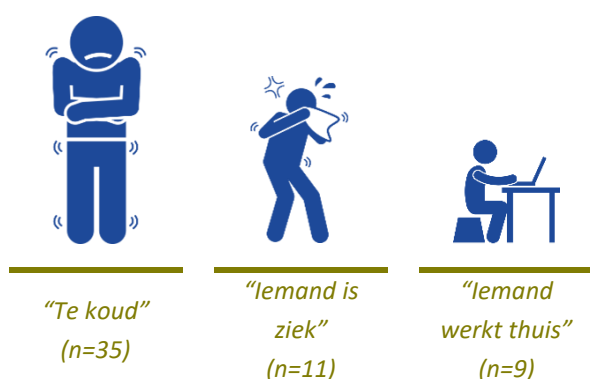
Dit toont aan dat veel mensen bereid zijn deel te nemen aan flexibiliteitsprogramma's, hoewel niet tegen elke financiële prijs. Evenmin zijn ze bereid deel te nemen als dit betekent dat ze te veel controle over hun apparaten verliezen. In de enquête werden deelnemers gevraagd onder welke voorwaarden zij een derde partij toestemming zouden geven om hun verwarming te beheren voor flexibiliteitsdoeleinden. Van degenen die bereid zijn enige controle op te geven, **gaf 89.4% aan dit alleen te doen als ze een bepaald niveau van controle konden behouden**, bijvoorbeeld door op de hoogte te worden gesteld van warmtepompinterventies, de mogelijkheid te hebben deze te stoppen, of beide.

2 EXPERIMENTATIE TOONT AAN DAT WARMTEPOMP FLEXIBILITEIT EEN MINIMALE IMPACT HEEFT OP COMFORT

Enquêtes zijn een praktische methode om goederen of diensten te bestuderen die nog niet wijdverspreid zijn, maar de *aangegeven* voorkeuren kunnen afwijken van de *feitelijke* voorkeuren die naar voren komen in een reële context. Om beter te begrijpen hoe mensen ongemak ervaren en accepteren in flexibiliteitsprogramma's,

voerden we ook een experiment uit met residentiële verwarmingsflexibiliteit.

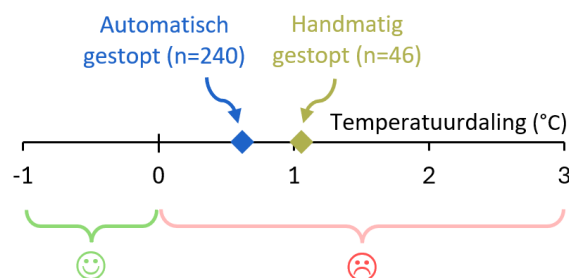
Van de 287 interventies in het experiment **stopten huishoudens slechts 19% handmatig**. Elke keer dat ze er zelf voor kozen een interventie te stoppen, werd hen gevraagd om een korte uitleg te geven. Deze analyseerden we om patronen te identificeren over wanneer en waarom ongemak optrad. Zoals geïllustreerd in Figuur 2, ontdekten we dat de drie belangrijkste redenen voor het onderbreken van interventies de volgende waren: (1) een te lage binnentemperatuur, (2) gezondheidsredenen – bijvoorbeeld wanneer ziekte leidt tot strengere eisen voor binnentemperaturen– en (3) de behoefte aan comfort wanneer iemand overdag thuis werkt of studeert. Andere, minder voorkomende redenen omvatten thuiskomen in een kouder huis na een langere afwezigheid, hogere temperaturen wensen bij het ontvangen van gasten (bijvoorbeeld voor een etentje), of simpelweg de voorkeur geven aan een warmer huis in het weekend.



Figuur 2: Illustratie van de meest voorkomende redenen voor het handmatig stoppen van flexibiliteitsinterventies, afgeleid uit de trefwoorden die door huishoudens zijn achtergelaten.

Deze kwalitatieve resultaten weerspiegelen hoe huishoudens ongemak ervaren, maar bieden geen kwantitatieve maatstaf ervoor. Om te beoordelen of de patronen van het onderbreken van interventies overeenkomen met objectieve metingen van ongemak, analyseerden we de impact van interventies op binnentemperaturen. Onze analyse toont aan dat de **interventies een bescheiden daling van de temperatuur veroorzaakten**. Gemiddeld daalde de temperatuur met 0.69°C van het begin tot het einde van de interventie. Bij interventies die automatisch werden gestopt (doordat de binnen- of warmwatertanktemperatuur te laag werd), wat het merendeel van de gevallen was, was de temperatuurdaling 0.62°C . Echter, zoals geïllustreerd in Figuur 3, was de

temperatuurdaling significant groter bij interventies die handmatig door huishoudens werden gestopt, met een gemiddelde van 1.06°C . Dit suggereert dat **deelnemers rationeel reageerden op verhoogd ongemak door interventies te onderbreken** wanneer de temperatuur aanzienlijk meer daalde dan gemiddeld. Toch was dit gedrag niet geheel consequent, aangezien veel interventies met vergelijkbare of grotere temperatuurdalingen niet handmatig werden gestopt.



Figuur 3: Totale spectrum van temperatuurdalingen die plaatsvonden tijdens de warmtepompinterventies, met aanduiding van de gemiddelden in het geval van handmatige en automatisch gestopte interventies.

Zoals weergegeven in Figuur 3 leiden niet alle interventies tot een temperatuurdaling (d.w.z. ongemak, geïllustreerd in Figuur 3 met ☹). In **ongeveer 10% van de interventies steeg de temperatuur** zelfs (een negatieve temperatuurdaling, geïllustreerd in Figuur 3 met ☺). Dit gebeurt in situaties waar kookactiviteiten, gecombineerd met milde buitentemperaturen of zonnig weer, voldoende zijn om het huis tijdens de interventie op te warmen, ondanks het feit dat de warmtepomp op dat moment uitgeschakeld is.

In de goed geïsoleerde woningen van onze steekproef wordt het comfort bij flexibel verwarmen doorgaans behouden, met minimale temperatuurdalingen en weinig handmatige stopzettingen door de deelnemers.

Ten slotte werd na het experiment een enquête afgenomen om de feedback van deelnemers te verzamelen. De resultaten bevestigen deze bevindingen, waarbij de meeste deelnemers hun ongemak tijdens interventies als laag tot matig beoordeelden.

3 FLEXIBELE WARMTEPOMPEN HELPEN DE NETBELASTING TE VERLICHTEN

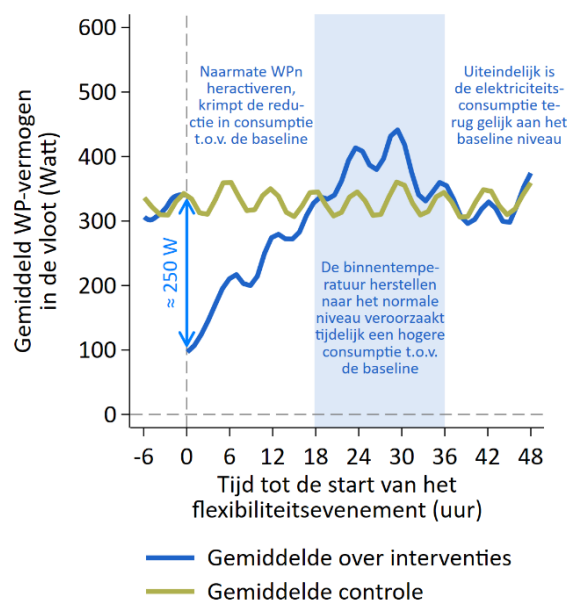
Vanuit het perspectief van een energieleverancier of netbeheerder ligt het voordeel van warmtepomp-

flexibiliteit in de mogelijkheid om het totale stroomverbruik op het net te verminderen tijdens perioden van hoge vraag of lage hernieuwbare energieproductie. Om te illustreren hoe de warmtepompen in onze steekproef bijdragen aan het balanceren van het net, introduceren we het concept van "**flexibiliteitsevenementen**". Deze evenementen bieden een nieuw perspectief door te kijken **hoe alle warmtepompen samen opgeteld reageren nadat een interventie gelijktijdig is gestart bij de hele vloot**. In de toekomst kan een dergelijke vloot voor flexibiliteitsdoeleinden worden beheerd door flexibiliteits-aggregatoren. In tegenstelling tot interventies op individuele warmtepompen – waarbij we voorheen focusten op wat er gebeurt in de woning zolang het toestel in kwestie uitgeschakeld is –, onderzoeken flexibiliteitsevenementen het netto-effect over de hele vloot op elk moment. Op een specifiek moment in de tijd kan dat een mix betreffen van warmtepompen die nog steeds uitgeschakeld zijn, en warmtepompen die reeds hun werking hervat hebben vanwege een van de drie scenario's die reeds plaatsvond in het huishouden in kwestie (cf. de sectie "Veldexperiment" hogerop).

Figuur 4 toont het gemiddelde stroomverbruik per warmtepomp in onze steekproef doorheen de tijd, relatief t.o.v. de start van het flexibiliteitsevenement. Het evenement begint wanneer een interventie gelijktijdig wordt opgestart bij alle warmtepompen in de vloot. De **blauwe lijn** vertegenwoordigt het feitelijk waargenomen verbruik na de start van de interventie, terwijl de **groene lijn** laat zien wat het gemiddelde verbruik zou zijn geweest zonder interventie. De pieken in de **groene curve** weerspiegelen de twee typische verbruikspieken van warmtepompen die we doorgaans waarnemen in de ochtend en vroege middag, gecorrigeerd voor de tijd ten opzichte van de start van het evenement.

Voor de interventie begint (links van de verticale stippellijn) lopen de **blauwe** en **groene** curves gelijk, aangezien er nog geen warmtepompen zijn uitgeschakeld. Zodra het evenement start, daalt het gemiddelde stroomverbruik van ongeveer 350 W naar 100 W. Het **verschil van 250 W is een belangrijk onderzoeksresultaat en benadrukt de gemiddelde maximale reductie in elektriciteitsvraag per warmtepomp bij de start van een evenement** — waardevolle informatie voor aggregatoren die residentiële warmtepompen overwegen voor hun toekomstige vloten van aanstuurbare toestellen.

Interessant genoeg daalt het stroomverbruik tijdens het evenement niet tot nul. Dit komt enerzijds doordat warmtepompen soms niet konden worden uitgeschakeld en normaal bleven functioneren, bijvoorbeeld omdat de binnentemperatuur of de temperatuur van het sanitair warm water al te laag was om de interventie van start te kunnen laten gaan. Een andere reden is dat er een basisverbruik van ongeveer 50 W per warmtepomp nodig is om de interne circuits van het toestel in stand te houden en verbonden te blijven met het internet, zelfs wanneer er niet actief verwarmd wordt. Deze twee aspecten dragen eraan bij dat de **blauwe curve** niet op nul uitkomt.



Figuur 4 : Gemiddeld waargenomen en controlevermogen (in Watt) per warmtepomp ("WP") in de uiteenlopende flexibiliteitsevenementen, bekeken over alle individuele warmtepompinterventies heen.

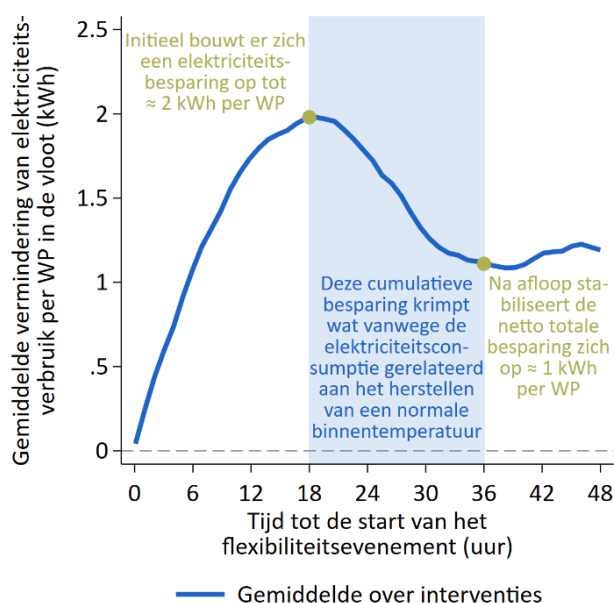
Naarmate de tijd verstrijkt, neemt de kloof tussen de **blauwe** en **groene** curves af, en keert het **waargenomen stroomverbruik** geleidelijk terug naar de **groene baseline**. Dit gebeurt omdat sommige warmtepompen in de vloot opnieuw worden geactiveerd, hetzij automatisch wanneer binnentemperaturen te laag worden, hetzij handmatig door de huishoudens. **Naarmate eenheden opnieuw worden geactiveerd, krimpt de netto stroomreductie van de vloot en bereikt deze nul na ongeveer 18 uur.**

Na dit punt begint de vloot meer stroom te verbruiken dan gebruikelijk, zoals te zien is aan de **blauwe curve** die boven de **groene** uitkomt. Dit komt doordat de warmtepompen die zijn gedeblokkeerd hun normale werking

hervatten met een lagere binnentemperatuur in de woning dan wat zonder het flexibiliteitsevent het geval zou geweest zijn, wat **extra elektriciteitsverbruik vereist om de gewenste (door de gebruiker ingestelde) binnentemperatuur terug te herstellen**.

Na gemiddeld 36 uur komen de **blauwe** en **groene curves** uiteindelijk weer samen, wanneer het stroomverbruik terug normaliseert.

Flexibel verwarmen verlaagt de elektriciteitsvraag met maximaal 250 W per warmtepomp, een reductie van 70%, die geleidelijk afneemt tot 0 W na 18 uur. Gemiddeld realiseert elk flexibiliteitsevent een netto-reductie van de elektriciteitsvraag van 1 kWh per warmtepomp.



Figuur 5: Gemiddelde cumulatieve elektriciteitsverbruikreductie (in kWh) per warmtepomp ("WP") in de vloot, doorheen de uiteenlopende flexibiliteitsevenementen, bekeken over alle individuele interventies.

Terwijl Figuur 4 laat zien hoe het gemiddelde stroomverbruik van de warmtepompen evolueert van moment op moment doorheen een flexibiliteitsevent, illustreert Figuur 5 de gemiddelde cumulatieve energiebesparing (in kWh), die zich doorheen het verloop van het event opbouwt. In de beginfase van de evenementen, tot 18 uur na de start, wordt het stroomverbruik van de warmtepompen vermindert, wat resulteert in een opgebouwde besparing van gemiddeld 2 kWh. In de daaropvolgende fase, van 18 tot 36 uur na de start van het evenement, wordt deze besparing verminderd door een

toename in stroomverbruik, waardoor de netto besparing stabiliseert rond 1 kWh.

VOOR WIE IS FLEXIBELE VERWARMING BEDOELD?

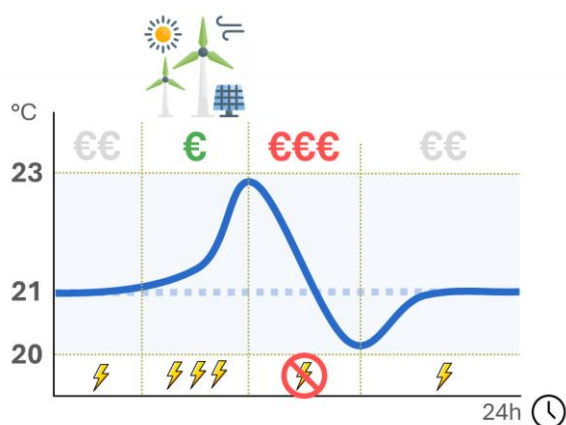
Ons onderzoek stelt ons in staat hypothesen te formuleren over de toekomst van verwarmingsflexibiliteit en specifieke paden te schetsen waarlangs dit **ten goede kan komen aan iedereen**.

Ten eerste is het bezit van een warmtepomp essentieel om te profiteren van flexibiliteitsvoordelen. Echter, met prijzen tussen de €5,000 en €9,000 voor een lucht-water warmtepomp⁷, **blijven deze toestellen voor vele huishoudens in België een (te) grote investering**. In 2022 bezat minder dan 5%⁸ van de Belgische huishoudens een warmtepomp, en onze enquêtes tonen aan dat de adoptie sterk afhankelijk is van het inkomen. Met een *prestatiecoëfficiënt* (COP) tussen 3 en 5 zijn warmtepompen echter een uiterst efficiënte manier de uitstoot van gebouwverwarming te reduceren, vooral wanneer ze worden gecombineerd met flexibiliteitsprogramma's die profiteren van periodes met een hoog aandeel hernieuwbare energie. Op dit vlak **beschouwt Elia warmtepompen zelfs als een "no-regret"-oplossing voor de verduurzaming van verwarming**, omdat ze uiteindelijk kostenbesparingen opleveren in vergelijking met het niet installeren ervan⁹.

Bovendien **blijkt uit onderzoek dat warmtepompen ook goed presteren in oudere huizen, zelfs met traditionele radiatoren** — in tegenstelling tot de wijdverspreide misopvatting dat ze alleen geschikt zijn voor nieuwbouwwoningen met hoge isolatie¹⁰.

Ten tweede verwachten we dat flexibiliteitsprogramma's in de toekomst financieel aantrekkelijker zullen worden voor huishoudens. Hoewel onze resultaten al veelbelovend zijn, erkennen we dat de beperkingen van de in ons experiment gebruikte "Smart Grid Ready"-interface onze mogelijkheden beperkten om ook andere (veelbelovendere) flexibiliteitsmethoden uit te testen. In plaats van lange onderbrekingen van warmtepompen zoals getest in ons experiment, zien we **een toekomst waarin warmtepompen woningen voorverwarmen tot (lichtjes) boven de gevraagde binnentemperatuur in uren met veel hernieuwbare energie en lage elektriciteitsprijzen, en in de uren vlak vóór dat hoge prijzen plaatsvinden** (wat vaak overlapt met mekaar).

Vervolgens kan de verwarming tijdens de momenten met hoge prijzen worden uitgeschakeld, zoals geïllustreerd in Figuur 7. Deze aanpak, ook verkend in academische studies¹¹, zou de negatieve impact op comfort kunnen verminderen of zelfs elimineren, **omdat huishoudens vaak milde, kortdurende temperatuurstijgingen boven hun ingestelde waarde tolereren of zelfs waarderen**. Dit kan verder vergemakkelijkt worden door smartphone apps waarmee gebruikers aangeven hoeveel warmer of kouder het mag worden t.o.v. hun standaard gevraagde binnentemperatuur.



Figuur 6: Hoe wij de toekomstige commerciële uitrol van flexibel verwarmen voor ons zien: in plaats van alleen tijdelijk de binnentemperatuur te verlagen, zoals in ons experiment uitgetest, zouden huishoudens ook lichte, kortdurende temperatuurstijgingen kunnen ervaren, gevolgd door een beperktere temperatuurdaling die optioneel zelfs niet onder de standaard gevraagde binnentemperatuur hoeft te zakken.

Indien een dergelijk concept van **continue flexibele sturing van een warmtepomp (24/7/365) volledig automatisch wordt toegepast a.d.h.v. slimme, gebruiksvriendelijke apps**, dan zal dit des te **grotere jaarlijkse besparingen opleveren op de verwarmingsfactuur**. Bovendien stelt het richten op periodes van hoge netbelasting flexibiliteitsaggregatoren in staat om meerdere waardestromen te ontsluiten. Door grote aantallen warmtepompen te bundelen, kunnen ze netondersteunende diensten verkopen aan operators en energieleveranciers helpen om onbalanskosten te verlagen. Dit kan aanzienlijke **inkomsten genereren, waarvan een deel terugvloeit naar de eigenaars van warmtepompen**, waardoor hun jaarlijkse verwarmingskosten verder dalen.

Ons onderzoek richtte zich op het begrijpen van hoe huishoudens omgaan met flexibele verwarming en de impact daarvan op comfort, in plaats van het

optimaliseren van de warmtepompsturing voor maximale kostenbesparingen. Daarom was het niet gericht op het schatten van de totale besparingen die behaald zouden kunnen worden door continue aanpassingen, waarvan recent onderzoek heeft aangetoond dat ze de energiekosten aanzienlijk kunnen verlagen. Zoals eerder vermeld, bleek in een studie uit het VK³ dat **tijdsafhankelijke tarieven, specifiek ontworpen voor warmtepompgebruikers, hen gemiddeld 18% op hun jaarlijkse energierekening bespaarden**, voornamelijk door vraagverschuiving via automatisering met slimme thermostaten. Evenzo rapporteerde een andere studie¹² in Denemarken **gemiddelde besparingen van 9.4% op elektriciteitsrekeningen** dankzij continue externe sturing van warmtepompen via algoritmes. Bij één huishouden liepen de jaarlijkse besparingen in die studie op tot 17%. Tijdens de flexibiliteitsinterventies hielden deze algoritmes de binnentemperaturen binnen de door huishoudens gedefinieerde tolerantiegrenzen, wat gemiddeld neerkwam op een zone van 3.3 °C rond de standaard gevraagde temperaturen (bv. 21°C). Of het nu via slimme thermostaten of gebruikersspecifieke tolerantiewaarden is, **de in beide studies waargenomen opstellingen stellen huishoudens in staat controle over hun comfort te behouden** en ongemak binnen hun grenzen te minimaliseren of te beheren.

Ten derde kan flexibiliteit op verschillende manieren worden geleverd, waardoor **alle huishoudens kunnen bijdragen aan en profiteren van de energietransitie**. Wanneer het nationale elektriciteitssysteem een sterke en snelle vermindering of toename van elektriciteitsverbruik over een korte periode vereist, is de (de)activering van warmtepompen in *minder goed geïsoleerde* woningen net de optimale keuze. Voor meer beperkte dalingen of stijgingen in elektriciteitsverbruik die over langere periodes kunnen worden volgehouden, zijn de warmtepompen in zeer goed geïsoleerde woningen dan weer meer geschikt. **Beide typen huishoudens spelen dus samen een complementaire rol** in het maximaliseren van het potentieel van flexibel verwarmen.

Om een **inclusieve energietransitie te waarborgen, moeten deze aspecten worden weerspiegeld in beleidsmaatregelen, waaronder belastingverschuivingen die elektrificatie boven gasverbruik bevoordelen en extra ondersteuning voor de aanschaf van warmtepompen**. Deze maatregelen zijn essentieel om een bredere

adoptie onder een grotere verscheidenheid aan huishoudens te stimuleren, waardoor warmtepompen een centrale rol zullen kunnen spelen in een energietransitie die iedereen ten goede komt.

CONCLUSIE

Ons onderzoek benadrukt de cruciale rol van warmtepompen en hun flexibele inzet bij het koolstofvrij maken van de verwarming in de Belgische residentiële sector. Hoewel grootschalige adoptie nog niet volledig is bereikt, bestaat er aanzienlijke interesse in toekomstige regelingen waarbij een deel van de verwarming op afstand en automatisch wordt beheerd. Dit stelt huishoudens in staat om te profiteren van flexibiliteit met minimale inspanning, zonder dat zij hun verbruik handmatig hoeven aan te passen. Opmerkelijk is dat dit interesse niet beperkt blijft tot de ‘early adopters’ van duurzame technologieën, maar zich uitstrekt over diverse bevolkingsgroepen. Om flexibiliteit echter effectief op te schalen, moeten dergelijke concepten zorgvuldig worden ontworpen. Ze moeten aantrekkelijke compensatie bieden en tegelijkertijd de autonomie van huishoudens over hun apparaten in stand houden.

Ons innovatieve veldexperiment bevestigt het potentieel van warmtepompen om bij te dragen aan de energietransitie met minimaal comfortverlies in goed geïsoleerde woningen. Hoewel huishoudens occasioneel verwarmingsinterventies stopzetten — voornamelijk vanwege ongemak of persoonlijke situaties zoals ziekte of thuiswerken — bleef het gebruik van deze optie beperkt. Toch blijft het flexibiliteitspotentieel aanzienlijk, met gemiddelde vermogensreducties tot 250 W per warmtepomp. Deze flexibiliteit ontsluit meerdere waardestromen die de elektriciteitsrekening van huishoudens helpen verlagen — ofwel door het verbruik te verminderen wanneer de prijzen hoog zijn, ofwel door aggregatoren toe te staan de verwarming te beheren in ruil voor een deel van de inkomsten die ze verdienen met de verkoop van netondersteunende diensten.

Om deze voordelen op te schalen en het doel van het koolstofvrij maken van verwarming te bereiken, zouden beleidsmakers zich moeten richten op de volgende belangrijke aspecten van de adoptie van warmtepompflexibiliteit.

Ten eerste zouden beleidsmakers de bredere adoptie van warmtepompen moeten versnellen via financiële ondersteuning, waarbij er tegelijk wordt gewaarborgd dat deze stimulansen niet alleen toegespitst worden op het plaatsen van warmtepompen in de best geïsoleerde woningen. Warmtepompen zijn ook een haalbare en effectieve oplossing in bestaande (wat oudere) woningen en kunnen in dat geval aanzienlijk bijdragen aan de flexibiliteit van het elektriciteitssysteem. Het uitbreiden van subsidies naar deze huishoudens zal niet alleen de overgang van gas naar elektriciteit ondersteunen, maar er ook voor zorgen dat alle huishoudens kunnen profiteren van de besparingen die flexibel verwarmen genereert op de jaarlijkse energiefactuur.

Ten tweede zouden beleidsmakers moeten investeren in de ontwikkeling van communicatieprotocollen die verder gaan dan de huidige Smart Grid Ready-standaard. Warmtepompen moeten op meer geavanceerde manieren kunnen worden aangestuurd, zodat woningen bijvoorbeeld ook wat extra voorverwarmd kunnen worden vooraleer de verwarming voor enkele uren op een laag pitje gezet wordt. Dit kan de impact van flexibiliteit op het thermisch comfort aanzienlijk verminderen in vergelijking met de verwarmingsonderbrekingen die in ons experiment werden uitgetest. Dit is vooral belangrijk voor minder goed geïsoleerde woningen, waar dergelijke onderbrekingen het comfort sneller kunnen beïnvloeden.

Ten derde zouden energieleveranciers nieuwe energiecontracten moeten introduceren die specifiek gericht zijn op het elektriciteitsverbruik van warmtepompen (wat reeds bestaat in andere landen) — iets waar ook onze beleidsmakers een rol in te spelen hebben. Deze contracten zouden niet alleen een grotere adoptie van warmtepompen stimuleren, maar ook de integratie van hernieuwbare energie in het elektriciteitsnet ondersteunen — wat tezamen de Belgische afhankelijkheid van fossiele brandstofimport fors kan doen afnemen.

VOOR MEER INFORMATIE

Dit Gents Economisch Inzicht (GEI) is gebaseerd op ons academische artikel (waarvan enkele secties letterlijk zijn overgenomen):

Baptiste Rigaux, Sam Hamels, en Marten Ovaere. 6 december 2024. *The Proof of the Pudding is in the Heating: A Field Experiment on Household Engagement with Heat Pump Flexibility*. Ghent University Working Paper, 2024/1101. Beschikbaar (in het Engels) op: <https://ideas.repec.org/p/rug/rugwps/24-1101.html>.

Ons vorige GEI over een verwant thema met collega's: Marten Ovaere, Brent Bleys, Mariateresa Silvi, Sam Hamels en Baptiste Rigaux. 18 januari 2024. *Hoe we de Vraag naar Elektriciteit Beter Kunnen Doen Reageren op Variabele Hernieuwbare Energie: Een Samenvatting van 150 Empirische Schattingen van Vraagflexibiliteit*. Gents Economisch Inzicht, nummer 12. Beschikbaar op: <https://www.ugent.be/eb/economics/en/research/gei/gei12>

Meer informatie over het FlexSys-project (met 70Giga-Watt Consulting, Next Kraftwerke Belgium, Energent, Ecopower en EnergielD) is te vinden op: <https://www.flexsys-project.be/>.

Noten:

¹ European Environment Agency. (2023). *Flexibility solutions to support a decarbonized and secure EU electricity system* (tech. rep.). European Environment Agency. Publications Office of the European Union. Beschikbaar (in het Engels) op: <https://www.eea.europa.eu/publications/flexibility-solutions-to-support>.

² European Heat Pump Association (EHPA). (2023). *Subsidies for Residential Heat Pumps in Europe*. Beschikbaar (in het Engels) op: https://www.ehpa.org/wp-content/uploads/2023/03/EHPA_Subsidies-for-residential-heat-pumps-in-Europe_FINAL_April-2023.pdf.

³ Bernard, L., Hackett, A., Metcalfe, R. D., & Schein, A. (2024). *Decarbonizing Heat: The Impact of Heat Pumps and a Time-of-Use Heat Pump Tariff on Energy Demand* (Working Paper No. 33036). National Bureau of Economic Research. Beschikbaar (in het Engels) op: <https://www.nber.org/papers/w33036>.

⁴ Zie (in het Duits): <https://www.stromvergleich.de/waermepumpenstrom>, 02/12/2024.

⁵ Zie: <https://www.livios.be/nl/artikel/100411/apart-en-voordeliger-elektriciteitscontract-voor->

[warmtepomp-en-laadpaal/](#), 10/12/2024.

⁶ Melita Van Steenberghe, Aislinn D'hulster, Johannes Weytjens, Marten Ovaere, en Koen Schoors. 2024. *Tracking Demographic and Financial Trends in Renewable Energy Cooperative Membership in Belgium using Survey and Bank Transaction Data*. Ghent University Working Paper, 2024/1093. Beschikbaar (in het Engels) op: <https://ideas.repec.org/p/rug/rugwps/24-1093.html>.

⁷ Zie: <https://warmtepompenadvies.be/warmtepomp-prijzen/#prijs-per-soort>, 09/12/2024.

⁸ Rosenow, J., Gibb, D., Nowak, T., & Lowes, R. (2022). *Heating up the Global Heat Pump Market*. *Nature Energy*, 7(10), 901–904. Beschikbaar (in het Engels) op: <https://doi.org/10.1038/s41560-022-01104-8>.

⁹ Elia, *Belgian Electricity System Blueprint for 2035-2050*, 24/09/2024. Beschikbaar (in het Engels) op: https://is-suu.com/eliagroup/docs/20240924_belgianelectricity-systemblueprint2035-205.

¹⁰ Het open data-initiatief "Heat Pump Monitor" biedt realtime gegevens over warmtepompen, voornamelijk uit het VK. Opvallend is dat een van de best presterende warmtepompen, met een prestatiecoëfficiënt van 5, is geïnstalleerd in een woning van vóór 1939 met conventionele radiatoren en slechts basisrenovaties. Meer details zijn te vinden op: <https://heatpumpmonitor.org/system/view?id=68>, 9/12/2024.

¹¹ Zie bijvoorbeeld recente studies gepubliceerd (in het Engels) door het Centre for Net Zero van de Britse elektriciteitsleverancier Octopus Energy: *Automating Heat Pump Flexibility: Results from a Pilot* (Centre for Net Zero & Nesta, 2023) en *HeatFlex: The Untapped Potential of Heat Pump Flexibility* (Centre for Net Zero & Nesta, 2024). (Centre for Net Zero & Nesta, 2023) beschikbaar op: <https://www.centrefor-net-zero.org/papers/automating-heat-pump-flexibility-results-from-a-pilot>. (Centre for Net Zero & Nesta, 2024) beschikbaar op: <https://www.centrefor-net-zero.org/papers/heat-flex-the-untapped-potential-of-automated-heat-pump-flexibility>.

¹² Jensen, R. H., Kjeldskov, J., & Skov, M. B. (2018). *Assisted Shifting of Electricity Use: A Long-Term Study of Managing Residential Heating*. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 25(5), 25:1–25:33. Beschikbaar (in het Engels) op: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3210310>.

De pictogrammen in Figuur 2 zijn afkomstig van: <https://www.flaticon.com/authors/leremy>



Prof. Dr. Marten Ovaere is assistent-professor bij de Vakgroep Economie. Zijn onderzoek richt zich op energie- en klimaat economie, met een focus op elektriciteitsmarkten, energiebeleid en hernieuwbare energie. Meer informatie over zijn onderzoek is te vinden op zijn [homepage](#). U kunt contact met hem opnemen via Marten.Ovaere@UGent.be



Dr. Sam Hamels is postdoctoraal onderzoeker in de energie-economie aan de Vakgroep Economie. Zijn onderzoek richt zich op het klimaatneutraal maken van het Europese elektriciteitssysteem en het bouwen park, met een focus op het simuleren van elektriciteitssystemen en vraagflexibiliteit. U kunt contact met hem opnemen via Sam.Hamels@UGent.be



Baptiste Rigaux is doctoraatsstudent in energie-economie aan de Vakgroep Economie en aspirant fundamenteel onderzoek van het Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek — Vlaanderen (mandaatnr.: 11Q4224N). Zijn onderzoek maakt gebruik van empirische gegevens om het potentieel voor flexibiliteit van de elektriciteitsvraag van huishoudens in België te onderzoeken. U kunt contact met hem opnemen via Baptiste.Rigaux@ugent.be

Gentse Economische Inzichten vormen een forum voor toegankelijk gecommuniceerde onderzoeksbevindingen en beleidsaanbevelingen door vorsers van de Universiteit Gent. De Inzichten vertolken alleen de visie van de auteur(s). Zij kunnen niet doorgaan als de visie van een onderzoeksgroep, de Vakgroep Economie of Universiteit Gent. Voor meer onderzoek van de Vakgroep Economie verwijzen we naar <https://www.ugent.be/eb/economics/en>. Gentse Economische Inzichten wordt mede mogelijk gemaakt door een gift van www.sustinvest.eu. SUSTINVEST heeft geen inspraak over inhoud en beleidsaanbevelingen.



Dit onderzoek werd ook ondersteund door het project FlexSys, gefinancierd door het Energietransitiefonds van de Belgische federale overheid, beheerd door de FOD Economie, KMO, Middenstand en Energie. B. Rigaux werd gefinancierd door Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek (FWO) (mandaat nr. 11Q4224N).