



MOOI project GO-e



GO^e

Elektrificatie Gebouwde Omgeving

Openbaar Eindrapport

Project referentie nummer RVO: MOOI32001

Projectperiode: 1 april 2021 – 31 juli 2024

Auteurs:

Pim Piek, Michel Emde, Bob Ran (TNO),
Rob Massuger (Greenchoice), Roland Kahmann (Recoy),
Daan Hammer (ElaadNL), Jop Spoelstra (Technolution)

Publicatiedatum: 31 oktober 2024



Inhoud

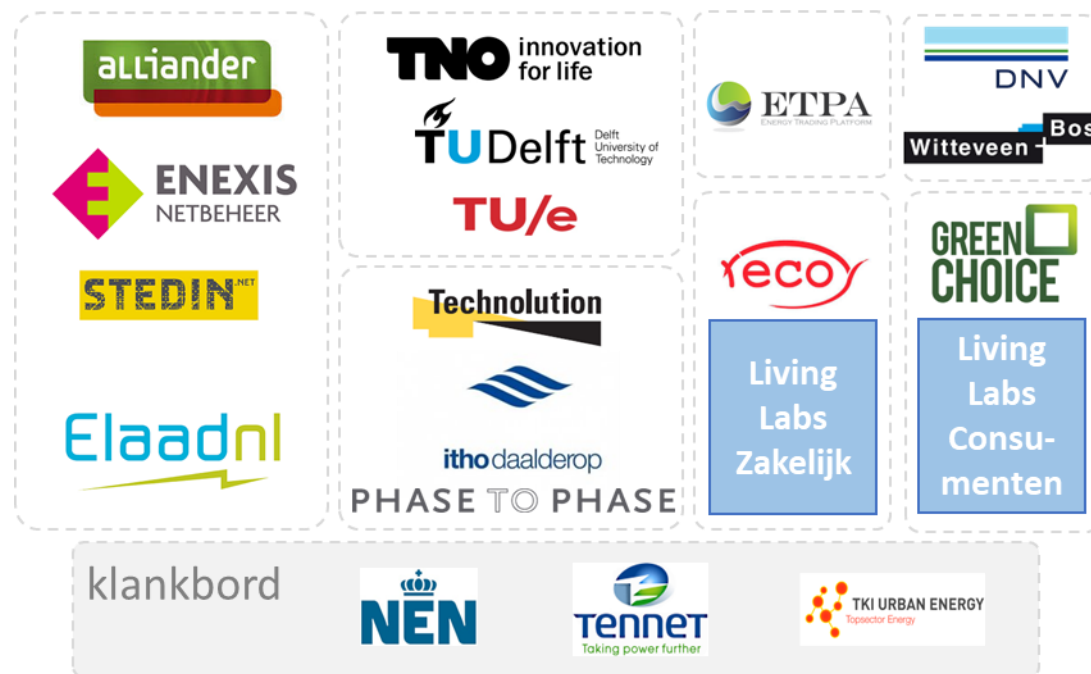
1.	Projectgegevens	3
2.	Uitgangspunten & Doelstelling	4
2.1	Aanleiding	4
2.2	Probleemstelling	5
2.3	Doelstelling	6
2.4	Projectopzet	7
3.	Resultaten en perspectief	8
3.1	Resultaten	9
3.2	Doelgroep en perspectief voor toepassing	14
4.	Conclusies, knelpunten en vervolg	15
5.	Bijdrage MOOI doelstellingen	18
6.	Overzicht GO-e publicaties	19
7.	Colofon	23
	Bijlage 1: GO-e deliverables	24



1. Projectgegevens

Projectnaam:	Elektrificatie Gebouwde Omgeving
Project acroniem:	GO-e
RVO referentienummer:	MOOI32001
Projectperiode:	1 april 2021 tot en met 31 juli 2024
Project deelnemers:	TNO (penvoerder) Alliander NV Enexis Netbeheer BV Stedin Netbeheer BV Stichting ElaadNL Greenchoice BV Recoy BV Daalderop Royal Holland Pewter BV ETPA BV Technolution BV DNV Nederland BV Witteveen+Bos TU Delft TU Eindhoven Phase To Phase BV
Klankbord:	NEN TENNET TKI Urban Energy

Het GO-e project is uitgevoerd door een breed samenwerkingsverband, waarin alle relevante partijen voor elektrificatie in de gebouwde omgeving waren vertegenwoordigd: regionale netbeheerders, diensten- / en technologie-leveranciers, adviseurs en kennisinstellingen. In de uitvoering is – via living labs – tevens samengewerkt met consumenten en zakelijke energiegebruikers. Daarnaast is regelmatig op de ontwikkelingen gereflecteerd met een klankbordgroep.



Dit project is uitgevoerd met Topsector Energie Subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, uitgevoerd door Rijksdienst voor ondernemend Nederland. De specifieke subsidie voor dit project betreft MOOI-subsidie ronde 2020.



2. Uitgangspunten & Doelstelling

2.1 Aanleiding

Elektrificatie is een essentieel onderdeel van de energietransitie in de gebouwde omgeving. Dat is zichtbaar in de groei van het aantal warmtepompen, elektrische auto's en zonnepanelen. Dit geeft grote uitdagingen voor regionale (en landelijke) netbeheerders in het voorkomen van netcongestie. Het biedt ook kansen.

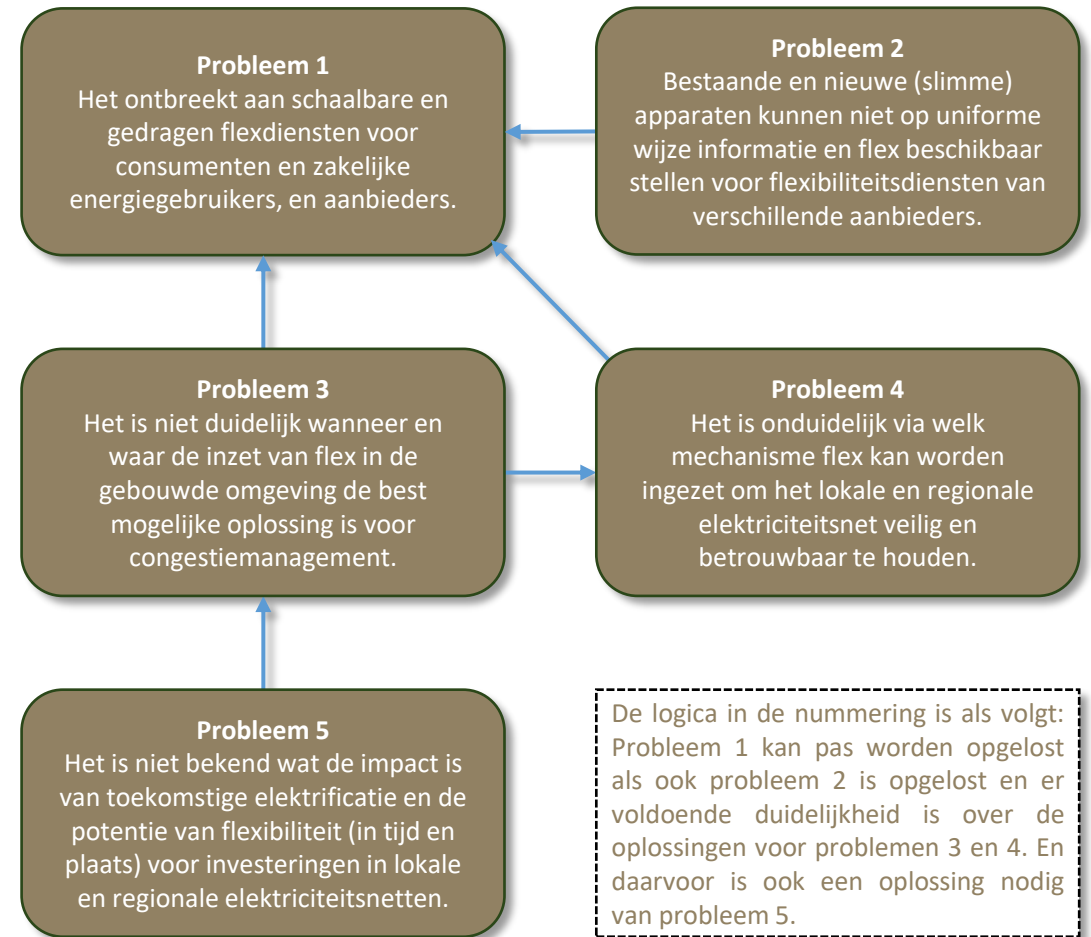
Netverzwaring is de gangbare oplossing, maar is door beperkte middelen (geld, doorlooptijd en technisch personeel) niet altijd haalbaar en wenselijk. Het op grote schaal inzetten van slimme flexibiliteitsdiensten is een alternatief om de beschikbare netcapaciteit zo goed mogelijk te benutten. Daarnaast kan flexibiliteit (vaak afgekort tot flex) zorgen voor betere lokale benutting van decentraal, duurzaam opgewekte elektriciteit. De toepassing van flexdiensten en -producten kan alleen slagen als deze worden ontwikkeld vanuit systeemdenken: oplossingen moeten niet alleen waarde leveren voor de leveranciers van flexdiensten en -producten, maar ook voor consumenten, zakelijke energiegebruikers en netbeheerders. Het vereist eveneens institutionele aanpassingen. Dat vereist samenwerking, of op zijn minst afstemming, tussen alle stakeholders in het elektriciteitssysteem.



2.2 Probleemstelling

Om ook in de toekomst het Nederlandse energiesysteem kosteneffectief, duurzaam en betrouwbaar te kunnen opereren, zijn elektrificatie en flexibilisering van het systeem van groot belang. Het GO-e consortium ziet een vijftal hoofdproblemen voor het flexibiliseren van de elektriciteitsvoorziening in de gebouwde omgeving, die tevens een barrière vormen voor grootschalige elektrificatie. De samenhang van de problematiek is in de figuur hiernaast weergegeven.

Op dit moment ontbreekt het aan flexdiensten die opschaalbaar (op grote schaal toepasbaar) zijn, en die tegelijkertijd aantrekkelijk zijn voor zowel consumenten als zakelijke gebruikers enerzijds en aanbieders anderzijds. Er zijn dus proposities nodig die geschikt zijn voor grote aantallen eindgebruikers en die op hun wensen en behoeften zijn gebaseerd (**Probleem 1**). Om de benodigde schaal te creëren, dienen voldoende apparaten (van verschillende leveranciers) beschikbaar te zijn, die op uniforme wijze, en tegen lage kosten, met elkaar en met verschillende aanbieders informatie kunnen uitwisselen. Dat is op dit moment nog niet mogelijk (**Probleem 2**). Deze (slimme) apparaten krijgen pas waarde als netbeheerders (of andere marktpartijen) ook regelmatig 'prijsprikkels' afgeven, zodat deze kunnen bijdragen aan de veiligheid en betrouwbaarheid van het lokale/regionale elektriciteitsnet (**Probleem 4**). Teneinde deze prijsprikkels te bepalen, dienen de netbeheerders eerst een onderbouwd beeld te hebben van 'nut en noodzaak' van de inzet van flexibiliteit voor congestiemanagement (**Probleem 3**). Om dit te bepalen moet de flexbehoefte (waar, wanneer, hoeveel) van de regionale netbeheerder in kaart worden gebracht (**Probleem 5**). Het GO-e consortium heeft gewerkt aan een samenhang van oplossingen voor elk van deze problemen.





2.3 Doelstelling

Het overall doel van GO-e was het ontwikkelen van diensten, producten en ondersteunende modellen voor het flexibiliseren van de elektriciteitsvoorziening in de gebouwde omgeving, zodat dit: 1) bijdraagt aan duurzame, betrouwbare en betaalbare energie die effectief en veilig kan worden opgewekt, verhandeld en gedistribueerd, en 2) waarde oplevert voor gebruikers, commerciële aanbieders, netbeheerders en ondersteunende partijen.

De GO-e-partners zagen het daarom als hun missie om de beoogde ontwikkeling van samenhangende flexrichtlijnen, -diensten en -producten te realiseren samen met de hele keten van partijen, en door middel van participatie van de eindgebruikers, met als resultaat dat de projectopbrengsten:

- a) in de dagelijkse praktijk kunnen worden ingezet,
- b) een betere balans realiseren tussen lokale energievraag en -aanbod, rekening houdend met de mogelijkheden en de beperkingen van het elektriciteitsnet en het omringende energiesysteem,
- c) aanvullende waarden voor een flexibel elektriciteitssysteem in de gebouwde omgeving creëren.

In het kader van dit overall doel hebben de GO-e partners vijf onderliggende, concrete 'projectdoelstellingen' geformuleerd:

1. Prototypes van schaalbare flexdiensten zijn ontwikkeld die bijdragen aan reductie van de piekbelasting in LS- en MS-netten in 'all-electric' wijken en/of leiden tot een betere benutting van (lokale) energiebronnen in 2030; waarbij deze diensten en producten al in 2025 toepasbaar zijn.
2. Flexibiliteit kan op grote schaal betaalbaar en veilig worden ingezet doordat standaardisatie, interoperabiliteit en cybersecurity integraal onderdeel zijn gemaakt van deze diensten en producten.
3. Netbeheerders kunnen, met 'tooling' die in GO-e wordt ontwikkeld, uiterlijk in 2023 onderbouwd besluiten of, wanneer, waar en hoe flexibiliteit ingezet dient te worden om congestie in de gebouwde omgeving op te lossen of te voorkomen.
4. De impact van grootschalige elektrificatie van de gebouwde omgeving op het elektriciteitssysteem is bepaald voor meerdere zichtjaren (in ieder geval tot het jaar 2030, zodat bekend is wat haalbare en betaalbare transitiepaden voor LS- en MS-netten zijn), en heeft inzicht gegeven in flexbehoefte en flexaanbod in deze zichtjaren.
5. De eindgebruiker is vanaf het begin integraal centraal gesteld bij alle ontwikkelingen door middel van 'participatie by design' bij alle resultaten in GO-e.



2.4 Projectopzet

Voor de realisatie van de projectdoelstellingen is het project onderverdeeld in een vijftal werkpakketten met een grote onderlinge samenhang:

- a) Werkpakket 1A richtte zich op de verkenning en ontwikkeling van schaalbare flexibilitatsdiensten voor (particuliere) consumenten, inclusief gebruikersonderzoek.
- b) Werkpakket 1B was gericht op de verkenning en ontwikkeling van schaalbare flexibilitatsdiensten voor bedrijven.
- c) Werkpakket 2 concentreerde zich op de technische ontwikkelingen en protocollen ten aanzien van 'in-home interoperabiliteit' en grootschalige ontsluiting van flex.
- d) Werkpakket 3 was gericht op het analyseren van de maatschappelijke kosten en baten en effectiviteit van flex, teneinde 'tools' te kunnen ontwikkelen zoals een afwegingskader voor het inzetten van flex, bruikbare afroepmechanismen en een 'recommended practice' voor het herkennen en mitigeren van negatieve bijeffecten.
- e) Werkpakket 4 richtte zich op het analyseren van de toekomstige behoefte aan flexibiliteit en de beschikbaarheid ervan, met als doel om nuttige inzichten te kunnen bieden voor toekomstige investeringen van met name regionale netbeheerders.





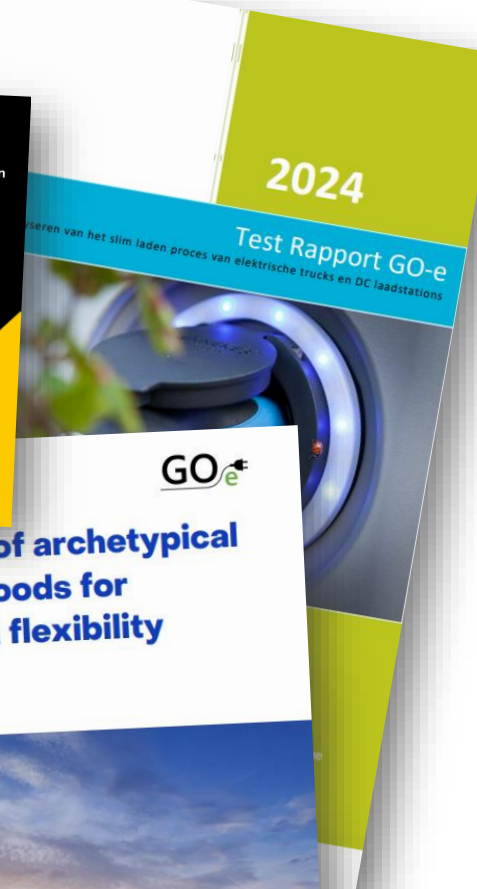
3. Resultaten en perspectief

3.1 Resultaten

Het GO-e project heeft een groot aantal resultaten opgeleverd in verschillende vormen, waaronder rapporten, presentaties, modellen en data:

- Alle interne en externe eindresultaten van GO-e zijn beknopt beschreven in Bijlage 1: Deliverables
- De externe resultaten zijn voor het bredere publiek beschreven en te downloaden op: [Eindresultaten \(projectgo-e.nl\)](https://projectgo-e.nl)

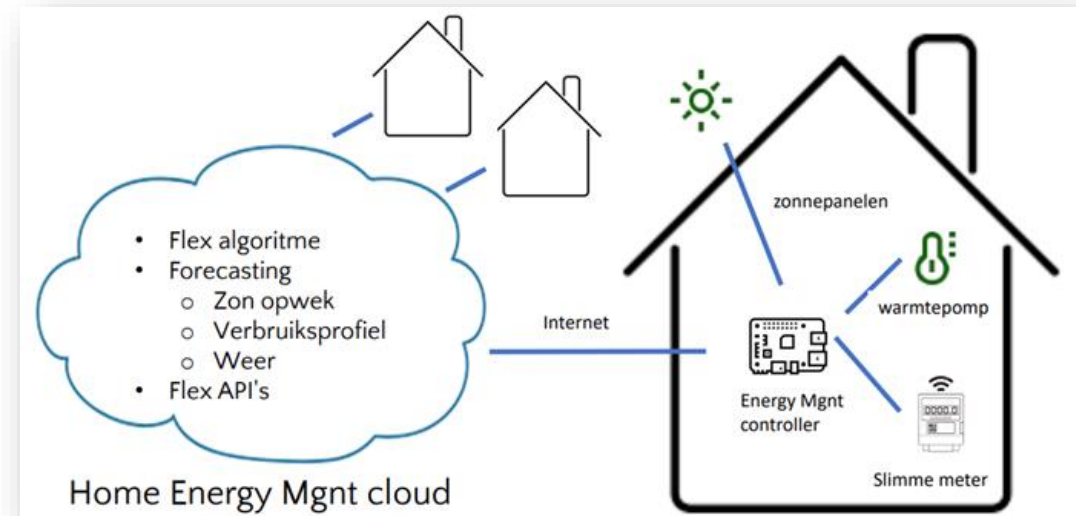
Op de volgende pagina's staat een samenvatting van de resultaten, opgenomen in tabelvorm per werkpakket.



Resultaten werkpakket 1A: Flexibiliteitsdiensten voor de consument

Deliverable	Titel	intern/ publiek
D1A-1	Technische realisatie aansturing warmtepomp (Eindrapport Go-e WP1A 'Het ontwikkelen van een gedragen en schaalbare flexdienst voor het ontsluiten van flexibiliteit bij consumenten')	publiek
D1A-2	Business model	publiek
D3-6	Rapport: De bereidheid van consumenten om flexibiliteit te leveren in het energiesysteem in de gebouwde omgeving (samenwerking WP1 & WP3)	publiek

De volledige publieke resultaten van dit werkpakket kunnen hier worden gevonden: [Flexibiliteitsdiensten voor consumenten \(projectgo-e.nl\)](https://projectgo-e.nl).

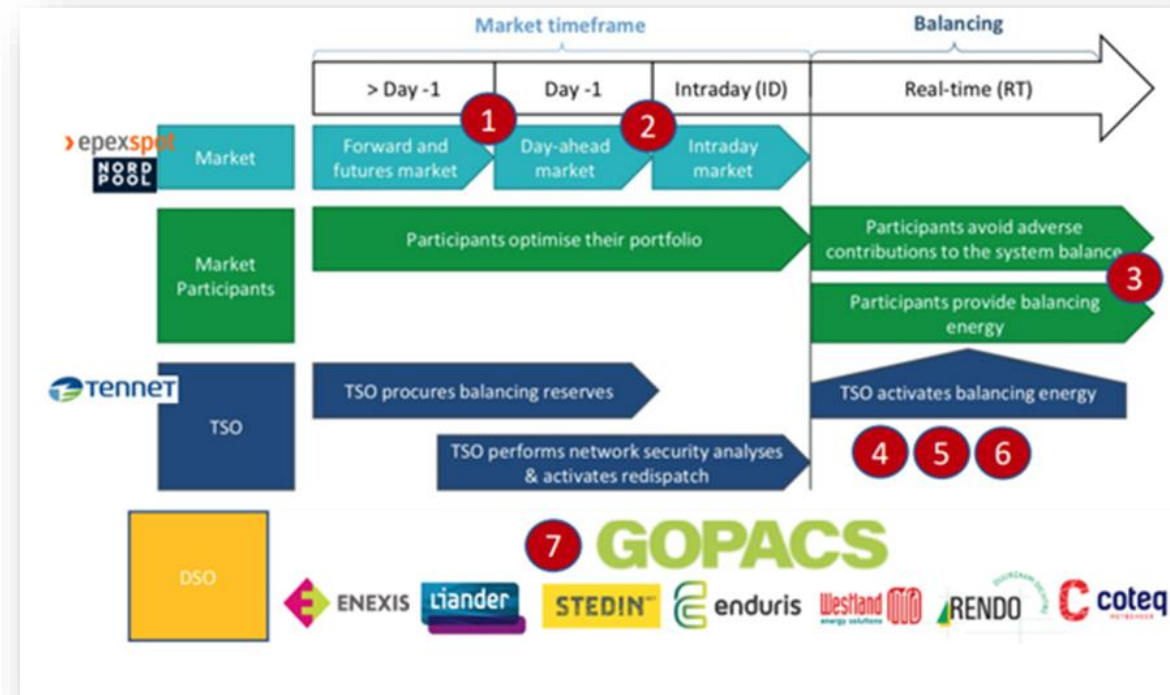


Resultaten werkpakket 1B: Flexibiliteitsdiensten voor elektrische bedrijfswagens

Deliverable	Titel	intern/ publiek
D1B-1	Outlook met verwachte impact elektrische vrachtwagens op het net	publiek
D1B-2	Eindverslag met verwijzingen en bijlagen	Intern
D1B-3	Website flex-calculator (functioneel ontwerp)	Intern*
D1B-4	Test Rapport GO-e 'Proces slim laden elektrische trucks en DC laadstations'	publiek

*Recoy zal als spin-off van GO-e een prototype realiseren en beschikbaar maken op hun website.

De volledige publieke resultaten van dit werkpakket kunnen hier worden gevonden: [Flexibiliteitsdiensten voor bedrijven – GO-e](#).



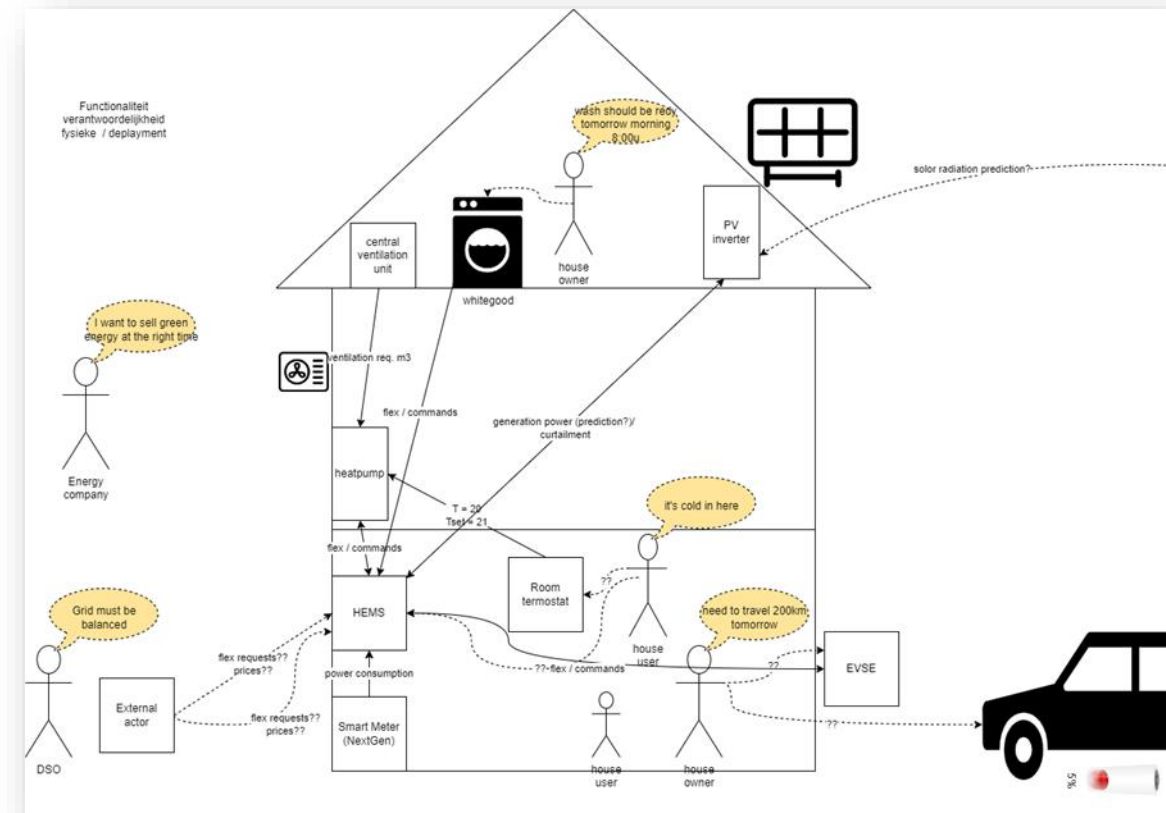
Markten / prikkels:

1. Day-ahead markt
2. Intraday markt
3. Onbalansmarkt
4. Reservemarkt – primair - FCR
5. Reservemarkt – secundair – aFRR
6. Reservemarkt – tertiair – mFRR
7. Congestieprikkel DSO zoals GOPACS

Resultaten werkpakket 2: in-home interoperabiliteit

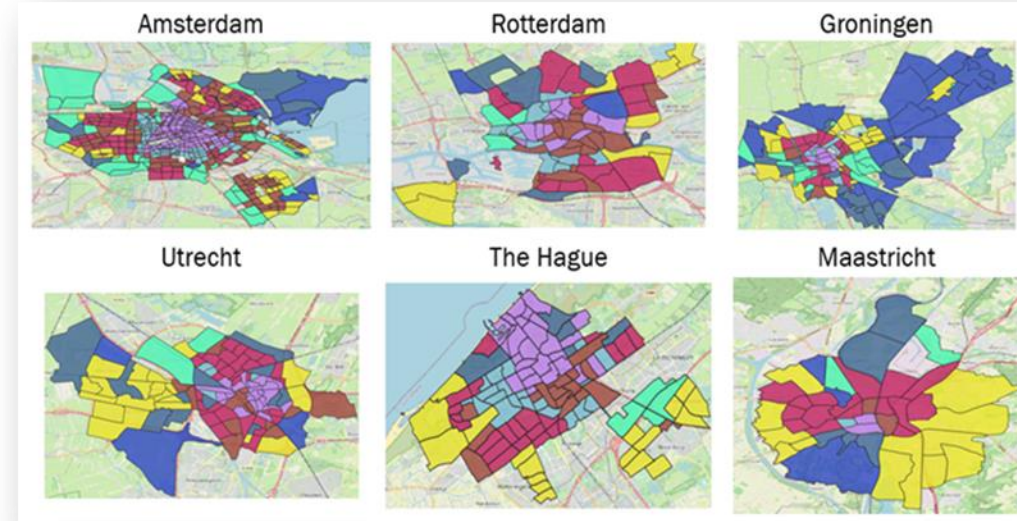
Deliverable	Titel	intern/ publiek
D2-1	PPT verantwoording activiteiten desk research	publiek
D2-2	PPT rapportage Architectuur	publiek
D2-3	S2-gerelateerd werk	
D2.3-1	JSON implementatie van S2	publiek
D2.3-2	S2 Python implementatie	publiek
D2.3-3	S2 Tester	publiek
D2-4	Implementatie HEMS in de praktijk	publiek
D2-5	Verslag businessmodellen ontsluiten energie flexibiliteit gebouwde omgeving	publiek
D2-6	Adoptiestrategie	publiek

De volledige publieke resultaten van dit werkpakket kunnen hier worden gevonden: [Home Energy Management – GO-e](#).



Resultaten werkpakket 3: Mechanismen voor inzet van flexibiliteit vanuit de DSO

Deliverable	Titel	intern/ publiek
D3-1	Afwegingskader voor netbeheerders voor inzet flexibiliteit ter voorkoming van congestie	publiek
D3-2	Archetypes en archytering van buurten	
	Rapport: Beschrijving Archetypes	publiek
	Data: voorbeeldbuurten, netten, groei/spreidingsdata, profielen	publiek
D3-3	Inventarisatie activeringsmechanismen	
	Rapport: Wettelijk toegestane middelen om fysieke congestie in laag- en middenspanningsnetten te voorkomen	publiek
	Longlist activeringsmechanismen flexibiliteit voor congestiemanagement	publiek
D3-4	Beoordelingscriteria afroepmechanismen	publiek
D3-5	Rekentools en rapport kwantificering van flexibiliteit	
	Rapport Rekenen aan Flexibiliteit	publiek
	Rekentools voor flexibiliteit van EV's en HP's	publiek
	Eenvoudige rekentool voor congestie-flex-matching	publiek
D3-6	Rapport: De bereidheid van consumenten om flexibiliteit te leveren in het energiesysteem in de gebouwde omgeving	publiek
D3-7	Simulaties effectiviteit activeringsmechanismen	
	Eindrapport simulatiestudie	publiek
	Simulatieplatform DOTS - energy	publiek
	4 Wetenschappelijke artikelen	publiek
D3-8	Recommended practice bepalen negatieve bijeffecten optimalisatie- of aansturingsalgoritmes	
	Concept Guideline Undesired effects 1.0	publiek
	4 Wetenschappelijke artikelen	publiek

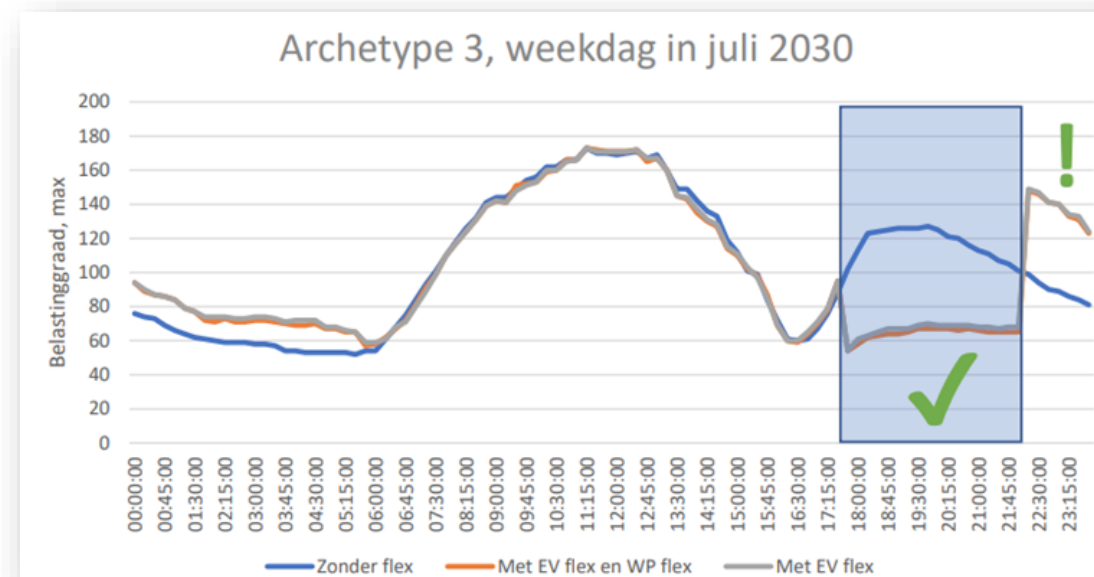


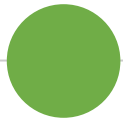
De volledige publieke resultaten van dit werkpakket kunnen hier worden gevonden: [Flexibiliteit voor netbeheer toepassingen – GO-e](#).

Resultaten werkpakket 4: Analyse toekomstige behoefte flexibiliteit

Deliverable	Titel	intern/ publiek
D4-1	Rapport 'Functionele beschrijving en technische architectuur van de GO-e Samenwerkende modellenketen'	publiek
D4-2	Rapport 'Ontwikkelde modellenketen en praktijktoepassing van functionaliteit'	publiek
D4-3	Documentatie aanvullend onderzoek ter invulling van kennisgaten	
	Document 'Evaluating Large Uncertainties in Long Term Congestion Forecasts of LV Distribution Grids'	Intern
	Document 'De Thuisbatterij in Groei- en Spreidingsmodellen' - TNO	Intern
	Document 'Warmtenet Kerschoten en netcongestie' - Witteveen + Bos:	publiek
D4-4	Deelbare data netrekenen GO-e WP4	publiek

De volledige publieke resultaten van dit werkpakket kunnen hier worden gevonden: [Rekenen aan flexibiliteit in distributienetten – GO-e](#).





3.2 Doelgroep en perspectief voor toepassing

Het GO-e project is een breed project waarin aan een scala van verschillende oplossingen en resultaten is gewerkt. De resultaten zijn eerder in dit hoofdstuk benoemd. Hieronder schrijven we een korte reflectie op de toepassing van de resultaten op de drie belangrijkste doelgroepen:

Netbeheerder:

Een groot aantal van de resultaten van GO-e is relevant voor de doelgroep netbeheer.

- D3-5 en D4-4 over “Rekenen aan flexibiliteit in distributienetten” zijn resultaten die de netbeheerder een stap dichterbij het kunnen meenemen van flexibiliteit voor netplanningsdoeleinden.
- D3-6 “Gedragstudie naar participatie consument in flexdiensten” geeft de netbeheerder een beeld van de bereidheid van gebruikers om flex aan te bieden. Uit de studie komt dat de gebruikers veelal bereid zijn om flex aan te bieden, mits onder de juiste voorwaarden. Hierdoor weet de netbeheerder dat flextoepassingen bij consumenten potentieel goed haalbaar zijn en dat productontwikkeling dus zinvol is.
- D3-1 “Afwegingskader voor het gebruik van flexibiliteit in LS” geeft de netbeheerder een eerste beeld van hoe ze kunnen afwegen waar en wanneer flexibiliteit kansrijk kan worden toegepast.
- En de resultaten “D3-3 & D3-4 Lijst van afroepmechanismen en criteria” geeft een overzicht van welke afroepmechanismen voor netbeheerders denkbaar zijn en op basis van welke criteria ze de mechanismen kunnen beoordelen.



Energieleverancier/aggregator & Technologie- & HEMS-fabrikant:

- Resultaat D3-6 “Gedragstudie naar participatie consument in flexdiensten” geeft de energieleverancier & technologieleverancier een beeld van de bereidheid van gebruikers om flex aan te bieden. Uit de studie blijkt dat de gebruikers veelal bereid zijn om flex aan te bieden, mits onder de juiste voorwaarden. Hierdoor weet de energieleverancier dat flextoepassingen bij consumenten potentieel goed haalbaar zijn en dat productontwikkeling dus zinvol is.
- Resultaat D1A-1 “Praktijkervaringen bij het ontwikkelen van een flexdienst voor warmtepompen bij consumenten” geeft de energieleverancier een goed beeld van de praktische haalbaarheid voor opschaling. Hier is geleerd dat kosten momenteel nog hoog zijn door beperkte interoperabiliteit. En ook dat de hoeveelheid flex uit warmtepompen vooralsnog beperkt is.
- Resultaat D2-2 “Protocollen en architecturen voor grootschalige flexontsluiting middels HEMS” en resultaat D2-6 “Adoptiestrategie” hebben ons vanuit de praktijkervaringen geleerd dat flexontsluiting kostbaar is en nog veel handwerk vereist. Het resultaat “Protocollen en architecturen voor grootschalige flexontsluiting middels HEMS” geeft energieleveranciers inzicht in de technische stappen die nodig zijn richting interoperabiliteit voor grootschalige flexontsluiting. Daarnaast geeft het HEMS- en technologie-fabrikanten de inzichten die nodig zijn om de juiste technische keuzes te maken omtrent flexontsluiting.



4. Conclusies, knelpunten en vervolg

Het GO-e project startte in 2021 om de zin, de onzin en proportionaliteit van flexibiliteit in de gebouwde omgeving inzichtelijk te maken. De wereld is ondertussen veranderd, zeker als het gaat om netcongestie. Waar flexibiliteit aanvankelijk werd gezien als (tijdelijk) alternatief voor netverzwaring, leven we inmiddels in een wereld waarin flexibiliteit in veel gevallen de enige optie is om op korte termijn problemen te voorkomen en waarin ook het beeld is ontstaan dat flexibiliteit een rol speelt als structurele oplossing om de verzwaringslast (en geassocieerde kosten) behapbaar te krijgen en te houden.

GO-e bevestigt dat er geen 'silver bullet' is. Het ontsluiten van flexibiliteit voor het energiesysteem vraagt om oplossingen met een doordachte balans tussen de belangen en wensen van verschillende partijen: consumenten, netbeheerders en energieleveranciers/aggregators. Het project heeft laten zien dat congestieproblemen in laagspanningsnetten er al snel aankomen. Het goede nieuws is, dat GO-e ook laat zien dat flexibiliteit in veel gevallen een potentiële oplossing biedt. De term 'potentieel' is hierbij belangrijk. Om het potentieel te kunnen aanboren, moet namelijk nog het nodige gebeuren. Het is nodig om te komen tot nieuwe diensten, nieuwe nettarieven, congestiemanagement mechanismes voor laagspanning, standaarden voor slimme apparaten en HEMS-en, en consumenten moeten worden bewust gemaakt en gestimuleerd om flexibel met hun elektriciteitsbehoefte om te gaan. Hiervoor zijn er dus opties, ook al is het niet zo dat er één duidelijke of eenvoudige oplossing is die alle uitdagingen volledig adresseert zonder dat er ook nadelen ontstaan. Eén perfecte oplossing voor alle uitdagingen is een illusie. Daarnaast streven zou een verspilling zijn van kostbare tijd, want congestieproblematiek in de gebouwde omgeving wacht niet. Het is de hoogste tijd om nu keuzes te maken, bijvoorbeeld ten aanzien van een nieuw model voor nettarieven, en om aan de slag te gaan met flex-oplossingen. Er is (pro)activiteit nodig bij verschillende partijen om een belangrijke stap te kunnen zetten en een houdbare, eerlijke energievoorziening voor de toekomst te kunnen garanderen.





Om op grote schaal tot een flexibel elektriciteitssysteem te komen is het cruciaal om de grote hoeveelheid ‘aangesloten’, veelal consumenten, mee te krijgen. Er moeten diensten, producten en technologieën op de markt komen die aansluiten bij de belevingswereld en waarden van deze brede groep consumenten (8,4 miljoen verschillende huishoudens). Het GO-e project heeft ons geleerd dat de consument in de basis bereid is om te participeren in flexdiensten. Om die bereidheid op grote schaal te activeren moeten er echter producten komen die aantrekkelijk zijn en die voldoen aan de wensen van de consument: ze moeten transparant zijn, autonomie waarborgen, financiële voordelen bieden, etc. Daarom zien we vanuit het project dat er een aantal belangrijke next steps noodzakelijk zijn, er moet meer kennis worden opgedaan in participatie en gedrag van de consument omtrent slimme energiediensten. Er moet goed begrepen worden hoe en waarom consumenten keuzes maken om te participeren. Hiervoor is meer veldonderzoek nodig bij en met consumenten.

Ook bevestigt het werk in GO-e het beeld dat goedkope en toekomst-vaste manieren om flexibiliteit technisch te ontsluiten op apparaten door middel van open protocollen en HEMS technologie noodzakelijk is om de business case en technische haalbaarheid mogelijk te maken van commerciële residentiële flexdiensten. Tijdens de looptijd heeft het project deze inzichten kunnen delen met de werkgroep Landelijk Actieprogramma Netcongestie Laagspanning en het consortium is blij om te zien dat het ministerie van EZK/KGG het ‘verslimmen’ van apparaten als maatregel heeft opgenomen in de actieagenda.

Rondom het rekenen aan flexibiliteit in distributienetten is opgevallen dat de huidige methodieken waarmee netbeheerders aan laagspanningsnetten rekenen (statistisch) niet goed aansluiten bij de dynamiek en complexiteit die het goed in beeld krijgen van beschikbare flexibiliteit met zich meebrengt. In het project zijn grote stappen gezet om rekenmodellen te ontwikkelen om flexibiliteit te bepalen in allerlei congestiesituaties en om dit voor netrekenen geschikt te maken, zodat realistische beelden ontstaan van de mate waarin flexibiliteit congestie kan voorkomen. Met deze modellen zijn succesvol eerste validaties en analyses gedaan. Om deze ‘tooling’ breed en laagdrempelig beschikbaar te maken voor netrekenaars zijn vervolgstappen noodzakelijk. Denk hierbij aan het verkorten van de rekentijden, het aanscherpen en valideren van de kansbelastingprofielen, het werken in een ‘hybride’ berekeningsmethode waar zowel statistisch/kansberekening als met daadwerkelijke metingen wordt gerekend, en het gemakkelijker koppelen van de verschillende databronnen en rekenmodules.

Naast de genoemde keuzes en acties voor de korte termijn, leerde GO-e dat het feitelijk ook ontbreekt aan een helder lange termijn beeld van het energiesysteem in de gebouwde omgeving. Er is geen duidelijke stip op de horizon van hoe het gewenste systeem eruit ziet, wat de rol van flexibiliteit is en op welke manier de samenwerkende infrastructuren (elektriciteit, moleculen, warmte), en opslagsystemen daar deel van uitmaken. Door het ontbreken van een gedragen eindbeeld van het toekomstig energiesysteem, is er momenteel geen goede toetssteen om essentiële keuzes voor nu en de komende jaren op te baseren. Hiermee ontstaat het risico dat we niet gericht en niet in gezamenlijkheid naar een gewenst energiesysteem in de gebouwde omgeving bewegen. Zo’n gedeeld eindbeeld als toetssteen is dus belangrijk om te voorkomen dat partijen solitaire keuzes maken die eenvoudig kunnen uitmonden in een niet-integrale, inefficiënte en dure situatie.



Het goede nieuws is, dat gedeelde toekomstbeelden zo langzamerhand wel aan het ontstaan zijn. Binnen Netbeheer Nederland is intussen een beeld geschetst van een toekomstig elektriciteitssysteem waarin ‘verslimming’ en de inzet van flexibiliteit een duidelijke rol moeten krijgen. Het is belangrijk om dit toekomstbeeld verder uit te werken en te concretiseren, zodat specifieke keuzes hieraan kunnen worden afgemeten. Zo’n verdere uitwerking zou daarnaast de rol van andere energiedragers moeten verduidelijken en moeten zorgen voor een bruikbare specificering voor laagspanningsnetten in de gebouwde omgeving.

Uiteindelijk leidt deze overkoepelende conclusie van het GO-e project dan ook tot de oproep aan beleidsmakers om te komen tot een toegespitst plan voor ‘het energiesysteem van de gebouwde omgeving’, vergelijkbaar met het Nationaal Plan Energiesysteem (NPE). Dit plan zou moeten dienen als richtinggevend voor beleid en inrichtingskeuzes en moet faciliteren dat partijen als netbeheerders, energieleveranciers, aggregators, warmtepompfabrikanten, laadpalenfabrikanten, HEMS-fabrikanten en alle andere betrokken partijen gezamenlijk tot oplossingen komen, teneinde een breed gedragen en toekomstbestendig energiesysteem in de gebouwde omgeving te ontwikkelen.





5. Bijdrage MOOI-doelstellingen

Het GO-e project is uitgevoerd binnen de MOOI-regeling van 2020. Binnen deze regeling werden projecten uitgevraagd welke vielen binnen de onderwerpen beschreven in MMIP 2, MMIP 3, MMIP 4 en MMIP 5. GO-e heeft zich specifiek gericht op vraagstukken beschreven in MMIP 5: Elektrificatie voor het energiesysteem in de gebouwde omgeving. In het schema hiernaast is aangegeven aan welke innovatiethema's van MOOI-thema 'Gebouwde omgeving' GO-e heeft bijgedragen.

In GO-e zijn slimme energiediensten voor het gebruik van flexibiliteit integraal ontwikkeld (MMIP5 – 5.2.1) door de gehele keten van stakeholders in de elektriciteitsvoorziening van de gebouwde omgeving: consumenten, leveranciers van flexdiensten, apparaten en handelsplatform en regionale netbeheerders. Deze keten is ondersteund door adviesbureaus en technologieontwikkelaars en door onderzoeksorganisaties. Maatschappelijke innovatie is in verschillende werkpakketten aan de orde gekomen, waarbij GO-e de eindgebruiker via living labs actief betrokken heeft (MMIP5 – 5.2.3). Daarnaast is ook standaardisatie (MMIP5 – 5.1.2 en 5.1.3) van groot belang om tot schaalbare oplossingen te komen. Het GO-e consortium heeft oplossingen ontwikkeld voor het systeemontwerp, waaronder belangrijke bijdragen aan het zogenaamde S2 protocol.

Met de netbeheerders is een afwegingskader ontwikkeld om te bepalen onder welke omstandigheden flexibiliteit de beste oplossing vormt voor congestiemanagement (MMIP5 – 5.3.1 en 5.3.3) en is er een inventarisatie gedaan van welke afroepmechanismen daarbij het best gebruikt kunnen worden (MMIP5 – 5.3.1 en 5.4.1). Ook is een suite van samenwerkende rekenmodellen doorontwikkeld (MMIP5 – 5.3.2) om toekomstige elektrificatiescenario's gedetailleerd door te kunnen rekenen. Hiermee is de langere termijn (2030) impact van elektrificatie op het elektriciteitsnet inzichtelijk geworden, en is de toekomstige flexibiliteitsbehoefte in kaart gebracht welke kan ondersteunen in het verbeteren van netplanning.

MOOI-thema Gebouwde omgeving

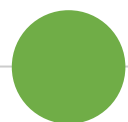
Hoofdinnovatiethema	Innovatiethema
Doorontwikkeling van aardgasvrije arrangementen en ondersteunende processen/diensten	Slim energiegebruik in/tussen gebouwen door haar gebruikers
Oplossingen voor een betrouwbare, betaalbare en eerlijke elektriciteitsvoorziening	Flexibiliteit van/voor het energiesysteem (in de gebouwde omgeving)
	Systeemontwerp voor het elektriciteitssysteem in de gebouwde omgeving
	Lokale flexibiliteit ten behoeve van het totale elektriciteitssysteem



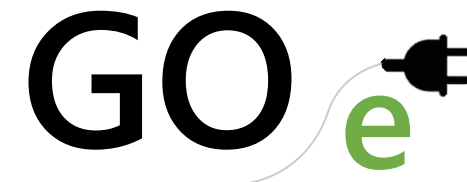
6. Overzicht GO-e publicaties

Onderstaande tabellen geven een overzicht van de activiteiten die gedurende het project zijn georganiseerd en uitgevoerd om de (tussentijdse) bevindingen van GO-e te verspreiden. Ten tijde van het opstellen van dit eindrapport is op initiatief van de MOOI organisatie meegewerkt aan het maken van een video over GO-e. Deze is inmiddels ook hier beschikbaar op de [GO-e website](#).

Titel	Datum	Uitgever/Congres
FLEXCON 2022 Webinar: Rethink Energy for industrial scale. Wilbert Prinsen (Technolution)	21/03/2022	FLEXCON2022 webinar series
Dutch Power Event 'Een toekomstbestendig elektriciteitssysteem voor wijken en bedrijfsterreinen - 'Go-E – Flexdiensten als oplossing voor netcongestie' John Hodemaekers – Stedin Netbeheer	18/01/2022	Stichting Dutch Power
Werkconferentie Topsector Energie: Schaa sprong voor de Energietransitie; Sessie: 01 Lancering Digitaliseringsagenda: de digitaliseringsspeerpunten voor de energiesector	17/02/2022	TKI Urban Energy
Energy flexibility for efficient use of infrastructure in the urban environment - Research and Development of Flexibility Services in Urban Energy Systems Michel Emde (TNO) & Marcel Eijgelaar (DNV)	18/02/2022	Scientific Conference 'Reinventing the city', AMS Institute
Technical Drivers and Barriers Related to Energy Flexibility for Consumers and Industry	28/06/2022	Flexcon 2022
Pushing Smart Appliance Flexibility Forward: Why we need standards and regulation Laura Schade (BEIS), Mente Konsman (TNO), Wilco Wijbrandi (TNO)	28/06/2022	Flexcon 2022
How to make energy flexibility in the built environment work applying the S2(EN50491-12-2) standard in practice Wilco Wijbrandi & Mente Konsman (TNO)	28/06/2022	Flexcon 2022



vervolg GO-e publicaties



Titel	Datum	Uitgever/Congres
A Co-simulation Framework Design to Assess the Effectiveness of Flexibility Activation Mechanisms on Congestion in Dutch Distribution Networks Gijs Verhoeven, Bart van der Holst (TU/e)	04/04/2022	1st International workshop on 'Open Source Modelling and Simulation of Energy Systems', RWTH Aachen
Technologie voor flexibel elektriciteitsgebruik in de praktijk	06/2022	Technolution
Outlook Logistiek & Bedrijventerreinen	03/06/2022	ElaadNL
Smart Energy Solutions event, Keynote presentatie "Slimme flexibiliteitsdiensten, een oplossing voor netverzwaring?" Jop Spoelstra, Bob Ran	11/10/2022	Dutch Power en TKI Urban Energy
Modeling a Domestic All-Electric Air-Water Heat-Pump System for Discrete-Time Simulations Gijs Verhoeven, Bart van der Holst (TU/e)	30/09/2022	57th International Universities Power Engineering Conference (UPEC)
A Quantification Method for the Potential Downward Flexibility of Full-Electric Heat Pumps during Congestion Events - Gijs Verhoeven, Bart van der Holst (TU/e)	25/06/2023	IEEE Belgrade PowerTech,
A Dynamic Bandwidth Tariff Assessment in a Dutch Distribution Network Using a Novel Scalable Distributed Simulation Framework Gijs Verhoeven, Bart van der Holst (TU/e)	12/06/2023	CIREN 2023 International Conference & Exhibition on Electricity Distribution, submitted.
Consumer Perspectives: Unveiling GOe - the Potential of Flexibility Bob Ran, Joke Kort (TNO)	21/09/2023	Flexcon 2023
Home and Building Energy Management done right Mente Konsman (TNO), Wilfred Hoogerbrugge (Technolution), Arjan Wargers (ElaadNL)	21/09/2023	Flexcon 2023
Europese norm S2 Mente Konsman (TNO)	08/06/2021	Webinar: FAN & TKI: Build together! Commerciële kansen voor Smart Energy



Vervolg GO-e publicaties

Titel	Datum	Uitgever/Congres
Acceptatie van Smart Energy – het belang van begrijpelijke diensten, ontzorging & automatisering Jurgen Duivenvoorden (Greenchoice)	20/04/2021	Webinar: FAN & TKI: Acceptatie van Smart Energy – het belang van begrijpelijke diensten, ontzorging & automatisering
De visie van een warmtepompfabrikant op flexibiliteit: lessen uit het GO-e project Pieter Lagerwerf (Itho Daalderop)	13/05/2024	Webinar: FAN & TKI: Flexibiliteit in woningen: Klaar voor opschaling
Congres GO-e: flex in de gebouwde omgeving	30/10/2023	Congres GO-e
GO-e Eindevent: Alle resultaten op een rijtje	26/03/2024	Congres GO-e
Workshop 3: Slimme oplossingen voor het lokale energiesysteem Gijs Verhoeven (TU/e)	31/10/2023	Dutch Power: Smart Energy Days
A co-simulation framework for the quantification of flexibility of local assets in urban energy systems Jules Zweekhorst, Arjen van der Meer, Peter Palensky, Pavol Bauer (TU Delft)	16/02/2022	Presentatie, Reinventing the City – Sustainable Urban Transformation, Amsterdam
Exploring Flexibility Markets for Congestion Management: A Review of Currently Operational Markets Caroline Farias, Arjen van der Meer, Peter Palensky, Zofia Lukso (TU Delft)	16/02/2022	Presentatie, Reinventing the City – Sustainable Urban Transformation, Amsterdam
Resource adequacy and congestion management: only different in name? Simon Tindemans (TU Delft)	20/07/2023	Presentatie, IEEE Resource Adequacy Working Group annual meeting, Orlando, FL
Opladen of terugleveren? Samenwerken aan het balanceren van het elektriciteitsnet	17/08/2023	Artikel www.greenchoice.nl/nieuws/

 Vervolg GO-e publicaties

Titel	Datum	Uitgever/Congres
Residential Demand-Side Flexibility Provision Under a Multi-Level Segmented Tariff Na Li, Kenneth Bruninx, Simon Tindemans (TU Delft)	23/10/2023	Paper en presentatie, IEEE ISGT Europe 2023, Grenoble
Mean Field Game for Strategic Bidding of Energy Consumers in Congested Distribution Networks Amirreza Silani, Simon Tindemans (TU Delft)	13/12/2023	Paper en presentatie, IEEE CDC 2023, Singapore
Aggregate Peak EV Charging Demand: The Impact of Segmented Network Tariffs Na Li, Nanda Panda, Simon Tindemans (TU Delft)	19/06/2024	Paper en presentatie, ITEC 2024, Rosemont (IL)
Stochastic Mean Field Game for Strategic Bidding of Consumers in Congested Distribution Networks Amirreza Silani, Simon Tindemans (TU Delft)	2024	<i>[onder review]</i> journal paper, IEEE Transactions on Energy Markets, Policy and Regulation
Mean-Field Stackelberg Game for Mitigating the Strategic Bidding of Energy Consumers in Congested Distribution Networks (Amirreza Silani, Simon Tindemans, TU Delft)	2024	<i>[onder review]</i> paper and presentatie, IEEE CDC 2024, Milan
Evaluating the Impact of New Technology Deployment on Future Congestion of LV Distribution Grids Na Li, Anton Ishchenko, Kenneth Bruninx, Simon Tindemans (TU Delft & Phase to Phase)	25/08/2024	Paper en presentatie, CIGRE Session 2024, Paris



7. Colofon

Beschikbaarheid rapport

Dit rapport is openbaar beschikbaar en te downloaden via de projectwebsite:

www.projectgo-e.nl

N.B. Na verloop van één jaar zal deze projectsite verhuizen en beschikbaar blijven op:

<https://project-go-e.github.io/>

Contactpersoon

Voor meer informatie over het GO-e project kunt u contact opnemen met:

Pim Piek, projectleider GO-e:

pim.piek@tno.nl

of

essec@tno.nl

Totstandkoming Project

Dit project is uitgevoerd met Topsector Energie Subsidie van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, uitgevoerd door Rijksdienst voor ondernemend Nederland. De specifieke subsidie voor dit project betreft MOOI-subsidieronde 2020.





Bijlage 1: GO-e deliverables

Deze bijlage is opgesteld om een goed overzicht te bieden van alle tastbare projectresultaten die het GO-e project heeft opgeleverd. Daarom spreken we van ‘deliverables’. Enkele uitzonderingen daargelaten zijn alle deliverables publiek beschikbaar. De links in dit document koppelen naar de (openbare) vindplek van de rapporten, verslagen of databestanden. Veelal zijn dit links naar de [GO-e website](#), die op zich als een belangrijke extra deliverable van het GO-e project kan worden beschouwd.

D1A-1: Technische realisatie aansturing warmtepomp

Bij de ontwikkeling van een flexibilitiedienst speelde de haalbaarheid met betrekking tot de technische realisatie uiteraard een belangrijke rol. Binnen het WP1A van het GO-e project hebben de betreffende partners een tiental woningen in Ecowijk Mandora, Houten, voorzien van een HEMS controller. Er zijn twee woningen als referentiewoning gebruikt. In deze twee woningen zijn kWh meters geplaatst om het elektrisch vermogen te kunnen meten van de warmtepomp en het opgewekte vermogen van de zonnepanelen. In de overige woningen wordt de opgewekte zonnestroom berekend en halen we het vermogen van de warmtepomp uit de warmtepomp. De Itho/Daalderop warmtepomp is standaard voorzien van een servicepoort welke wordt gebruikt voor onderhoud en het wijzigen van instellingen. De interface van deze servicepoort is proprietary.

Tijdens het GO-e project is de I2C convertor doorontwikkeld. Deze convertor vertaalt het proprietary Itho/Daalderop protocol naar het Modbus RS485 RTU protocol.

Link naar het eindverslag van de technische realisatie: [GO-e - 20240507 D1A-1 Eindrapport Go-e WP1a.pdf - All Documents \(sharepoint.com\)](#)

De handleiding met de beschikbare modbus registers voor het uitlezen en besturen van de warmtepomp en boiler zijn beschreven in:

Link: [I²C Modbus Module \(compano.com\)](#)

Middels Interview Kars:

<https://www.greenchoice.nl/nieuws/artikelen/flexibilisering-van-het-elektriciteitsnet/>



Vervolg bijlage 1

D1A-2: Business model

Middels een Home Energy Management Systeem (HEMS) kan flex vermogen achter de meter ontsloten worden. In dit onderzoek hebben we gekeken hoeveel flex capaciteit een grondgebonden Itho/Daalderop warmtepomp kan bieden en op welke energiemarkt dit flexvermogen kan worden gemonetariseerd.

Link: [20240503-D1A-2-Business-Model-flex-vermogen-warmtepomp-sturing.pdf \(projectgo-e.nl\)](https://projectgo-e.nl/20240503-D1A-2-Business-Model-flex-vermogen-warmtepomp-sturing.pdf)

D1B-1: Outlook met verwachte impact elektrische vrachtwagens op het net

Al in het eerste jaar van GO-e is binnen werkpakket 1B vormgegeven aan een verkenning van de te verwachten impact van het groeiende aantal batterij-elektrische bestelauto's en trucks en de daarbij behorende laadinfrastructuur op het net. Het grootste deel van de vermogensvraag (het benodigd nominale vermogen om voertuigen binnen een bepaalde tijdsduur per dag van stroom te voorzien) van elektrische trucks en bestelauto's zal plaatsvinden op de standplaats, de locatie waar het voertuig de meeste dagen van de week staat. 90% van de trucks en 57% van de bestelauto's hebben een van de ongeveer 3.700 bedrijventerreinen in Nederland als standplaats. De outlook is daarom gericht op de opgave die ontstaat op bedrijventerreinen. Via een aantal scenario's is de te verwachten impact in kaart gebracht en het onderzoek als zodanig heeft het belang van een goed ingerichte Smart Charging Infrastructuur voor 'heavy duty' nader onderstreept.

Link: [GO-e - Outlook Bedrijventerreinen in Beweging.pdf - All Documents \(sharepoint.com\)](https://sharepoint.com/GO-e-Outlook-Bedrijventerreinen-in-Beweging.pdf)



Vervolg bijlage 1

D1B-2: Eindverslag met verwijzingen en bijlagen

Niet publiek beschikbaar, betreft project intern verslag.

Dit Eindverslag is een beschrijving van de uitgevoerde activiteiten en bijbehorende uitkomsten binnen de context van de opgave binnen dit Werkpakket, namelijk de ontwikkeling van flexibiliteitsdiensten voor elektrische bedrijfswagens.

De vooraf gestelde doelstelling is grotendeels behaald. Waar dit niet is gebeurd, is dat deels vanwege groter dan oorspronkelijk gedachte complexiteit en deels vanwege een zich anders dan oorspronkelijk gedachte ontwikkeling in de (congestie-) markt.

Er zijn meerdere conclusies en 'Lessons Learnt' te trekken vanuit de uitgevoerde werkzaamheden, met wellicht de belangrijkste dat flexibiliteit wel degelijk waarde toevoegt en ertoe kan bijdragen dat de Total Cost of Ownership van laadinfrastructuur significant kan worden verlaagd. Deze uitkomsten zijn in overige projectwerkzaamheden benut en meegenomen in overige deliverables van werkpakket 1B.

D1B-3: Website flex-calculator (functioneel ontwerp)

Het doel van de online flex calculator is om – op basis van een klein aantal input parameters – een realistische indicatie te geven van de waarde van flexibiliteit, aanwezig bij het laden van voertuigen. Aanpak was om, gebruikmakend van een versimpelde versie van het (in WP2 ontwikkelde) Operationeel Model, tot een inkijk te komen omtrent de aanwezige waarde. Versimpeling was noodzakelijk om online een snelle indicatie te kunnen geven van de waarde. Als compromis tussen realiteit en snelheid van online berekening is een representatieve database opgebouwd van de waarde van flex voor een groot aantal scenario's. De waardeberekeningen zijn gedaan op basis van historische prijzen uit 2022 en 2023. De scenario's variëren een aantal input parameters en putten dan uit de opgebouwde database om tot een indicatie van de waarde te komen.

De online calculator zal daadwerkelijke consultatie niet vervangen. Waar de calculator een impressie kan geven omtrent de waarde van flexibiliteit en de afhankelijkheid van bepaalde parameters, is voor een daadwerkelijke robuuste berekening (bijvoorbeeld ten behoeve van investeringen in flex) een nauwkeurige evaluatie benodigd die de specifieke omstandigheden in groter detail analyseren.

Alhoewel beoogd was om een volledig werkende versie van de flexcalculator online te hebben, is dit door tijds- en complexiteitsredenen helaas niet gelukt voor het einde van het GO-e project. De ambitie blijft evenwel om zo spoedig mogelijk in 2024 wel deze volledige versie online te realiseren als spin-off van GO-e. Het functioneel design en een 'mock-up' van de flexcalculator zijn wel gerealiseerd en opgesteld.



Vervolg bijlage 1

D1B-4: Test rapport GO-e ‘Proces slim laden elektrische trucks en DC laadstations’

In GO-e werkpakket 1B is met behulp van het Elaad Testlab onderzocht in hoeverre de ‘heavy duty load infrastructuur (de laadinfrastructuur voor vrachtwagens) klaar is voor grootschalige toepassing van ‘smart charging’ technologie. Dit onderzoek is uitgevoerd door trucks en laadstations te testen op correcte omgang met OCPP Smartcharge profielen en hun invloed op power quality bij verschillende vermogens. Het goed functioneren van smart charging en een goede power quality zijn van belang om de smart charge dienst zoals die is ontworpen in werkpakket 1b.3 succesvol uit te kunnen voeren. Uit de uitgevoerde testen zijn belangrijke bevindingen naar voren gekomen met betrekking tot de prestaties van de laadstations en deze zijn vervolgens vertaald naar aanbevelingen voor een betrouwbare laadinfrastructuur die goed met het elektriciteitsnet is geïntegreerd.

Link: [Meten en analyseren van het slim laden proces van elektrische trucks en DC laadstations – Testrapport GO-e](#)

D2-1: PPT verantwoording activiteiten desk research

De energietransitie veroorzaakt balancerings- en congestieproblemen op het elektriciteitsnet. Door energieverbruik en lokale opwek flexibeler te maken kunnen deze problemen (gedeeltelijk) worden opgelost. Voor kleinverbruikers kan een Home Energy Management System (HEMS) het verbruik en de opwek binnen een gebouw coördineren en hierbij rekening houden met het elektriciteitsnet. In deze desk research is gekeken naar bestaande oplossingen voor het ontsluiten of optimaliseren van flexibiliteit van HEMS-systemen. Deze informatie is in WP2 gebruikt om:

- ervoor te zorgen dat de IT-architectuur straks zo goed mogelijk aansluit bij bestaande initiatieven (het doel is immers een open infrastructuur);
- te voorkomen dat het wiel opnieuw wordt uitgevonden;
- een beeld te krijgen van de verscheidenheid aan systemen, architecturen en doelstellingen die WP2 open infrastructuur moet kunnen ondersteunen.

Link: https://www.projectgo-e.nl/wp-content/uploads/2024/04/GO-e_WP2_deliverable_2.1.1.pdf



Vervolg bijlage 1

D2-2: PPT rapportage Architectuur

Met de groeiende integratie van elektrische apparaten en installaties achter de meter, gekoppeld aan toenemende vermogens, ontstaat een uitdaging voor de gebouwde omgeving. De voortdurende elektrificatie voorspelt een verdere toename van zowel aantallen als vermogens van deze apparaten. Dit brengt een grotere impact op midden- en laagspanningsnetten met zich mee, maar biedt ook kansen voor flexibiliteit en netbalancing om lokale netten te ontlasten. Echter, de verscheidenheid aan fabrikant-specifieke protocollen vormt een hindernis voor effectieve communicatie tussen deze apparaten en belemmert het benutten van hun potentieel. Doel van dit document is het definiëren van een toekomstbestendige, open, internationale, en schaalbare architectuur voor het ontsluiten van flexibiliteit van diverse apparaten en installaties in en rondom het huis. Met een focus op het mogelijk maken van externe adviezen, prikkels en sturing op lokaal niveau, streeft dit werkdokument naar de ontwikkeling van een geaccepteerde infrastructuur en het creëren van een ecosysteem waarin diverse apparaten, lokale Home Energy Management Systems (HEMS), en dienstverleners kunnen samenwerken op een schaalbare manier. Deze deliverable beschrijft de architectuur en fungeert als referentiedocument om inzicht te verschaffen in de praktische implementatie van de S2-standaard als onderdeel van een HEMS-platform. Belangrijk hierbij is dat de focus ligt op het faciliteren van functionaliteit binnen het platform, eerder dan het voorschrijven van specifieke functionaliteiten zelf. Doel is uiteindelijk het creëren van een open ecosysteem waar verschillende leveranciers van kunnen profiteren. Hierdoor wordt samenwerking tussen diverse leveranciers binnen één ecosysteem mogelijk, waarbij technologische uitdagingen en organisatorische vraagstukken worden aangepakt, inclusief de integratie van standaarden zoals S2.

Link: https://www.projectgo-e.nl/wp-content/uploads/2024/04/GOe_WP2_deliverable_2.1.2_2.1.3_Architecture_v1.1.0.pdf



Vervolg bijlage 1

D2-3: S2-gerelateerd werk

S2 is de afkorting voor de EN 50491-12-2 norm voor energiebeheer in gebouwen. Het is een protocol voor het energiebeheer van energie-intensieve apparaten in de gebouwde omgeving, zoals fotonvoltaïsche (PV) systemen, opladers voor elektrische voertuigen (EV), batterijen, (hybride) warmtepompen en witgoed. Het is specifiek ontworpen om gebruik te maken van energieflexibiliteit. Het is zo gebouwd dat het kan werken met elk flexibel apparaat van elke fabrikant, en dat het zou werken voor elke energiemangement use case. Het is niet bedoeld om bestaande protocollen voor energiebeheer te vervangen, maar om een universele taal te bieden voor energieflexibiliteit in de gebouwde omgeving. Het GO-e project heeft de volgende S2-gerelateerde technische deliverables gemaakt, die publiek beschikbaar zijn als GitHub projecten:

D2-3.1: JSON implementatie van S2

Link: <https://github.com/flexiblepower/s2-ws-json>

De S2 standaard (EN 50491-12-2) beschrijft welke informatie moet worden uitgewisseld tussen apparaten en energiemanagementsystemen, maar niet hoe die informatie uitgewisseld kan worden. Op deze manier kunnen verschillende communicatietechnologieën voor verschillende situaties worden gekozen, die onderling wel compatible zijn. Het s2-ws-json project beschrijft hoe S2 moet worden gebruikt als men werkt met WebSockets en JSON, twee populaire technologieën voor communicatie via internet of via een thuisnetwerk. Er wordt exact beschreven hoe apparaten met elkaar worden verbonden, hoe data wordt verstuurd en hoe die data-uitwisseling wordt beveiligd.

D2-3.2: S2 Python implementatie

Link: <https://github.com/flexiblepower/s2-python>

Iedereen kan op basis van s2-ws-json een S2 implementatie maken voor zijn eigen technologie. Echter, programmeurs die gebruik maken van de populaire Python programmeertaal kunnen het s2-python project gebruiken als basis van hun implementatie. S2-python zorgt ervoor dat de S2 verbinding wordt opgezet, controleert berichten automatisch op eventuele fouten en biedt de informatie op een Python-vriendelijke manier aan voor de programmeur.

D2-3.3: S2 Tester

Link: <https://github.com/flexiblepower/s2-analyzer>

De s2-analyzer is een softwareoplossing voor het testen van communicatie tussen apparaten en energiemanagementsystemen die s2-ws-json implementeren. De software inspecteert de communicatie, controleert alle berichten op correctheid en veelgemaakte fouten, en maakt het berichtenverkeer inzichtelijk voor programmeurs. Op die manier kunnen eventuele problemen makkelijker worden gevonden en wordt het werken met s2-ws-json vergemakkelijkt.



Vervolg bijlage 1

D2-4: Implementatie HEMS in de praktijk

De in dit werkpakket ontwikkelde HEMS-architectuur, inclusief het S2-protocol, zijn toegepast in de praktijk door een Vincent warmtepomp van Itho Daalderop te integreren in het HEMS van ElaadNL. Hiervoor is door ElaadNL en Itho Daalderop eerst een tussentijdse ketentest uitgevoerd waarin verschillende uitdagingen voor de ketenintegratie naar voren kwamen. Aan de hand van deze uitdagingen is een plan opgesteld om de warmtepomp (en S2) te integreren in het HEMS van ElaadNL. De integratie is daarna succesvol voltooid. Hiervoor is onder andere gebruik gemaakt van het S2-gerelateerde werk uit D2-3. Deze deliverable beschrijft de opzet, uitdagingen en resultaten van de tussentijdse ketenintegratietest en integratie van de warmtepomp in de HEMS van ElaadNL.

Link: https://www.projectgo-e.nl/wp-content/uploads/2024/04/GOe_WP2_deliverable_2.1.4_2.1.6_Implementatie_HEMS.pdf

D2-5: Verslag businessmodellen ontsluiten energie flexibiliteit gebouwde omgeving

In werkpakket 2 is gekeken naar het grootschalig ontsluiten van energie flexibiliteit in de gebouwde omgeving. De grootste uitdaging hier is interoperabiliteit: er zijn zo veel fabrikanten actief in de gebouwde omgeving, met zo veel producten die potentieel energie flexibiliteit kunnen leveren, dat het erg arbeidsintensief wordt om een HEMS te ontwikkelen die met al deze apparaten kan communiceren. In dit werkpakket is daarom hard gewerkt aan een technische architectuur die interoperabiliteit moet realiseren. Echter, iedere technische oplossing vereist dat deze wordt geadopteerd door marktpartijen. Marktpartijen, en met name de fabrikanten van energie flexibele apparaten, zullen moeten investeren in de implementatie van de architectuur, wat ze alleen zullen doen als ze er een belang bij hebben. Om beter inzicht te krijgen in wat de commerciële belangen zijn van marktpartijen als het gaat om het ontsluiten van energie flexibiliteit zijn meerdere partijen geïnterviewd. Deze belangen zijn in beeld gebracht middels een Business Model Canvas. De inzichten zijn gebruikt als input voor het opstellen van een adoptiestrategie.

Link: https://www.projectgo-e.nl/wp-content/uploads/2024/04/Go-e_WP2_deliverable_2.2.1_2.2.2_2.2.3_2.2.4.pdf



Vervolg bijlage 1

D2-6: Adoptiestrategie

De in dit werkpakket ontwikkelde architectuur is alleen van toegevoegde waarde als deze ook door verschillende marktpartijen wordt geadopteerd. Adoptie bewerkstelligen is een activiteit van de lange adem, die het GO-e project overstijgt. Om toch richting hieraan te geven is door de partners van werkpakket 2 van GO-e een adoptiestrategie opgesteld. Deze adoptiestrategie is gevoed door kennis die in eerdere taken in werkpakket 2 is opgedaan, en getoetst met leden van de klankbordgroep van het werkpakket. De ontwikkelingen volgen elkaar echter snel op, en er komen geregeld nieuwe inzichten. Deze adoptiestrategie moet dus ook gezien worden als een momentopname en zal geregeld moeten worden aangepast op basis van nieuwe inzichten.

Link: https://www.projectgo-e.nl/wp-content/uploads/2024/04/GOe_WP2_deliverable_2.2.5_Adoptiestrategie.pdf

D3-1: Afwegingskader voor netbeheerders voor inzet flexibiliteit ter voorkoming van congestie

Inleiding

Door netbeheerders Stedin, Enexis en Liander is een afwegingskader voor flexibiliteit in de laagspanning opgesteld. De samenwerking tussen kennisinstellingen en netbeheerders heeft een pragmatisch afwegingskader opgeleverd waar gedegen flexberekeningen en analysemethoden aan ten grondslag liggen. Verschillende dynamieken en werkwijzen zijn zo bij elkaar gekomen.

Het doel van het Afwegingskader LS-Flexibiliteit is om per buurt inzicht te verschaffen of en in hoeverre flexibiliteit van potentieel flexibele apparaten kan bijdragen aan het oplossen van knelpunten in het lokale LS-net en/of aan knelpunten in hoger gelegen netdelen. Binnen GO-e wordt voor analyses gefocust op buurten. Het afwegingskader kan ook toegepast worden op andere indelingen zoals netdelen, postcode-4 gebieden of wijken.

Hiermee is dit afwegingskader een aanvulling op het reeds bestaande [Afwegingskader 'Verzwaren, Tenzij'](#) zoals dat binnen de netbeheerders in gebruik is voor de beslissing of een knelpunt op hogere spanningsniveaus met flexibiliteit kan worden opgelost of dat een netinvestering nodig is. Het afwegingskader voor LS-flexibiliteit is [hier](#) te vinden.

- Deze rapportage beschrijft de opbouw en de werking van het afwegingskader en de benodigde invoerdata voor het doorlopen van het proces.
- Toegelicht wordt hoe het afwegingskader aansluit bij het projectplan en welke relatie het heeft naar andere resultaten van GO-e.



Vervolg bijlage 1

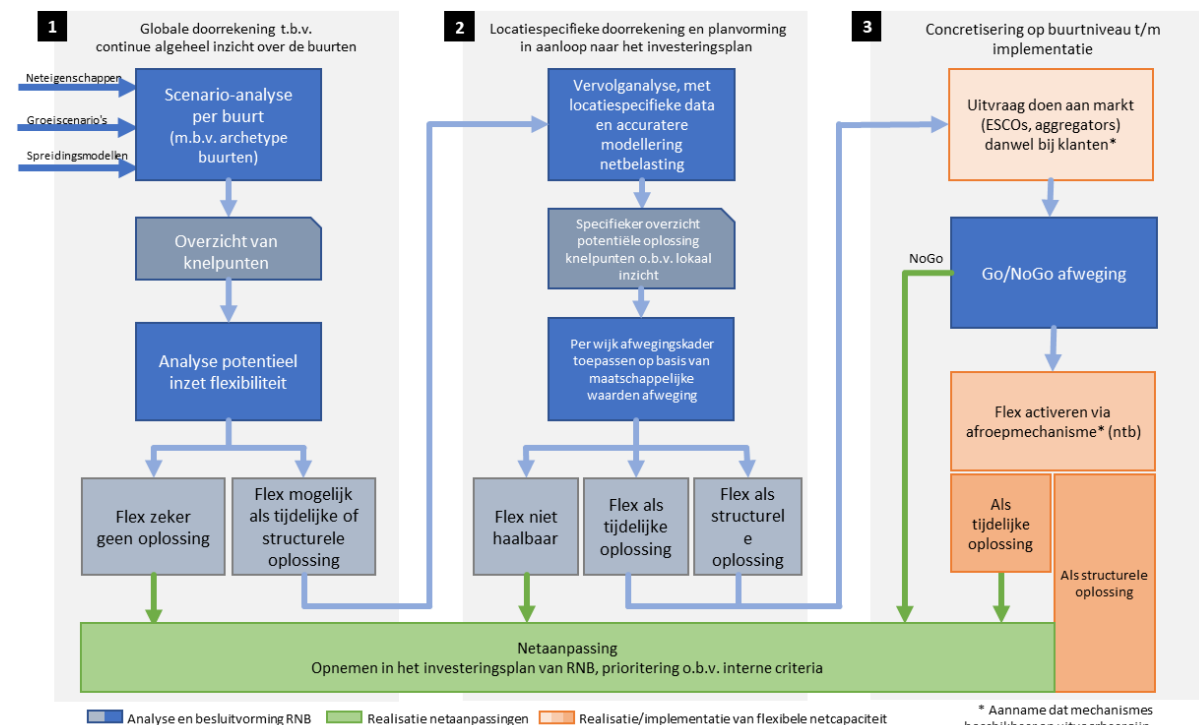
Flexibiliteit

Met flexibiliteit wordt bedoeld: De mogelijkheden van de op het elektriciteitsnet aangesloten producenten en verbruikers om hun levering- en/of afnamepatroon aan te passen in reactie op een extern signaal/prikkel. Daarmee leveren zij een dienst aan het energiesysteem. Bij LS-flexibiliteit gaat het om producenten en verbruikers aangesloten op een laagspanningsnet.

Algemene beschrijving

Het afwegingskader is in 3 stappen te beschrijven:

- 1. Globale afweging** o.b.v. algemene kentallen om vast te stellen waar en wanneer knelpunten gaan optreden en of er in dat geval voldoende technisch potentieel aan flexibiliteit beschikbaar is. Daaruit ontstaat een globaal overzicht van waar flexibiliteit als tijdelijke of structurele oplossing lijkt te kunnen worden ingezet. De gebieden zonder flexpotentieel gaan in principe direct het proces in om een passende netaanpassing te realiseren. Deze investering wordt opgenomen in het investeringsportfolio van de netbeheerder.
- 2. Locatiespecifieke berekening in investeringsproces** voor buurten waar flexibiliteit een potentiële oplossing biedt. Dit is een proces dat door heel bedrijfsspecifieke keuzes wordt gestuurd. Bij de afweging wordt gezocht naar de oplossing met de meest maatschappelijke waarde. Factoren die meespelen zijn kosten en realiseerbaarheid (tijd, ruimte, materiaal, bemensing).
- 3. Concrete in- en uitvoering van de flexibiliteitsoplossing** voor knelpunten waar flex als tijdelijke of structurele oplossing gekozen is. Aangezien in deze fase pas echt duidelijk wordt hoeveel en welke assets flexibiliteit kunnen gaan leveren, wordt na de uitvraag en activering van klanten een GO/NOGO moment ingebouwd.





Vervolg bijlage 1

Toepasbaarheid van het kader

Er ligt een resultaat dat als basis kan dienen voor een proces om af te wegen waar en wanneer flexibiliteit in te zetten als (tijdelijk) alternatief voor netverzwaring. Naarmate er ervaring wordt opgedaan, wordt meer bekend over 'hoe af te wegen' en 'haalbaarheid van flexibiliteit'. Dat leereffect gaat op den duur mee in de afwegingen.

Cruciaal voor het uiteindelijk in kunnen zetten van flexibiliteit in een buurt is het van de grond komen van flex-proposities. Hierin zullen vergoedingen en verplichtingen goed vastgelegd moeten worden. Netbeheerders kijken naar ESCO's c.q. aggregators en energieleveranciers om individuele consumenten hierin te ontlasten en tot een propositie (producten/diensten) richting klanten en netbeheerders te komen.

Datakwaliteit blijft een aandachtspunt, zeker wanneer afwegingen in de toekomst daarop gebaseerd moeten gaan worden.

Link: [Afwegingskader voor netbeheerders voor inzet flexibiliteit ter voorkoming van congestie – GO-e \(projectgo-e.nl\)](#)

D3-2: Archetypes en archetypering van buurten

Er zijn ongeveer 13.000 buurten in Nederland. Iedere buurt is anders – er komen verschillende soorten huizen voor en de bewoners hebben andere achtergronden en leefwijzen. Daarnaast zijn de elektriciteitsnetwerken in al deze buurten verschillend. Om onderzoek te doen naar belastingpatronen en potentieel aan energieflexibiliteit is onderzocht in hoeverre er karakteristieken zijn op basis waarvan buurten getypeerd en geclusterd kunnen worden. De idee daarbij is om aan de hand van een aantal bepalende factoren archetypes van buurten te kunnen definiëren die zich min of meer vergelijkbaar gedragen als het gaat om gedrag en netwerkbelasting. Daarbij is de keuze gemaakt om het 'bovengrondse' (huizen, mensen, gedrag, apparaten) los te zien van het 'ondergrondse' (de netwerkinfrastructuur). Aan de hand van 9 bepalende factoren ('features'), de verwachtingen van de netbeheerders voor de ingroei en spreiding van nieuwe apparaten in de verschillende buurten en data van CBS, BAG en ElaadNL is een data-analyse uitgevoerd die heeft geleid tot 8 archetypes (clusters) voor buurten. Voor iedere buurt in Nederland is vervolgens bepaald bij welk archetype de buurt het best past. Daarnaast is onderzocht welke buurten voor ieder type zich het 'meest archetypisch' gedraagt. Dit heeft geleid tot een set van voorbeeldbuurten (2 per verzorgingsgebied van de drie grote regionale netbeheerders) die als representatief kunnen worden beschouwd. Data over deze buurten, inclusief verwachte ingroei van apparatuur en informatie over de onderliggende infrastructuur is beschikbaar op de GO-e website. Daar is ook een rapport te vinden over de archetypes en een lijst met de archetypering van verschillende buurten.

Links: [Definition of archetypical neighborhoods for residential flexibility analyses \(projectgo-e.nl\)](#) en [GO-e Archetypes Datafile](#)



Vervolg bijlage 1

D3-3: Inventarisatie activeringsmechanismen

Activeringsmechanismen zijn mechanismen waarmee, als er congestie is of dreigt, beschikbare flexibiliteit kan worden geactiveerd ('afgeroepen') bij eindgebruikers. Dat wil zeggen dat er een signaal of prikkel moet zijn waardoor eindgebruikers (of hun regelapparatuur) weten dat er flexibiliteit nodig is en daarop, meer of minder vrijblijvend, flexibiliteit kunnen aanbieden of inzetten. Binnen GO-e is daarbij gekeken naar de Europese richtlijn (Clean Energy Package). Deze maakt onderscheid tussen 6 'regimes' met maatregelen die door netbeheerders achtereenvolgens gevolgd mogen/moeten worden om congestie te voorkomen: tariefstructuur, netuitbreiding, marktgebaseerde redispatch, weigering van toegang, niet-marktgebaseerde redispatch en splitsen van biedzone. Over de implicaties van de richtlijn op het ontsluiten van flexibiliteit voor congestiemanagement is binnen GO-e een beschouwend rapport geschreven. Behalve netuitbreiding en weigering van toegang maken deze maatregelen gebruik van de mogelijkheid bij aangeslotenen om belasting te verlagen. Binnen GO-e is geïnventariseerd welke activeringsmechanismen er mogelijk zijn, onderverdeeld in drie categorieën die losjes zijn gebaseerd op de drie maatregelen uit de Europese richtlijnen: tariefinstrumenten, marktmechanismen en directe stuurmechanismen. Bij deze inventarisatie is er niet naar gestreefd om alle mogelijke varianten van mechanismen uit te werken, maar wel om per categorie de belangrijkste mechanismen af te dekken, waarbij variaties bij ieder van de mechanismen mogelijk zijn. De inventarisatie heeft geleid tot in totaal 16 mechanismen die beknopt zijn uitgewerkt.

Links:

- [Rapport implicaties CEP: "Wettelijk toegestane middelen om fysieke congestie in laag- en middenspanningsnetten te voorkomen.pdf"](#)
- [Longlist activeringsmechanismen: "Longlist activeringsmechanismen flexibiliteit voor congestiemanagement v1.0"](#)

D3-4: Beoordelingscriteria afroepmechanismen

Uit de inventarisatie blijkt dat allerlei verschillende afroepmechanismen mogelijk zijn die op allerlei mogelijke manieren ingericht en geïmplementeerd kunnen worden. Vraag is: hoe kan worden bepaald of een inrichting van een mechanisme goed of wenselijk is. Om hier grip op te krijgen is een lijst met beoordelingscriteria opgesteld, onderverdeeld in categorieën afroepmechanisme (tariefinstrumenten, marktmechanismen en directe stuurmechanismen), die samen bepalen hoe wenselijk een mechanisme is:

- Zekerheid en effectiviteit: in hoeverre lukt het om potentiële flex met het mechanisme te activeren en hoe zeker is het dat dit lukt?
- Eindgebruikerservaring: wat zijn de gevolgen voor de gebruiker en hoe acceptabel is dit voor de eindgebruiker?
- Impact: Wat is er bij verschillende partijen nodig om het mechanisme operationeel te krijgen en te houden in termen van impact op processen, systemen en organisatie.
- Wet en regelgeving: In hoeverre past het mechanisme in de huidige wet- en regelgeving en/of onderliggende principes en hoeveel aanpassing van bestaande regelgeving zou er nodig zijn om het mechanisme mogelijk te maken?



Vervolg bijlage 1

De criteria zijn bedoeld om afroepmechanismen te beoordelen, maar de criteria kunnen ook goed gebruikt worden bij het ontwerpen van een afroepmechanisme aangezien duidelijk is waar een goed afroepmechanisme aan moet voldoen.

Link: [Lijst met criteria: "Criteria activeringsmechanismen flexibiliteit v1.0.xlsx"](#)

D3-5: Rekentools en rapport kwantificering van flexibiliteit

Om te bepalen in hoeverre flexibiliteit kan helpen om congestie te voorkomen moet bekend zijn hoeveel flexibiliteit er beschikbaar is. Om die reden zijn binnen GO-e een rekenmethode en tooling ontwikkeld om de hoeveelheid flexibiliteit die potentieel beschikbaar is bij allerlei apparaten te kwantificeren. Met potentieel beschikbare flexibiliteit wordt bedoeld: de maximale hoeveelheid flexibiliteit die een apparaat kan leveren binnen redelijke grenzen van impact op comfort van de eindgebruiker (bijvoorbeeld: de temperatuur in de woning mag tijdelijk binnen een klein beetje zakken, of het laden van de auto mag uitgesteld worden zolang de auto maar geladen is bij vertrek). Het kwantificeren van flexibiliteit is om meerdere redenen niet-triviaal:

- De hoeveelheid flexibiliteit die tijdens congestie kan worden ingezet per tijdstap hangt af van de duur van de congestie – de beschikbare flexibiliteit dient daarbij slim ‘verdeeld’ te worden over de periode van congestie.
- De hoeveelheid flexibiliteit hangt af van het moment van de dag/de week/het jaar van de congestie.
- De hoeveelheid flexibiliteit is sterk situationeel: bijvoorbeeld bij warmtepompen verschilt de flexibiliteit per type woning, bij verschillende weersomstandigheden.
- Niet altijd is historische data beschikbaar die kan worden gebruikt, denk bijvoorbeeld aan laadsessies over 10 jaar die echt anders kunnen zijn dan laadsessies van dit jaar.

De methodes en tooling die ontwikkeld zijn:

- Berekenen flexpotentieel van elektrische voertuigen (EV's) en warmtepompen (HP's).
- Het berekende flexpotentieel van een apparaat wordt uitgedrukt in een getal, de flexmetriek, die de fractie aangeeft van het vermogen dat flexibel afgeregeld kan worden.
- Met deze flexmetriek kan een kansverdeling van de belasting van een bepaald apparaat worden bepaald als deze flexibel wordt ingezet. De kansverdelingen voor verschillende apparaten zijn onder andere gebruikt in werkpakket 4.



Vervolg bijlage 1

- Voor EV's is een methode ontwikkeld om op basis van data van (veel) laadsessies flexmetrieken te bepalen. Deze is toegepast op laadsessie-data die gegenereerd is met een model van TU Eindhoven (Albatross, levert mobiliteitsgegevens) en een model van Zenmo (genereert op basis van deze mobiliteitsgegevens verwachte laadsessies). Dit heeft geresulteerd in een rekentool.
- Voor HP's is om flexmetrieken te bepalen een warmteverliesmodel ontwikkeld van verschillende soorten woningen met warmtepompen die zowel onder normale operatie als onder flexibele operatie kunnen werken. Ook dit heeft geresulteerd in een rekentool.
- Ten slotte is er een eenvoudige rekenmethode ontwikkeld met (gemiddelde) flexmetrieken waarmee een (eerste) inschatting gemaakt kan worden van in hoeverre flexibiliteit congestie kan voorkomen. Dit heeft eveneens geresulteerd in een handzame rekentool die op iedere werkplek gebruikt kan worden.

De verschillende rekenmethodes en uitleg over de modellering zijn vastgelegd in een werkdocument: Rekenen aan Flexibiliteit: Metrieken voor energieflexibiliteit. Dit is een extra project deliverable voor intern gebruik. De onderstaande tools zijn wel publiek beschikbaar.

Links:

- Rekentool voor flexibiliteit van EV's: [Private EV charging sessions \(projectgo-e.nl\)](https://projectgo-e.nl/private-ev-charging-sessions)
- Rekentool voor flexibiliteit van HP's: [GitHub - Project-GO-e/hp-flex-metric](https://github.com/Project-GO-e/hp-flex-metric)
- Eenvoudig rekentool voor congestie-flex-matching: <https://github.com/Project-GO-e/flex-metric-analysis>



Vervolg bijlage 1

D3-6: Rapport Gebruikersonderzoek

Rapport “De bereidheid van consumenten om flexibiliteit te leveren in het energiesysteem in de gebouwde omgeving”. Naast het technische potentieel aan flexibiliteit is ook de bereidheid van gebruikers om flexibel te zijn bepalend voor de mate waarin flexibiliteit congestie kan voorkomen. Hier is gebruikersonderzoek naar gedaan. De resultaten van dit onderzoek geven aan hoe bereid huishoudelijke consumenten zijn om flexibiliteit te leveren. Met andere woorden: volgens welke beloningen of waarden, middels welke assets (warmtepomp, elektrisch vervoer, zonnepanelen en thuis-/buurtbatterij) en binnen welke randvoorwaarden zijn consumenten bereid om hun gedrag qua energiegebruik en -opwekking flexibel af te stemmen op pieken en dalen in vraag en aanbod van energie. Dit is onderzocht door middel van vragenlijst onderzoek, interviews en experience sampling. De resultaten kunnen gebruikt worden in zowel het ontwerpen van flexdiensten (en producten) als in het modelleren van de potentieel beschikbare flexibiliteit in het energiesysteem. De hoofdbevinding van het onderzoek is dat de bereidheid van consumenten om flex te leveren groot is. In 80% tot 92% van de situaties waarin het wenselijk is flex te ontsluiten zijn consumenten bereid om flex te leveren.

Financiële beloning of besparing is de meest gekozen belangrijkste reden voor consumenten om flex te leveren. De hoogte van de beloning of besparing heeft hierop een matige tot geen invloed. Bio-sferische waarde (duurzaamheid, milieu, klimaat) is, na de egoïstische waarde (financiële beloning), de tweede belangrijkste motivatie van consumenten.

Link: [De bereidheid van consumenten om flexibiliteit te leveren in het energiesysteem in de gebouwde omgeving \(projectgo-e.nl\)](https://projectgo-e.nl)

D3-7: Simulaties effectiviteit activeringsmechanismen

Binnen werkpakket 3.3B is onder leiding van de Technische Universiteit Eindhoven met TNO een grootschalige simulatiestudie uitgevoerd naar de effectiviteit van (combinaties van) verschillende activeringsmechanismen voor flexibiliteit. Hierbij is op basis van een binnen werkpakket 3.2 opgestelde longlist aan mechanismen en in overleg met de stakeholders binnen het project gekozen voor een verzameling mechanismen die ofwel al geïmplementeerd zijn op hogere netvlakken, of die nu relevant worden bevonden in het maatschappelijke debat; bijvoorbeeld omdat ze besproken worden in het kader van het landelijk actieplan netcongestie laagspanning. Hierbij wordt dus verder gegaan dan berekeningen van de technische flexibiliteit, zoals in andere delen van GO-e wordt gedaan, maar wordt er ook gekeken naar hoeveel flexibiliteit er met verschillende instrumenten kan worden ingezet. Er zijn 2 projectdeliverables voortgekomen uit het werkpakket, tezamen met een verzameling academische artikelen.



Vervolg bijlage 1

D3-7.1: Eindrapport simulatiestudie

In het eindrapport “Een Vergelijkingsstudie naar Instrumenten voor Congestiemanagement in de Gebouwde Omgeving” bespreken we in detail de aanpak van de simulatiestudie, de kritieke aannames, de keuze en definiëring van de mechanismes, de resultaten van de studie en de relevante conclusies. Het doel van het document is om een beknopte maar volledige beschrijving te geven van de studie en de resultaten. In het document worden aandachtspunten gegeven voor de implementatie van nieuwe instrumenten voor congestiemanagement op laagspanningsniveau voor de toekomst.

Link: [Microsoft Word - GO-E rapport WP33B teams Feedback.docx \(projectgo-e.nl\)](#)

D3-7.2: Simulatieplatform DOTS - energy

DOTS staat voor Distributed Orchestrated Time Simulation en is een nieuw simulatieplatform ontwikkeld binnen GO-e door TNO, de TU Eindhoven en de TU Delft. Het platform is opgericht om zo efficiënt mogelijk simulaties van agent-gebaseerde energiesystemen uit te voeren. Hierbij kan een agent in de breedste zin geïnterpreteerd worden als element in een energiesysteem, zoals een partij, een apparaat, maar ook als een elektriciteitsmarkt of het weer. Het platform kan zowel lokaal als op externe Kubernetes clusters ingezet worden. Het platform is openbaar gemaakt op de volgende github pagina:

Link: <https://github.com/dots-energy/simulation-orchestrator/wiki>

Er is een uitgebreide wiki geschreven voor wat het platform kan en hoe deze te gebruiken is.

Extra informatie over het doel van het platform is ook te vinden op de GO-e website:

Link: <https://www.projectgo-e.nl/dots-energy/>



Vervolg bijlage 1

D3-7.3: Academische papers

De volgende academische papers zijn geschreven over de activiteiten in dit werkpakket. De eerste beschrijft de algemene opzet van de studie; de tweede presenteert het gebruikte warmtepompmodel binnen de simulatie; de derde illustreert het simulatieplatform, terwijl de vierde de modellen behandelt voor de afroep van de markt-gebaseerde contracten (deze laatste is geaccepteerd, maar nog niet gepubliceerd op het moment van schrijven).

- Verhoeven, Gijs, et al. "A Co-simulation Framework Design to Assess the Effectiveness of Flexibility Activation Mechanisms on Congestion in Dutch Distribution Networks." 2022 *Open Source Modelling and Simulation of Energy Systems (OSMSES)*. IEEE, 2022.
Link: [A Co-simulation Framework Design to Assess the Effectiveness of Flexibility Activation Mechanisms on Congestion in Dutch Distribution Networks — Technische Universiteit Eindhoven onderzoeksportaal \(tue.nl\)](#)
- Verhoeven, Gijs, Bart Van der Holst, and Sjoerd C. Doumen. "Modeling a domestic all-electric air-water heat-pump system for discrete-time simulations." 2022 *57th International Universities Power Engineering Conference (UPEC)*. IEEE, 2022.
Link: [Modeling a Domestic All-Electric Air-Water Heat-Pump System for Discrete-Time Simulations — Eindhoven University of Technology research portal \(tue.nl\)](#)
- Van der Holst, Bart, et al. "A dynamic bandwidth tariff assessment in a Dutch distribution network using a novel scalable distributed simulation framework." (2023): 3779-3783.
Link: [A dynamic bandwidth tariff assessment in a Dutch distribution network using a novel scalable distributed simulation framework — Eindhoven University of Technology research portal \(tue.nl\)](#)
- Van der Holst, Bart, et al. "The Activation of Congestion Service Contracts for Budget-Constrained Congestion Management." *Electric Power Systems Research*, (2023), (accepted)

Link: [The activation of congestion service contracts for budget-constrained congestion management | Semantic Scholar](#)



Vervolg bijlage 1

D3-8: Recommended practice bepalen negatieve bijeffecten optimalisatie- of aansturingsalgoritmes

Dit resultaat betreft een 'recommended practice' (richtlijn) voor het bepalen van de mogelijke negatieve bijeffecten van een grootschalige implementatie van nieuwe optimalisatie- of aansturings-algoritmes.

In deze richtlijn is een overzicht opgenomen van stappen die gebruikt kunnen worden om mogelijk ongewenste effecten van interactie van te onderzoeken en simuleren. Dit bestaat uit een analyse-aanpak om mogelijk ongewenste effecten te vinden en een daaruit voortvloeiende categorisatie van (bekende of geanticipeerde) ongewenste effecten die mogelijk kunnen optreden. Dit wordt gevolgd door overwegingen voor de opzet van simulaties die gebruikt kunnen worden om deze (en evt. verwachte) bijeffecten in detail te onderzoeken. De simulatievoorbeelden in deze eerste versie richten zich op de gebouwde omgeving en interacties gerelateerd aan netcongestie (incl. redispatch) en piekbelasting.

Link: [De richtlijn: "Concept Guideline Undesired effects 1.0.docx"](#)

Gerelateerd aan de ontwikkeling van de richtlijn heeft GO-e vier wetenschappelijke artikelen opgeleverd:

- Nanda Kishor Panda, Na Li, Simon H. Tindemans. Aggregate Peak EV Charging Demand: The Impact of Segmented Network Tariffs. ITEC 2024 Rosemont (IL), USA. Preprint beschikbaar: arXiv:2403.12215
Link: <https://arxiv.org/abs/2403.12215>
- Amirreza Silani, Simon H. Tindemans. Mean Field Game for Strategic Bidding of Energy Consumers in Congested Distribution Networks. IEEE CDC 2023, Singapore. doi: 10.1109/CDC49753.2023.10384016.
Link: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10384016>
- Amirreza Silani, Simon H. Tindemans. Stochastic Mean Field Game for Strategic Bidding of Consumers in Congested Distribution Networks. Nu in *peer review*; preprint beschikbaar: <https://arxiv.org/abs/2403.11836>
- Amirreza Silani, Simon H. Tindemans. Mean-Field Stackelberg Game for Mitigating the Strategic Bidding of Energy Consumers in Congested Distribution Networks. Nu in *peer review*.



Vervolg bijlage 1

D4-1: Rapport 'Functionele beschrijving en technische architectuur van de GO-e Samenwerkende modellenketen'

Dit rapport, opgeleverd op mijlpaal 4.1 in april 2023, omschrijft de opgestelde functionele- en technische architectuur van de modellenketen in werkpakket 4. Het rapport dient als overzicht voor de RVO en naslagwerk voor netreken-specialisten, en beschrijft op gedetailleerde wijze de ontwerpkeuzes en afbakening van werkpakket 4, een functionele beschrijving van de modellenketen, en een gedetailleerde functionele en technische uitwerking van de verschillende keten-componenten. Op basis van dit architectuurdokument is de ontwikkelfase van de modellenketen in iteraties gestart.

Link: [D4.1 GOe.WP4.modellenketen.systeembeschrijving v1.0.pdf](#)

D4-2: Rapport 'Ontwikkelde modellenketen en praktijktoepassing van functionaliteit'

Dit rapport, opgeleverd op mijlpaal 4.2 in maart 2024, omschrijft de functionele werking van de in werkpakket 4 ontwikkelde modellenketen, en de geleerde lessen uit de verschillende praktijktoepassingen. Dit rapport dient als overzicht voor RVO en overzicht voor wel- en niet-specialistische geïnteresseerden in wat de modellenketen beoogt, en hoe deze functioneert. Daarnaast beschrijft het document enkele nieuwe inzichten en herzieningen ten opzichte van de eerder vastgestelde technische- en functionele architectuur zoals beschreven in D4-1. Ook beschrijft dit rapport feedback en de verschillende geleerde lessen uit de praktijktoepassingen van de modellenketen door dataspecialisten en netrekenaars.

Link: [GOe.D4.2.Ontwikkelde modellenketen en praktijktoepassing v1.0.pdf](#)



Vervolg bijlage 1

D4-3: Documentatie aanvullend onderzoek ter invulling van kennisgaten

Binnen werkpakket 4, activiteit 4.1.1 zijn verschillende onderzoeksvragen opgepakt die in de ontwerpfase van activiteit 4.2.1 zijn opgekomen en nog niet bekend waren ten tijde van de projectstart. Deze vragen richtten zich met name op de omgang met variabiliteit en onzekerheden in de verschillende keten-modules, de verwachte groei- en spreiding van thuisbatterijen, en de potentie van warmtenetten als bron voor flexibiliteit in elektrische netten. De ‘trekkers’ van deze onderzoeksvragen binnen het werkpakket waren respectievelijk TU Delft, TNO en Witteveen+Bos. Het onderzoek en de resultaten naar aanleiding van deze onderzoeksvragen staan beknopt beschreven in de volgende interne werkdocumenten:

- “Evaluating Large Uncertainties in Long Term Congestion Forecasts of LV Distribution Grids” – TU Delft en Phase to Phase.
- “De Thuisbatterij in Groei- en Spreidingsmodellen” – TNO.
- Onderzoeksbeschrijving GO-e Witteveen+Bos.

Het door Witteveen+Bos binnen het aanvullend onderzoek ontwikkelde “Optimalisatiemodel warmtebronnenmix” in relatie tot congestie en day-ahead markt, is publiek beschikbaar via onderstaande link:

Link: [Warmtenet Kerschoten en Netcongestie.pdf](#)

Het onderzoek naar lange termijn onzekerheden heeft verder geresulteerd in twee wetenschappelijke publicaties:

- Na Li, Anton Ishchenko, Simon Tindemans, Kenneth Bruninx. “Evaluating the Impact of New Technology Deployment on Future Congestion of LV Distribution Grids”, CIGRE, 2024 Paris Session.
- Na Li, Kenneth Bruninx and Simon Tindemans. “Residential demand-side flexibility provision under a multi-level segmented tariff”, 2023 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT EUROPE), Grenoble, France, 2023, pp. 1-5. doi: 10.1109/ISGTEUROPE56780.2023.10407675



Slot bijlage 1

D4-4: Deelbare data netrekenen GO-e WP4

WP4 heeft naast de rapporten, aanvullende documentatie en wetenschappelijke artikelen ook diverse datasets opgeleverd die relevant zijn voor het netrekenen en eventueel publiek beschikbaar kunnen worden gesteld.

Dit zijn de belangrijkste datasets:

- 48 studienetten in GNF format, en met buurt ID (dus nettopologie, aansluitingen, etc.).
Hiervoor hebben we op basis van 'ingroei data' bepaald welke twee buurten per archetype per RNB het meest archetypisch zijn. Dit leverde ca. 48 voorbeeldbuurten op.
Met deze data kunnen partijen zelf flex-berekeningen maken ten aanzien van buurten die een bepaald archetype weerspiegelen.
- PV profielen voor 48 buurten (basisbelasting; zip files)
- Privaat EV laden voor 48 buurten
- Publiek EV laden, beschikbaar via de [ElaadNL laadprofielengenerator](#)

Deze data zijn publiek beschikbaar gesteld via de GO-e website: [Rekenen aan flexibiliteit in distributienetten – GO-e \(projectgo-e.nl\)](#).