

Het ontsluiten van afnameflexibiliteit voor het elektriciteitsnet

Verdiepende analyse van het
flexibiliteitspotentieel in vier sectoren

Het ontsluiten van afnameflexibiliteit voor het elektriciteitsnet

Verdiepende analyse van het flexibiliteitspotentieel in vier sectoren

In opdracht van



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland



Ministerie van Klimaat en
Groene Groei

Auteurs

Common Futures: Daan Peters, Jelle Hofstra, Lianne Havinga, Evelien Smit

KWA Bedrijfsadviseurs: Berry de Jong, Fons Heuven, Niels Heij

EV Consult: Thijs van der Woude, Bram Leusink, Hensley Djoe

Klankbordgroep

ACM, Dutch Datacenter Association, Dutch Green Buildings Council, Energie Samen, Ministerie van IenW, Ministerie van KGG, Netbeheer Nederland, Transport en Logistiek Nederland, VNCI en VNO-NCW

Contactgegevens

Common Futures Energy Transition Specialists B.V.

Vondellaan 54, 3521 GH Utrecht, The Netherlands

+31 30 782 0975

info@commonfutures.com

Topsector Energie

Michel Emde: michel.emde@topsectorenergie.nl

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

Sabine Lengkeek: sabine.lengkeek@rvo.nl

Referentie Nr.: 2025-11

Datum: 13 februari 2026

Managementsamenvatting

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) op verzoek van de Topsector Energie Systeemintegratie. De studie is tot stand gekomen naar aanleiding van een verzoek vanuit het Landelijk Actieprogramma Netcongestie (LAN) waarin netbeheerders en de rijksoverheid samenwerken om transportschaarste te verminderen en netcongestie te voorkomen.

Het doel van het onderzoek is het **in kaart brengen van de potentie om flexibiliteit te leveren voor het elektriciteitsnet in vier sectoren (kantoren, chemie, logistiek, datacenters) en te onderzoeken welke incentives nodig zijn** om dit potentieel aan flexibiliteit ook daadwerkelijk te mobiliseren. Het gaat hierbij om afnameflexibiliteit, dus het verminderen van de vraag naar elektriciteit tijdens uren met hoge vraag op het net. Het vastleggen van afnameflexibiliteit in congestiemanagementcontracten stelt netbeheerders in staat om partijen op de wachtlijsten te voorzien van nieuwe transportcapaciteit. Het onderzoek richt zich op flexibiliteit die op korte termijn (binnen een jaar of enkele jaren) kan worden bereikt in bestaande bedrijfsprocessen tegen beperkte investeringen.

Sectoren kunnen op structurele basis flexibiliteit leveren om wachtlijsten te verkorten

De onderzochte sectoren zijn in staat om samen een relevant potentieel aan flexibiliteit te genereren. **Kantoren, logistiek en chemie kunnen samen tussen de 640 en 931 MW aan flexibiliteit leveren tijdens de ochtend- of avondpieken.** Als dit potentieel kan worden ontsloten via congestiemanagementcontracten, kan het hierdoor 'vrijgespeelde' transportvermogen door netbeheerders worden uitgegeven aan partijen op de wachtlijsten. Hierbij is naast het moment en duur van de geboden flexibiliteit (substantieel deel van de ochtend- en avondpiek) ook locatie van belang, waarbij geldt dat flexibiliteit vooral relevant is als het wordt aangeboden in de buurt van knelpunten op het net. Dit aspect is in deze studie niet onderzocht.

Onderstaande tabel laat zien hoe het totale potentieel verdeeld is over de onderzochte sectoren. **Grote kantoren** van groter dan 5000m² kunnen 287 tot 388 MW aan flexibiliteit genereren tijdens de ochtend- of avondpiek, met name via vooruit verwarmen en koelen en netbewust laden van elektrische auto's op eigen parkeerterreinen. Het gaat hierbij om het gehele piekverbruik die verband houdt met deze activiteiten. In het totale potentieel wordt rekening gehouden met het gegeven dat 'netbewust verwarmen' en 'netbewust koelen' deels in andere jaargetijden plaatsvinden en daarom in het totale potentieel niet zonder meer kan worden opgeteld. De bandbreedte in het flexpotentieel bij kantoren reflecteert de onzekerheid over het aantal elektrische warmtepompen in grote kantoren.

In de **chemische industrie** is het potentieel 199 tot 389 MW. Het gaat hierbij om het dagelijks verschuiven van batchprocessen naar uren buiten de vraagpieken, het netbewust aansturen van utilities, de inzet van eigen regelbaar vermogen (WKK's), maar ook het incidenteel afschalen van continue productie om die later buiten de pieken weer in te halen. Voor de drie eerstgenoemde maatregelen geldt dat de gehele verbruikspiek ervan kan worden verschoven. In de bandbreedte van het totale flexpotentieel in de chemie geeft de bovengrens het technisch potentieel weer en houdt de ondergrens rekening met de voorzichtigheid van bedrijven om gecontracteerd transportvermogen (GTV) in te leveren.

Logistieke bedrijven kunnen 154 MW leveren door het vermijden van de avondpiek bij het laden van elektrische voertuigen. Door voertuigen 's nachts op te laden kan de gehele huidige verbruikspiek

tijdens de avondpiek verschoven worden naar ‘daluren’ op het net. Voor **datacenters** kon het totale potentieel nog niet gekwantificeerd worden, wel is naar verwachting enige voor netbeheerders relevante flexibiliteit mogelijk.

De in de tabel beschreven maatregelen bestaan grotendeels uit afnameflexibiliteit, plus wat eigen opwek door WKK's in de chemie. Het gaat om dagelijkse flexibiliteit tijdens de ochtend- of avondpiek, met uitzondering van het afschalen van continue productie in de chemie, dat alleen incidenteel op afroep kan.

Tabel 0.1 – Overzicht van het flexibiliteitspotentieel per sector op volgorde van de benodigde vergoeding.

Sector	Maatregel	Flexpotentieel (MW)		Groeiverwachting ³	Kosten/ vergoeding
		Min	Max		
Logistieke bedrijven	Netbewust laden van elektrische voertuigen in de nacht	154		Sterk	Geen tot zeer beperkt
Grootschalige Kantoren	Netbewust verwarmen (voorverwarmen, vooral 's winters)	26	58	Sterk	Zeer beperkt
	Netbewust koelen (voorkoelen, vooral 's zomers)	205	256	Beperkt	Zeer beperkt
	Netbewust laden (EV laden bij kantoren buiten de ochtendpiek)	82	132	Sterk	Zeer beperkt
Chemische industrie	Batchprocessen verschuiven in de tijd (naar de nacht)	5	78	Beperkt	Beperkt
	Eigen opwek (WKK's inzetten tijdens verbruikspieken)	153		Beperkt	Beperkt
	Slimme regeling utilities (voorverwarmen of -koelen, tijdelijk afschakelen van beluchters)	1,5	87	Beperkt	Hoog
	Incidenteel afschalen continue productie tijdens de avondpiek	39	71	Beperkt	Zeer hoog

³ Met 'verwachte groei' wordt de verwachte toename van de onderliggende flexibiliteitsbron bedoeld, en daarmee van het flexibiliteitspotentieel, bovenop de in deze tabel weergegeven maximale schattingen.

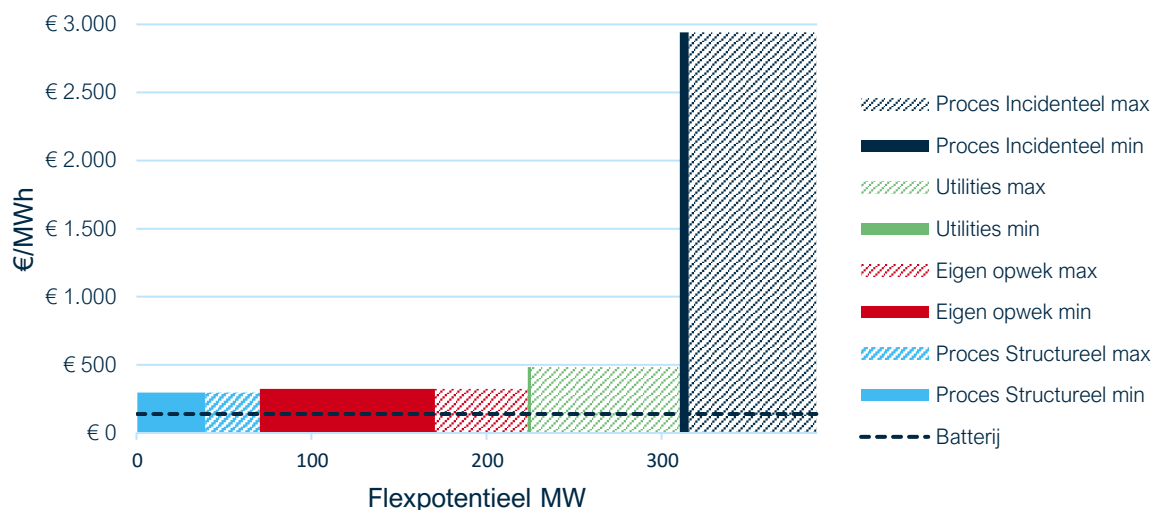
Het ontsluiten van het potentieel aan flexibiliteit kan deels tegen lage kosten

Het in deze studie geïdentificeerde potentieel aan flexibiliteit kan **tegen lage kosten** worden ontsloten bij **kantoren** en in de **logistieke sector**, terwijl bij het ontsluiten van de flexibiliteit in de **chemische industrie hogere kosten** gemoeid zijn en de kosten bij **datacenters** nog onduidelijk zijn.

Chemiebedrijven hebben vaak €300 tot €500/MWh nodig - incidentele flex is veel duurder

In de chemische industrie loopt de benodigde vergoeding op van circa €300/MWh voor het verplaatsen in de tijd van batchproductie, tot naar schatting ruim €2.900/MWh voor het (gedurende

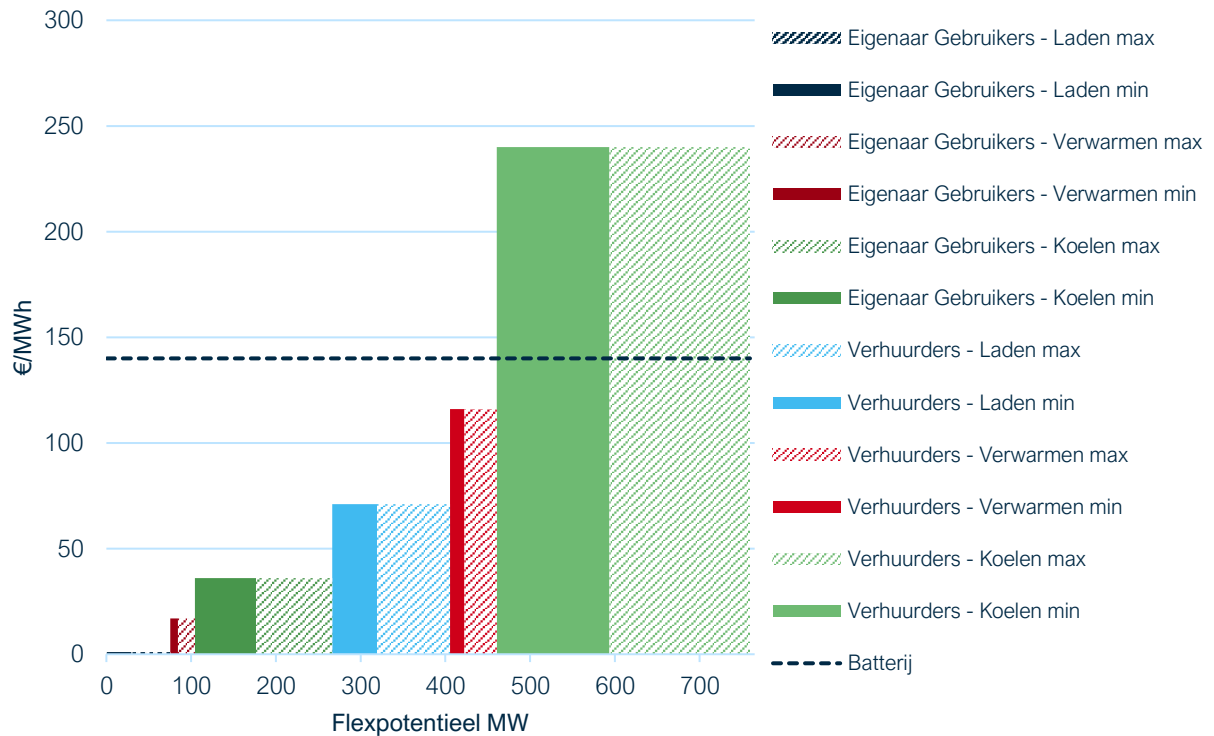
250 uur per jaar) afschalen van continue productie die op een later moment wordt ingehaald. Als gedurende 1040 uur per jaar volcontinue productie wordt afgeschaald dan kan met €500/MWh een belangrijk deel van dit potentieel worden ontsloten. Een batterij kan qua kosten een alternatief zijn om een deel van het flexpotentieel in de chemie te ontsluiten tegen lagere kosten van €140/MWh (bij 1040 geleverde uren flexibiliteit).



Figuur 0.1 - Aanbodkostencurve van alle onderzochte maatregelen in de chemie op basis van 1040 uur per jaar voor structurele flex en 250 uur per jaar voor incidentele flex voor een periode van 5 jaar.

Benodigde vergoeding voor kantoren varieert van (vrijwel) niets tot €240/MWh

In de **kantorensector** zijn de kosten om flexibiliteit te ontsluiten laag. Wel gaven bedrijven aan dat men alleen geneigd zou zijn om flexibiliteit te ontsluiten tegen een vaste financiële vergoeding. Wat betreft de hoogte hiervan bleek uit interviews dat eigenaar-gebruikers bereid zouden zijn om flexibiliteit kostendekkend aan te bieden, en dat verhuurders een vergoeding nodig hebben, die een hoogte zou kunnen hebben van 10% van de huidige jaarlijkse energiekosten behorend bij de maatregel. Dit betekent dat de benodigde vergoeding bij structureel ontsluiten van flexibiliteit tijdens de ochtend- en avondpiek varieert van niets tot €71/MWh aan flexibiliteit voor netbewust elektrisch laden bij kantoren, €17/MWh tot €116/MWh per uur voor netbewust verwarmen, en €36/MWh tot €240/MWh per uur voor netbewust koelen. Ook hier is ter referentie de kosteninschatting voor het plaatsen van een batterij toegevoegd. Zie de onderstaande figuur voor het volledige overzicht.



Figuur 0.2 - Aanbodkostencurve van alle onderzochte maatregelen in de grootschalige kantorensector. Verwarmen en koelen is seizoensgebonden en slechts beperkte uren inzetbaar, deze flexibiliteit is niet gelijktijdig te ontsluiten.

Logistieke bedrijven kunnen zonder meerkosten netbewust laden. Ze hebben naar verwachting **geen vergoeding** nodig als de incentive bestaat uit versnelde toegang tot blokstroom. Als dit niet mogelijk is (wat momenteel het geval is) dan volstaat naar verwachting een beperkte vergoeding van mogelijk €111/MWh aan ontsloten flexibiliteit, in combinatie met wat extra transportvermogen gedurende de nacht (beetje blokstroom, zie onder voor toelichting hierop). Bij de hoogte van de benodigde vergoeding wordt als uitgangspunt 10% van de totale huidige laadkosten genomen.

Huidig aanbod van netbeheerders om flex te ontsluiten is onvoldoende aantrekkelijk

Netbeheerders hebben al een aantal contractvormen waarmee bedrijven tegen een vergoeding afnameflexibiliteit kunnen ontsluiten ten behoeve van het elektriciteitsnet. Het onderzoek laat zien dat ondanks het feit dat significante hoeveelheden flexibiliteit kunnen worden ontsloten tegen lage kosten, bedrijven vaak nog niet bekend zijn met congestiemanagementcontracten en áls ze ermee bekend zijn ze de contracten te onduidelijk, risicovol en onvoldoende aantrekkelijk vinden. Met name de onbepaalde duur van contracten (tot na einde congestie in de regio) wordt gezien als een groot risico.

Het huidige aanbod van netbeheerders aan congestiemanagementcontracten moet aantrekkelijker en transparanter worden om bedrijven te verleiden om flexibiliteit op bestaande vaste transportcontracten ter beschikking te stellen aan netbeheerders die daarmee partijen op de wachtlijsten kunnen helpen. Hiervoor zijn naast **passende vergoedingen** ook **minder risicovolle contracten nodig**. Dit laatste heeft onder andere betrekking op de **duur** van de contracten, die momenteel geldt tot het moment dat de transportschaarste in een gebied is opgelost. Daarnaast moeten congestiemanagementcontracten bedrijven in staat stellen om de normale bedrijfsprocessen voort te zetten, **daarom is vaak iets meer GTV nodig gedurende de nacht**.

In de ontwikkeling van prikkels voor bedrijven in de onderzochte sectoren zien wij geen groot verschil tussen partijen die soms worden aangeduid als ‘haves’ (die al goed voorzien zijn van transportrechten) en ‘have nots’ (die op wachtlijsten staan). De meeste bedrijven zijn zich goed bewust van de problematiek rond netcongestie en staan in principe open om te spreken over hoe ze kunnen bijdragen aan een oplossing, ook omdat ze in de toekomst zelf in veel gevallen ook nog extra transportcapaciteit nodig hebben om te groeien of verduurzamen. Dit geldt in het bijzonder voor logistieke bedrijven die aan de vooravond staan van een omslag naar elektrisch vervoer.

Voor **kantoren** en de **logistiek** geldt dat afnameflexibiliteit structureel en tegen lage kosten kan worden ontsloten bij partijen door heel Nederland. In beide sectoren is er echter nog weinig bewustzijn over het leveren van flexibiliteit, en de barrières en randvoorwaarden die het ontsluiten van deze flexibiliteit mogelijk maken verschillen sterk per sector. Aanbevolen wordt om voor elk van deze sectoren een **aantrekkelijk aanbod** te ontwikkelen voor een congestiemanagementcontract dat op grote schaal kan worden uitgerold. Flexibiliteit ontsluiten in de **chemie** is duurder en beperkt tot enkele locaties, en blijft daarom maatwerk. Met **datacenters** kan het potentieel verder worden verkend. **Voor alle sectoren geldt dat congestiemanagementcontracten minder risicovol moeten worden voor bedrijven:**

1. Kies voor een **gestandaardiseerde aanpak in de kantorensector**, waarbij netbeheerders een aantrekkelijk aanbod voor een congestiemanagementcontract ontwikkelen in samenspraak met brancheorganisaties en met betrokkenheid van de overheid. Dit aanbod kan vervolgens door netbeheerders actief worden aangeboden aan eigenaren of beheerders van kantoren. Hierbij zijn beperkte vergoedingen voldoende om bedrijven in actie te laten komen. Hierbij kan aangesloten worden bij de huidige dialoog over het recentelijk door de minister van KGG aangekondigde ‘Aansluitoffensief Netcongestie’.¹ Het is verstandig om **voorbeeldprojecten** met uitgebreide meetdata uit te werken om voldoende bewijs te leveren en vertrouwen te creëren dat **flexibiliteit ontsluiten gecombineerd kan worden met borgen van comfort**. Ook is het belangrijk dat er **aandacht is voor duurzaamheidsdoelen van de kantorensector**. Het bieden van flexibiliteit voor het elektriciteitsnet wordt momenteel niet meegenomen in (vrijwillige) standaarden voor duurzaam vastgoed die voor de sector van belang zijn. De overheid, netbeheerders en de sector samen met organisaties die duurzaamheidsstandaarden beheren kunnen verkennen hoe flexibiliteit een rol te geven in dergelijke standaarden. Het benadrukken van het maatschappelijke belang van flexibiliteit om de energietransitie te versnellen is hierbij ook van belang. Tot slot bevelen wij aan om als bedrijven zoveel mogelijk te ontzorgen in het proces, zowel financieel als in kennis en uitvoeringscapaciteit. Dit kan nader besproken worden door brancheorganisaties en netbeheerders.
2. Ontwikkel een **helder en aantrekkelijk gestandaardiseerd aanbod voor een congestiemanagementcontract voor logistieke bedrijven** om flexibiliteit te ontsluiten op bestaande aansluitingen. Netbeheerders zouden hierbij kunnen samenwerken met brancheorganisaties, met betrokkenheid van de overheid. Cruciaal voor een aantrekkelijk aanbod voor de logistiek is dat bedrijven die tijdens de avondpiek GTV inleveren **’s nachts wat meer GTV** (wat blokstroom) kunnen krijgen om hun huidige elektrische laadvraag op hun huidige aansluiting te kunnen voortzetten. Veel logistieke bedrijven laden immers nu al deels

¹ Kamerbrief over aansluitoffensief Netcongestie | Kamerstuk | Rijksoverheid.nl

's nachts, waarbij het mogelijk is dat het aantal elektrische vrachtwagens is afgestemd op hun GTV. Dit betekent dat alle uren waarop vracht- en bestelvoertuigen 's avonds en 's nachts op het depot staan nodig zijn om te voorzien in de laadbehoefte. Als deze bedrijven pas na 21:00 uur zouden gaan starten met laden dan zal 's nachts met een hoger vermogen opgeladen moeten worden, wat alleen mogelijk is met een iets hoger GTV. Netbeheerders zouden hiermee in contracten rekening moeten houden door logistieke bedrijven 's nachts een wat hoger GTV te bieden. Het gaat hierbij slechts om het kunnen voortzetten van het bestaande bedrijfsproces, niet om extra vermogen voor groei of verduurzaming.

Daarnaast is duidelijk dat de voorziene sterke groei in elektrisch wegtransport netbewust kan worden geacomodeerd door middel van blokstroomcontracten. Toegang tot blokstroom voor verduurzaming of groei vormt een grote prikkel voor bedrijven om flexibiliteit op bestaande aansluitingen te gaan aanbieden, waarbij dan geen financiële compensatie nodig is. Daar waar bedrijven geen (snelle) toegang tot blokstroom kunnen krijgen dan zal een beperkte financiële vergoeding (van mogelijk zo'n 10% van de huidige laadkosten) nodig zijn om flexibiliteit te ontsluiten.

In de **chemie** zal congestiemanagement **maatwerk** blijven. Dit kan alleen succesvol zijn als **congestiemanagementcontracten veel aantrekkelijker** en **minder risicovol** worden voor bedrijven. Dit wordt hieronder verder uitgewerkt.

Zoals hierboven beschreven is het huidige aanbod van congestiemanagementcontracten (CBC's, CSC's) door netbeheerders aan bedrijven onvoldoende aantrekkelijk. Het feit dat netbeheerders tijdsafhankelijke nettarieven (gaan) hanteren doet hier niets aan af. Tijdsafhankelijke nettarieven kan er zeker voor zorgen dat bedrijven netbewuster gaan opereren, maar leidt niet automatisch tot een situatie waarin bedrijven deze flexibiliteit ter beschikking gaan stellen aan netbeheerders middels een congestiemanagementcontract. Daarvoor zullen deze contractvormen eerst aantrekkelijker moeten worden. In het kader van het Aansluitoffensief Netcongestie kan wordt gesproken over een herziening van contractvoorwaarden. Deze studie stelt (naast het bovenbeschreven 'wat meer GTV in de nacht' voor de logistiek en waar nodig ook de chemie) vier verbeterpunten voor:

1. 'Flexibiliteit in flexcontracten': biedt contracten aan voor bepaalde tijd

Congestiemanagementcontracten hebben een looptijd tot het moment dat in de betreffende regio geen sprake meer is van transportschaarste en risico op netcongestie. Dit is voor veel bedrijven in de onderzochte sectoren niet aantrekkelijk omdat men vaak in de toekomst verder wil groeien of verduurzamen of omdat in de verre toekomst nieuwe kunnen processen ontstaan met extra elektriciteitsvraag waar extra transportcapaciteit voor nodig is. Een contractduur van twee tot vijf jaar kan voor bedrijven aantrekkelijk zijn, of de mogelijkheid voor een 'opt-out' na een aantal jaar.

Het is duidelijk dat de huidige contractduur ingegeven is door de wens van netbeheerders om op basis van de door contracten vrijgespeeld vermogen nieuwe transportcapaciteit uit te geven aan partijen op de wachtlijsten. Dit wordt complex als het risico bestaat dat bedrijven na een aantal jaar hun flexcontract op kunnen zeggen. Daarom wordt aanbevolen niet alle capaciteit die beschikbaar komt door congestiemanagementcontracten weer uit te geven aan partijen op de wachtlijsten, maar om daarbij een ruime 'veiligheidsmarge' te hanteren. Netbeheerders kunnen verkennen om als bijvoorbeeld onder een bepaald station tien CSC's worden afgesloten voor de duur van twee tot vijf

jaar waarmee in totaal 1 MW aan vermogen wordt vrijgespeeld, op basis daarvan 0,5 MW aan transportcapaciteit wordt uitgegeven aan partijen op de wachtlijst. Dit laat ruimte voor 0,5 MW aan flexibiliteit die tijdelijk blijkt te zijn. Het risico dat tijdelijke congestiemanagementcontracten met zich meebrengen kan verder worden ingeperkt door actief te blijven proberen om aanvullende flexcontracten af te sluiten onder hetzelfde station. Dit verbeterpunt is cruciaal om tot een aantrekkelijk aanbod te komen voor bedrijven, waardoor veel meer bedrijven flexibiliteit zullen gaan aanbieden.

2. Eerst gele kaarten, dan boetes

Bedrijven waarmee in het kader van dit onderzoek is gesproken zien momenteel te veel contractuele risico's buiten de bovenbeschreven looptijd. Het gaat hierbij om boeteclausules indien partijen verplichtingen niet nakomen. Zeker het eerste jaar van een contract zou coulance moeten gelden in gevallen waar bedrijven (onbewust) hun verplichtingen niet geheel nakomen, bijvoorbeeld door een systeem waarin een bedrijf in het eerste jaar een drietal 'gele kaarten' kan krijgen en het tweede jaar nog één, voordat boetes van toepassing zijn.

3. Passende en transparante vergoedingen

Momenteel heerst grote onduidelijkheid over de vergoedingen die mogelijk zijn binnen congestiemanagementcontracten. Netbeheerders communiceren niet over de mogelijke hoogte van vergoedingen. Deze studie maakt per sector duidelijk wat realistische vergoedingen zouden kunnen zijn, welke sterk verschillen tussen de onderzochte sectoren. Het zou helpen als netbeheerders aan sectoren een indicatie kunnen geven welke ordegrootte aan vergoedingen mogelijk is.

4. Verbeter de communicatie met bedrijven, biedt ondersteuning

Veel bedrijven zijn niet of nauwelijks bekend met het aanbod van de diverse congestiemanagementcontracten en bedrijven die er bekend mee zijn zien ruimte voor verbetering in de communicatie met netbeheerders. Het zou helpen als netbeheerders een aantal geanonimiseerde voorbeeldcontracten zouden publiceren (of deze beter promoten), een duidelijk stappenplan met tijdlijn en een lijstje met wat er van bedrijven verwacht wordt in het afsluiten van contracten. Het taalgebruik in contracten wordt ervaren als onduidelijk. Voer daarom een taalcheck op de contracten uit om onnodige complexiteit te vermijden.

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	3
Inhoudsopgave	10
Begrippenlijst	12
1 Inleiding	13
1.1 <i>Achtergrond van de studie.....</i>	13
1.2 <i>Doelen en onderzoeksvragen.....</i>	14
1.3 <i>Scope.....</i>	14
1.4 <i>Methodologie</i>	15
1.5 <i>Leeswijzer.....</i>	17
2 Transportschaarste en de vraag naar flex	18
2.1 <i>Huidige situatie rond transportschaarste en netcongestie</i>	18
2.2 <i>Instrumenten van netbeheerders om afnameflexibiliteit te ontsluiten</i>	20
2.3 <i>Flex-e subsidieregeling.....</i>	23
2.4 <i>Variabele elektriciteitsprijzen en nettarieven</i>	24
3 Selectie van sectoren	25
3.1 <i>Verkenning van dertig sectoren leidend tot voorselectie van elf.....</i>	25
3.2 <i>Selectie van de vier sectoren voor verdere analyse</i>	27
4 Flexibiliteit in grote kantoren	28
4.1 <i>Beschrijving van de sector.....</i>	28
4.2 <i>Selectie van maatregelen.....</i>	31
4.3 <i>Flexpotentieel van netbewust verwarmen en koelen</i>	34
4.4 <i>Flexpotentieel van netbewust laden</i>	41
4.5 <i>Totaaloverzicht flexpotentieel.....</i>	45
4.6 <i>Incentives om flexibiliteit te ontsluiten</i>	48
5 Flexibiliteit in de chemische industrie	52
5.1 <i>Beschrijving van de sector.....</i>	52
5.2 <i>Selectie van maatregelen, methodiek en totaalbeeld</i>	55
5.3 <i>Flexpotentieel van het verschuiven van batchmatige productie</i>	57
5.4 <i>Flexpotentieel van tijdelijk afschalen van continue productie</i>	58

5.5	<i>Flexpotentieel van slimme regeling van utilities</i>	60
5.6	<i>Flexpotentieel door eigen opwek van elektriciteit in WKK's</i>	62
5.7	<i>Bieden batterijen een alternatief voor afnameflex?</i>	64
5.8	<i>Totaalbeeld van flexpotentieel en bijbehorende kosten</i>	65
5.9	<i>Incentives om flexibiliteit te ontsluiten</i>	68
6	Flexibel laden in logistieke bedrijven	70
6.1	<i>Beschrijving van de sector</i>	70
6.2	<i>Selectie van maatregelen</i>	73
6.3	<i>Flexibiliteitspotentieel van netbewustnetbewust laden</i>	74
6.4	<i>Inzet van bestaande batterijen</i>	78
6.5	<i>Collectieve oplossingen</i>	80
6.6	<i>Incentives om flexibiliteit te ontsluiten</i>	81
7	Flexibiliteit in datacenters	84
7.1	<i>Beschrijving van de sector</i>	84
7.2	<i>Selectie van maatregelen</i>	86
7.3	<i>Flexpotentieel van load shifting</i>	87
7.4	<i>Flexpotentieel van flexibel koelen van het datacenter</i>	91
7.5	<i>Incentives om flexibiliteit te ontsluiten</i>	93

Begrippenlijst

Afnameflexibiliteit: het verplaatsen van elektriciteitsgebruik naar een ander moment (of andere locatie). Dit kan ofwel door procesaanpassingen, of door de inzet van batterijen.

Alternatieve transportrechten (ATR): contractvormen voor extra of nieuw transportrecht voor grootverbruikers, waarbij contractueel geborgd is dat aangeslotenen congestie niet verergeren doordat zij buiten de pieken afnemen.

Balanceringsmarkten: door TenneT beheerde markten om vraag en aanbod op het net te allen tijde in balans te houden, waarbij partijen (via balancing service providers) tegen een vergoeding op afroep meer of minder invoeden of afnemen.

Congestiemanagement: een proces waarbij de netbeheerder en aangeslotenen samenwerken om voorziene congestie in het stroomnet op te lossen.

Congestiemanagementcontracten: contracten waarbij aangeslotenen deelnemen aan congestiemanagement waarbij bestaande contracten worden aangepast door het verlagen van het vaste transportrecht tijdens verbruikspieken.

Gecontracteerd transportvermogen (GTV): is het maximale elektrische vermogen (in kW) dat een grootverbruiker via de netbeheerder mag afnemen of terugleveren, vastgelegd in de Aansluit en Transportovereenkomst (ATO).

Transportschaarste: gebrek aan ruimte op elektriciteitsnetten om nieuw of extra transportvermogen toe te wijzen aan partijen, waardoor wachtlijsten zijn ontstaan. Transportschaarste wordt afgeroepen door netbeheerders in gebieden waar ofwel sprake is van netcongestie ofwel waar in op basis van prognoses het risico bestaat dat het elektriciteitsnet overbelast raakt bij extra uitgegeven transportcapaciteit.

Netcongestie: de vraag naar elektriciteit is hoger dan het net aankan.

Netbewust: bewust omgaan met energiegebruik en -opwekking in relatie tot de belasting van het elektriciteitsnet.

Transportcapaciteit: de hoeveelheid elektriciteit die via het elektriciteitsnet veilig en betrouwbaar kan worden vervoerd.

Vaste transportrechten: contractvormen waarbij aangeslotenen toegang hebben tot de overeengekomen capaciteit op het elektriciteitsnet, onafhankelijk van het tijdstip of de situatie op het.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond van de studie

De behoefte aan congestiemanagement is groot. Volgens Netbeheer Nederland is er alleen al in de provincies Flevoland, Gelderland en Utrecht in 2029 behoefte aan 395 MW aan flexibel vermogen om autonome groei te faciliteren, nog los van het oplossen van de wachtrij.² In heel Nederland staan momenteel ongeveer 14.000 partijen op de wachtlijst voor transportcapaciteit bij de regionale netbeheerders, met een totale vraag naar capaciteit voor afname van elektriciteit van 9.131 MW, waarbij het jaren kan duren voordat verzoeken gehonoreerd kunnen worden. Bij TenneT staan 212 unieke verzoeken uit om transportvermogen voor afname, met een totale capaciteit van 38 GW.³ Om de schaarste in transportcapaciteit op te lossen en netcongestie te voorkomen richt het Landelijk Actieprogramma Netcongestie (LAN) zich op drie sporen. Ten eerste 'sneller bouwen' om de elektriciteitsnetten uit te breiden, daarnaast het 'beter benutten' van de netten, met name door het gelijkmatiger gebruiken van netten en ten derde 'slimmer inzicht' in de daadwerkelijke benutting van het net, beschikbare ruimte, benodigde flexibiliteit en de verwachte toekomstige benutting van het net, zodat netbeheerders beter onderbouwde investeringsbeslissingen kunnen nemen en scherper inzicht krijgen in de aanvullende ruimte op elektriciteitsnetten die kunnen worden vrijgegeven aan partijen op de wachtlijsten.⁴

Wat betreft het tweede spoor 'beter benutten' is het zaak om te komen tot netbewuste invoeding en afname van elektriciteit. Bij afnameflexibiliteit gaat het om het reduceren van pieken in de elektriciteitsvraag. Er bestaat de verwachting dat in diverse sectoren een significant potentieel bestaat. In de meest recente scenario's van Netbeheer Nederland uit 2025 wordt uitgegaan van 1,1 GW aan flexibiliteit in de industrie in 2030.⁵ Er zijn goede voorbeelden van flexibiliteit die effectief ontsloten wordt. Zo laat Nobian een chloorfabriek in Rotterdam voor twintig procent netbewust produceren in samenwerking met Vattenfall en TenneT, waarmee 40 MW flexibiliteit beschikbaar is gekomen als regelbaar vermogen op de balanceringsmarkt.⁶

Bedrijven kunnen flexibeler opereren om zelf te kunnen groeien binnen hun gecontracteerd transportvermogen (GTV). Daarnaast kunnen ze op flexibiliteit leveren ten behoeve van het elektriciteitsnet. Deze studie richt zich op het laatste, waarbij bedrijven op twee manieren flexibiliteit kunnen leveren. Ten eerste kunnen ze flexibiliteit aanbieden als regelbaar vermogen op de **balanceringsmarkten** om zowel op- als af te regelen en zo te helpen om vraag en aanbod van elektriciteit in balans te houden. Daarnaast kunnen bedrijven hun invoeding of afname bijstellen tijdens (potentiële) momenten van netcongestie **om transportschaarste te verminderen en netcongestie te voorkomen**. Deze studie richt zich op het laatste, niet op de balanceringsmarkten.

² Tot voor kort bedroeg de prognose voor autonome groei in de FGU regio 475, in december 2025 is deze bijgesteld naar 395 MW door een lager tempo in woningbouw en verduurzaming. Zie [link](#).

³ Netbeheer Nederland, Stand van Uitvoering (oktober 2025), p.3; zie [LINK](#).

⁴ Deze drie sporen worden o.a. besproken in de Kamerbrief 'Aanpak netcongestie' van Minister Hermans van 7-10-2025, zie [file](#)

⁵ Netbeheer Nederland Scenario's Editie 2025 (mei 2025), p.203; zie [LINK](#). Een eerdere studie door Strategy& voor TenneT (*Unlocking industrial demand side response*, 2021) concludeerde dat 3,4GW aan afnameflexibiliteit mogelijk zou zijn in de industrie. Dat potentieel bestaat echter voor een groot deel uit het afschakelen van productie (tot wel drie weken lang), waardoor omzetverlies ontstaat. Deze mogelijkheid is vanwege de hoge kosten niet meegenomen in onze studie.

⁶ [Vattenfall en Nobian dragen met flexibele chloorproductie bij aan stabiliteit stroomnet](#)

De overheid en netbeheerders willen de flexpotentie in diverse sectoren ontsluiten door afspraken te maken met bedrijven die flexibiliteit leveren. Netbeheerders bieden diverse contractvormen aan waarmee partijen flexibiliteit kunnen leveren in ruil voor vergoedingen of korting op het nettatarief. Tot dusver zijn dit type contracten nog niet veel ingezet⁷. Eén van de regionale netbeheerders geeft aan tot dusver minder dan vijf capaciteitsbeperkende contracten aan de afnamekant te hebben afgesloten en dat slechts 3% van de bedrijven men de contracten bespreekt ook daadwerkelijk overgaat tot contractering. Het afsluiten van de contracten was maatwerk, en vergde een intensief traject. Het Aansluitoffensief Netcongestie moet nu de wachtrijen voor afname van elektriciteit versneld gaan wegwerken met acht doorbraken voor betere benutting van het elektriciteitsnet.⁸ Tot dusver is nog onvoldoende verkend wat de meest effectieve incentives zijn om het potentieel aan flexibiliteit daadwerkelijk te ontsluiten. Daarom hebben de overheid en netbeheerders, die samenwerken in het Landelijk Actieprogramma Netcongestie (LAN), besloten tot deze studie die door een consortium van Common Futures, KWA Bedrijfsadviseurs en EV Consult is uitgevoerd in opdracht van Topsector Energie Systeemintegratie en RVO.

1.2 Doelen en onderzoeksvragen

Deze studie beoogt de onderzoeksvraag te beantwoorden: **welke incentives zijn nodig om marktpartijen te stimuleren om hun elektriciteitsafname naar beneden bij te stellen tijdens piekuren en daarmee netcongestie te verminderen?** Hierbij is het doel om te komen tot concrete richtlijnen voor financiële en niet-financiële prikkels om flexibiliteit te stimuleren en netcongestie te verminderen. Daarvoor zijn de volgende deelvragen geformuleerd:

1. Welke sectoren hebben de meeste potentie voor het leveren van flexibiliteit?
2. Hoeveel flexibiliteit kunnen de geselecteerde sectoren leveren? Daarbij zal worden onderzocht hoeveel partijen/bedrijven elke sector telt en hoeveel flexibiliteit een bedrijf met een bepaalde omvang kan leveren (absoluut/ fractie van piekvermogen).
3. Op welke wijze kunnen bedrijven flexibiliteit leveren?
4. Welke incentives hebben bedrijven en sectoren nodig om flexibiliteit te kunnen leveren?

1.3 Scope

Het onderzoek richt zich op wat er de komende paar jaar mogelijk is in het mobiliseren van flexibiliteit, niet op wat er op langere termijn nodig is. Het onderzoek richt zich op de vraagzijde van het energiesysteem, niet op de aanbodzijde. De focus ligt op het tegengaan van afnamecongestie door procesaanpassingen bij energiegebruikers, niet op flexibiliteit in de invoeding van windstroom en zon-PV of regelbaar vermogen. Ook richt de studie zich op positieve prikkels om bedrijven te verleiden om flexibiliteit te gaan leveren, niet op instrumenten waarmee ze gedwongen zouden kunnen worden dit te gaan doen.

Daar waar gesproken wordt over flexibiliteit wordt in deze studie bedoeld dat het flexibel moet zijn die nuttig is voor netbeheerders in de zin dat het hen in staat stelt om partijen op de wachtlijst te helpen aan transportcapaciteit. Daarbij zijn netbeheerders vooral op zoek naar partijen die:

⁷ Zie ook Netbeheer Nederland "Stand van de Uitvoering - De voortdurende beweging op het gebied van elektriciteit". [Link](#)

⁸ [Kamerbrief over aansluitoffensief Netcongestie](#) | [Kamerstuk](#) | [Rijksoverheid.nl](#)

1. gedurende een uur of langer hun verbruik kunnen reduceren;
2. tijdens pieken in het elektriciteitsverbruik;
3. en dat kunnen vastleggen in een contract van onbepaalde duur.

Daarbij is met name de avondpiek tussen 16:00 en 21:00 relevant, maar ook de ochtendpiek tussen 07:00 en 10:00, al is de behoefte aan flexibiliteit altijd locatie-afhankelijk. Naast pieken gedurende de dag zien we in sommige sectoren ook een seizoenspiek, met name de piekwarmtevraag in de winter. Ook geldt dat netbeheerders in principe op zoek zijn naar flexibiliteit die contractueel kan worden vastgelegd voor onbepaalde tijd, in die zin dat flexcontracten pas aflopen op het moment dat de congestiestatus in een gebied is afgelopen. Netbeheerders hebben meestal geen behoefte aan flexibiliteit die wordt aangeboden voor een of twee jaar, omdat op basis daarvan geen nieuw transportvermogen kan worden uitgegeven aan partijen op de wachtlijst.

Afnameflexibiliteit kan worden gerealiseerd door het verplaatsen van elektriciteitsgebruik naar een ander moment (of andere locatie). Dit kan op twee manieren: procesaanpassingen en inzet van batterijen. Procesaanpassingen maken het mogelijk dat de primaire processen in een bedrijf of kantoor doorgang vinden waarbij het elektriciteitsgebruik zoveel mogelijk plaatsvinden buiten de momenten met vraagpieken op het elektriciteitsnet. Hetzelfde kan worden bereikt door de inzet van een batterij of een e-boiler. Daarnaast zorgt energiebesparing voor een structurele verlaging van het elektriciteitsgebruik, inclusief tijdens vraagpieken op het net. Energiebesparing is echter geen ingreep die op dynamische wijze flexibiliteit mogelijk maakt, valt daarmee buiten de scope van het onderzoek.

Dit onderzoek richt zich primair op procesaanpassingen bij bedrijven. Batterijen worden alleen meegenomen in de analyse wanneer zij reeds aanwezig zijn en, voor de chemie en kantoren, als 'sense check' om te zien of het een betaalbaar alternatief is voor relatief dure aanpassingen in bestaande bedrijfsprocessen om bestaande flexibiliteit te ontsluiten. Batterijen kunnen een nuttige rol spelen om bedrijven te laten groeien binnen het bestaande GTV of om flexibiliteit voor het elektriciteitsnet te ontsluiten. In principe kunnen bij bedrijven in vele sectoren batterijen met dit doel worden geplaatst. De vraag waar batterijen het meest effectief kunnen worden ingezet is daarmee primair een energiesysteemvraagstuk, gericht op de lokale behoefte aan flexibiliteit in het net, en minder een sectorspecifiek vraagstuk.

1.4 Methodologie

Het onderzoek werd uitgevoerd in drie hoofdactiviteiten. Hierbij werd allereerst door middel van een gefaseerde multi-criteria analyse toegewerkt naar een **selectie van vier sectoren** als focus voor het onderzoek. In het selectieproces is naast eigen expertise gebruik gemaakt van **interviews met branche-organisaties**, beschikbare relevante literatuur en data.

Vervolgens werd een **analyse** uitgevoerd naar het **potentieel binnen geselecteerde sectoren** om procesaanpassingen toe doen die leiden tot een flexibeler gebruik van elektriciteit, en de kosten die dergelijke procesaanpassingen vergen. Hiertoe werd per sector via de branche-organisaties een **enquête** uitgezet **onder bedrijven en partijen** binnen de sector en werden **verdiepende interviews** afgenomen. Dit resulteerde in **hypotheses** over mogelijke incentives om het geïdentificeerde flexpotentieel te mobiliseren, welke **met de sectoren besproken** zijn.

Naast kwalitatieve inzichten bood de opgehaalde informatie ook een basis om het flexpotentieel en daarvoor benodigde kosten te kwantificeren, of in sommige gevallen kwalitatief te duiden. Hierbij moet

worden opgemerkt dat in lang niet alle gevallen het beschikbaar stellen van financiële middelen van doorslaggevend belang zijn in het succesvol mobiliseren van flexibiliteit. Daarom zijn juist de kwalitatieve inzichten relevant. Gedurende het traject zijn (tussen)resultaten besproken met, en gereviewed door, Topsector Energie en RVO als opdrachtgevers. Daarnaast is input geleverd door een **klankbordgroep**. Hierin waren de volgende partijen vertegenwoordigd: met daarin ACM, Dutch Datacenter Association, Dutch Green Buildings Council, Energie Samen, Ministerie van IenW, Ministerie van KGG, Netbeheer Nederland, Transport en Logistiek Nederland, VNCI en VNO-NCW. Leden van de klankbordgroep zijn driemaal bij elkaar gekomen en hebben de eerste conceptversie van de studie gereviewed. Het Ministerie van KGG en Netbeheer Nederland hebben ook het concept-eindrapport van commentaar voorzien. Ook is apart gesproken met Enexis, TenneT en Alliander, en is er contact geweest met Stedin.

Naast literatuuronderzoek zijn inzichten opgehaald met interviews, enquêtes en workshops. Hieronder een overzicht van de sectoren waarvoor een verdiepend onderzoek is uitgevoerd, waarbij is samengewerkt met brancheorganisaties.

Tabel 1.1 - overzicht van partijen waarmee in het onderzoek is samengewerkt

	Kantoren	Chemie	Logistiek	Datacenters
Branche-organisatie:	Dutch Green Building Council (DGBC)	De Koninklijke Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie (VNCI)	Transport en Logistiek Nederland (TLN)	Dutch Datacenter Association (DDA)
Interviews:	Spectral (x2)	Petrochemie (anoniem)	Jan de Rijk	Enterprise (anoniem)
	Kropman Installatietechniek	Industriële gassen (anoniem)	Vos Transport	Microsoft
	Achmea	Industriële gassen (anoniem)	E. van Wijk Logistics	Google
	TU Eindhoven (2x)	Specialty chemicals, additives (anoniem)	DHL	Colocatie (anoniem)
	a.s.r.	Silica en katalysatoren (anoniem)	PostNL	Colocatie (anoniem)
	Colliers	Katalysatoren (anoniem)	Breytner Transport	
	MVGM	Harsen en coatings (anoniem)	Vonk & Co	
		Kunststofverwerking, extrusie (anoniem)	Hoekstra BV	
		Zeolieten, chemische synthese (anoniem)	Boonstra Transport	
		Kunststoffen, polymeerproductie (anoniem)	Moeijes BV	
Enquête: partijen benaderd	28	90+	n.v.t.	n.v.t.
Enquête: respondenten	4	13	n.v.t.	n.v.t.
Workshop: partijen aanwezig	7	9	n.v.t.	n.v.t.

1.5 Leeswijzer

In **hoofdstuk 2** wordt de huidige situatie geschetst rond transportschaarste en netcongestie, en wordt een kort overzicht gegeven van de contractuele mogelijkheden die netbeheerders bieden aan bedrijven om flexibel elektriciteitsgebruik te stimuleren. Vervolgens beschrijft **hoofdstuk 3** het selectieproces dat geleid heeft tot de identificatie van vier relevante sectoren om het onderzoek op te richten. In de **hoofdstukken 4 tot en met 7** wordt per sector beschreven wat het flexpotentieel is dat door procesaanpassingen mogelijk kan worden gemaakt, welke barrières het ontsluiten ervan in de weg staan en welke prikkels nodig zouden zijn om de barrières te slechten en het potentieel aan flexibiliteit daadwerkelijk te ontsluiten.

2 Transportschaarste en de vraag naar flex

Dit hoofdstuk beschrijft het onderscheid tussen transportschaarste en netcongestie, in hoeverre het momenteel optreedt en welke instrumenten momenteel beschikbaar zijn om flexibiliteit te ontsluiten om transportschaarste te verminderen en netcongestie te voorkomen, evenals de effectiviteit van het huidige instrumentarium. Uit interviews bleek dat veel bedrijven de opties om flexibiliteit te leveren ofwel niet kennen ofwel niet aantrekkelijk vinden.

2.1 Huidige situatie rond transportschaarste en netcongestie

Netcongestie betekent dat de vraag naar elektriciteit hoger is dan het net aankan. Daarvan is nu meestal geen sprake, al zijn er zeker gebieden waar sprake is van congestie. Veel vaker is sprake van **transportschaarste**, zowel voor invoeding als voor afname en zowel op regionale netten als op hoogspanningsnetten. Dat wil zeggen dat er geen ruimte meer is om nieuwe aanvullend transportvermogen toe te wijzen, waardoor wachtlijsten zijn ontstaan. Transportschaarste wordt afgeroepen door netbeheerders in gebieden waar ofwel sprake is van netcongestie of waar op basis van prognoses het risico bestaat dat het elektriciteitsnet overbelast raakt bij extra uitgegeven transportcapaciteit. In deze prognoses worden zowel de verbruiksprofielen van reeds vergeven aansluitingen en voorziene autonome groei op bestaande aansluitingen meegenomen. Het is dus niet een optelsom van huidige contractwaardes in een gebied. Maatregelen tegen netcongestie zijn daarom meestal niet bedoeld om huidige netcongestie op te lossen maar om te voorkomen dat in de toekomst netcongestie ontstaat waarbij het net overbelast zou raken.

Los van transportschaarste en netcongestie kan sprake zijn van onbalans, waarbij op het gehele net vraag en aanbod niet in balans zijn. Dit is niet te wijten aan een tekort aan transportcapaciteit, en daarmee geen onderdeel van deze studie. TenneT beheert balanceringsmarkten om vraag en aanbod te allen tijde in balans te houden, waarbij partijen (via balancing service providers) tegen een vergoeding op afroep meer of minder invoeden of afnemen.⁹ Deze balanceringsmarkten functioneren goed en zijn liquide, maar staan dus los van de producten bedoeld om transportschaarste en congestie tegen te gaan, respectievelijk te voorkomen. Wel geldt dat het tegengaan van onbalans enerzijds en van transportschaarste en netcongestie anderzijds feitelijk concurreren om hetzelfde potentieel aan flexibiliteit in afname. Een partij kan in theorie flexibiliteit aanbieden op de onbalansmarkt en het ook aanbieden binnen een congestiecontract, maar dit gebeurt weinig omdat dezelfde flexibiliteit maar voor één doel tegelijk kan worden ingezet en het contractueel risicovol kan zijn om beide doelen tegelijkertijd te bedienen. Op balanceringsmarkten worden substantiële vergoedingen betaald¹⁰ terwijl de vergoedingen voor congestiemanagement onduidelijk zijn.¹¹ Daarom wordt de balanceringsmarkt momenteel als aantrekkelijker gezien door aanbieders van afnameflexibiliteit dan de congestiemanagementproducten van netbeheerders. Overigens is in het kader van het Aansluitoffensief Netcongestie aangekondigd dat netbeheerders veel meer geld gaan uitgeven aan congestiemanagement, waardoor de contracten aantrekkelijker kunnen worden.

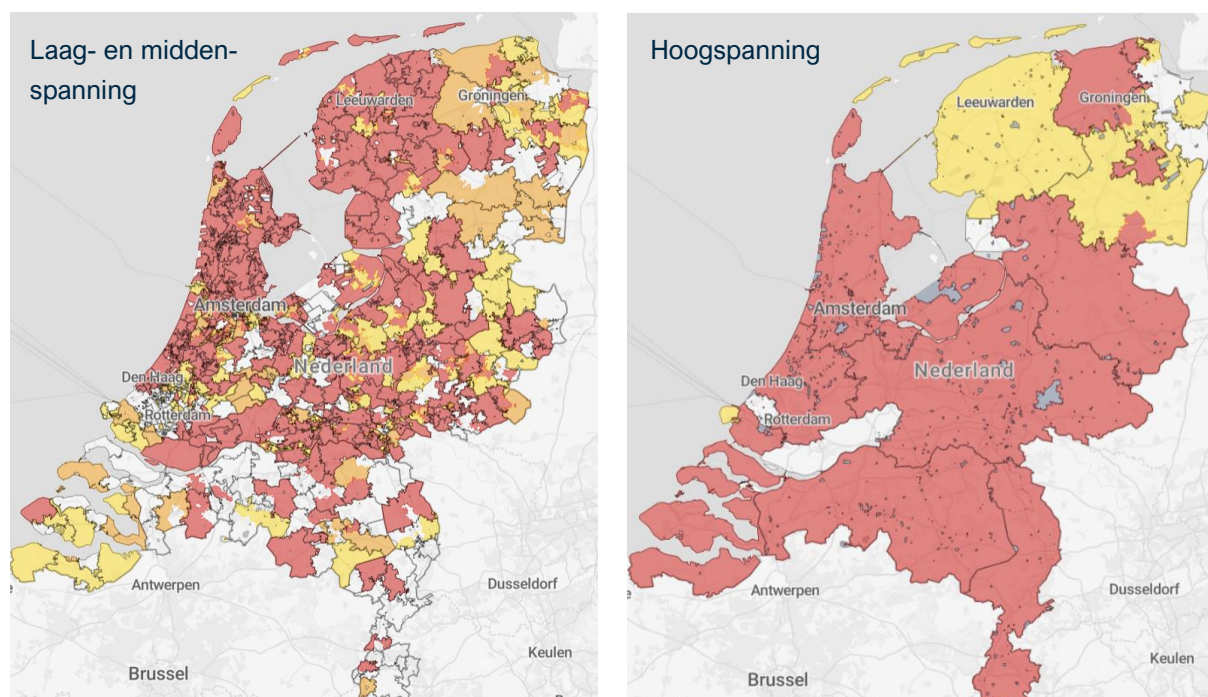
⁹ Zie de beschrijving op de website van TenneT: [Balanceringsmarkten](#)

¹⁰ Zie de prijzen op de balansmarkten hier: [Balans-delta](#).

¹¹ De door de ACM vastgestelde minimumvergoeding binnen capaciteitsmanagementcontracten ligt op slechts €1,02/MWh. Zie ACM codebesluit netcongestie van 24-5-2022, artikel I.D.9.10. c ([link](#)). Netbeheerders geven geen indicaties over daadwerkelijk betaalde vergoedingen.

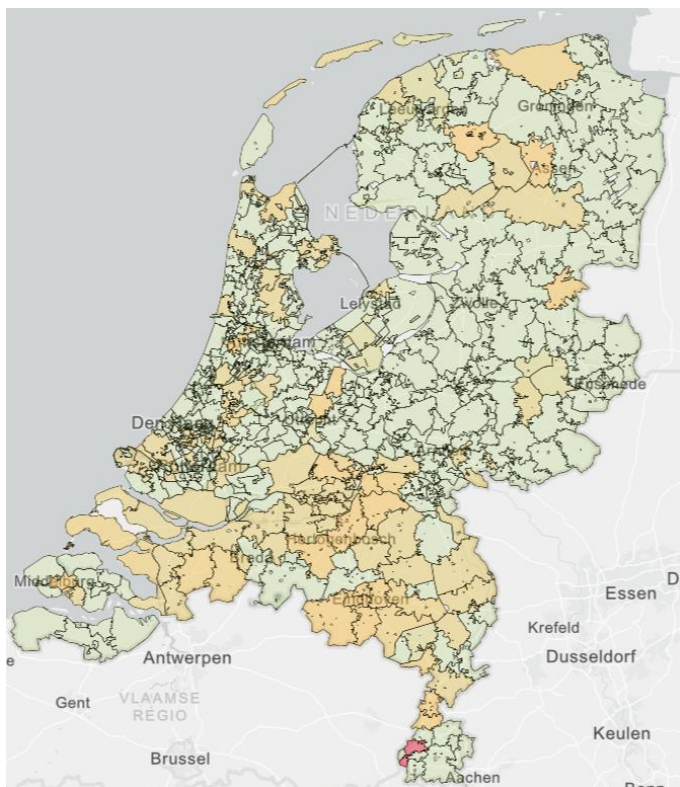
Netbeheer Nederland heeft laten berekenen dat mogelijk (hoge) vergoedingen voor afnameflexibiliteit nodig zijn, variërend van €300/MWh voor datacenters, €500/MWh in de chemische industrie, €850/MWh in de metaalsector tot €2.000/MWh in overige industriële sectoren.¹²

Figuur 2.1 toont de landelijke capaciteitskaarten voor afname van het elektriciteitsnet voor grootverbruikers (aansluitingen groter dan 3x80A). Het laat zien dat op het hoogspanningsnet nauwelijks ruimte is voor nieuwe contracten, en dat in grote delen van Nederland schaarste heerst op de regionale netten. Figuur 2.2 toont hoeveel marktberichten er zijn geweest voor het afroepen van redispatch voor verminderde afname of verhoogde opwek; iets wat alleen gebeurt wanneer er fysieke congestie dreigt. Figuur 2.2 laat zien dat in de afgelopen jaren nauwelijks sprake was van daadwerkelijke netcongestie.



Figuur 2.1 - Capaciteitskaarten voor afname. Links voor regionale netbeheerders, rechts voor het hoogspanningsnet. Wit: Transportcapaciteit beschikbaar zonder wachtrij; Geel: Transportcapaciteit beperkt beschikbaar zonder wachtrij; Oranje: Gebied is in onderzoek met wachtrij; Rood: Tekort aan transportcapaciteit met wachtrij. Bron [Netbeheer Nederland](#).

¹² Netbeheer Nederland Scenario's 2025, p.203, zie [link](#), op basis van Berenschot en Kalavasta, *Flattening the curve* (2023), zie [link](#)



Figuur 2.2 - GOPACS marktberichten om daadwerkelijke netcongestie tegen te gaan in de periode 01/01/2021 - 16/12/2025. Groen = 0 berichten. Licht oranje = 1 – 2 berichten. Donker oranje = 2 – 34 berichten. Rood = 289 berichten (in regio Maastricht). Bron: GOPACS

2.2 Instrumenten van netbeheerders om afnameflexibiliteit te ontsluiten

De afgelopen jaren hebben netbeheerders verschillende producten en contractvormen ontwikkeld voor het beter benutten van het net. Daarin zijn twee hoofdoplossingen:

1. **Congestie management contracten:** contracten waarbij aangeslotenen (grootverbruikers) deelnemen aan congestie management waarbij bestaande contracten worden aangepast door het verlagen van het vaste transportrecht tijdens verbruikspieken. Hiervoor ontvangen ze een vergoeding van de netbeheerder. Deze contracten zijn van toepassing totdat het net verzuurd is.
2. **Alternatieve transportrechten:** contractvormen waarbij aangeslotenen (grootverbruikers) rechten krijgen waarmee contractueel geborgd is dat zij congestie niet verergeren doordat zij buiten de pieken afnemen. Het gaat om contracten voor extra of nieuw transportrecht voor grootverbruikers, waarbij kortingen gelden op nettarieven vergeleken met vaste transportrechten. De twee soorten alternatieve transportrechten zijn tijdsblokgebonden transportrechten en tijdsduurgebonden transportrechten. Beide worden hieronder toegelicht.¹³

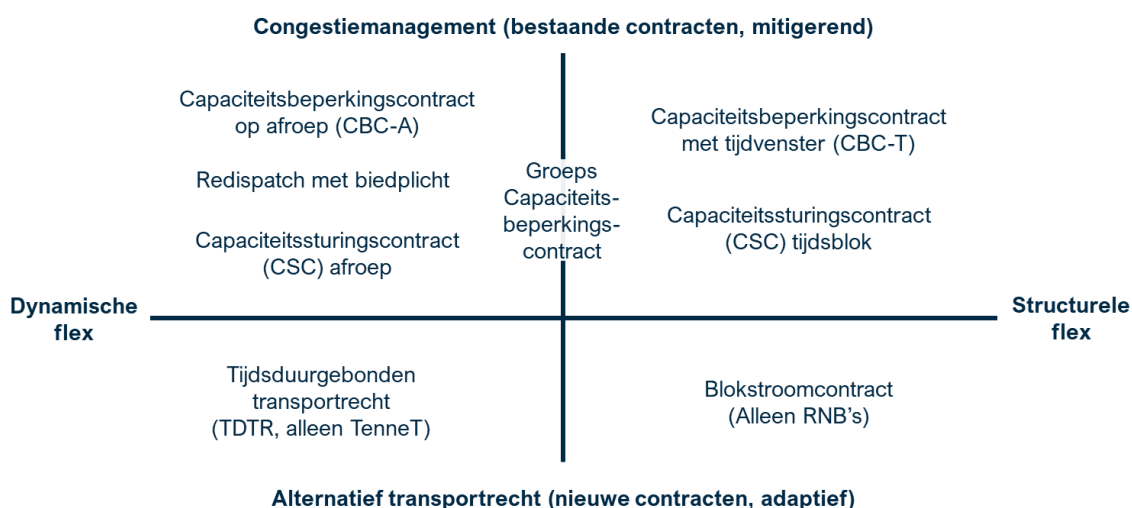
¹³ Zie voor meer informatie: Netbeheer Nederland, *Beter benutten van het net. Producten en dienstencatalogus* (november 2025), [LINK](#).

Niet in alle gebieden met transportschaarste bestaat de mogelijkheid om alternatieve transportrechten aan te bieden omdat op sommige locaties vrijwel de hele dag sprake is van transportschaarste.

Waar alternatieve transportrechten een structureel karakter hebben, lopen congestiemanagementcontracten af als in een gebied volgens netbeheerders geen sprake meer is van transportschaarste, al kan dat jaren duren en staat de precieze periode tevoren niet vast. Congestiemanagementcontracten bieden aangeslotenen een vaste vergoeding of korting op het gecontracteerd transportvermogen (GTV) voor het beschikbaar stellen van de flexibiliteit, mogelijk aangevuld met een variabele vergoeding per gereduceerde MWh.

Door het afsluiten van congestiemanagementcontracten wordt ruimte op bestaande aansluitingen vrijgespeeld die kan worden gebruikt om partijen op wachtlijsten te voorzien van transportvermogen. Alternatieve transportrechten voorzien partijen op wachtlijsten van transportvermogen buiten piekuren. Als hierdoor meer partijen kunnen worden aangesloten dan kan ook dit helpen om de wachtlijsten te verkorten.

Figuur 2.3 geeft een overzicht van de verschillende contractvormen. De figuur laat zien dat de contractvormen ofwel dynamisch (afroepbaar) of structureel (permanent tijdsblokgebonden) van aard kunnen zijn. Daarnaast hebben ze ofwel betrekking hebben op bestaande contracten of op nieuwe verzoeken om transportcapaciteit. Hierbij geldt dat zowel dynamische als structurele contracten helpen om transportschaarste te verminderen, maar dat alleen dynamische contracten helpen om netcongestie te verminderen op de momenten dat deze daadwerkelijk optreedt en dat alleen structurele contracten helpen om netcongestie te vermijden.



Figuur 2.3 - Overzicht van contracten om transportschaarste en netcongestie tegen te gaan

Congestiemanagementcontracten

Er bestaan drie contractvormen voor het vastleggen van structurele flexibiliteit op bestaande aansluitingen:

- **Capaciteitsbeperkingscontract met vaste tijdvensters (CBC-T):** partijen gaan op vaste momenten minder transportvermogen gebruiken of minder invoeden. Dit contract kan zowel bij TenneT als bij de RNB's worden afgesloten.

- **Capaciteitssturingscontract (CSC) tijdsblok:** de grootverbruiker stuurt de opwek of afname van elektriciteit tijdelijk omhoog of omlaag binnen vooraf vastgestelde tijdsblokken als de netbeheerder daarom vraagt. Dit contract zal de CBC-T gaan vervangen.
- **Groeps-capaciteitsbeperkingscontract (Groeps-CBC):** partijen behouden hun individuele GTV's, maar de partijen zijn gezamenlijk verantwoordelijk om aan de capaciteitsbeperking te voldoen. Deze contractvorm is nu al op kleine schaal beschikbaar en waarschijnlijk vanaf eind 2026 breder beschikbaar zal zijn. Waarschijnlijk zal dat contract zowel voor structurele als dynamische flexibiliteit beschikbaar komen.

In al deze contractvormen wordt het gecontracteerd transportvermogen naar beneden bijgesteld op vaste momenten tijdens de uren met het hoogste risico op congestie, die meestal vallen tijdens de:

- Ochtendpiek: doorgaans tussen 07.00 en 10.00 uur;
- Avondpiek: doorgaans tussen 16.00 en 21.00 uur (deze is vaak het meest relevant).

Naast contracten voor flexibiliteit op vaste momenten bestaan er een aantal contractvormen voor capaciteitsbeperking op afroep op bestaande contracten. Deze contracten moeten worden afgesloten via een Congestion Service Provider (CSP), zodat de inzet en afroep van flexibiliteit centraal en gecontroleerd via GOPACS kan plaatsvinden. GOPACS is een platform van de regionale en landelijke netbeheerders om congestie in het elektriciteitsnet te verminderen door flexibel vermogen in te kopen.¹⁴ De drie contractvormen voor flexibiliteit op afroep zijn:

- **Capaciteitsbeperkingscontract op afroep (CBC-A):** de verbruiker doet een vast aanbod om de opwek of afname van elektriciteit tijdelijk te beperken als de netbeheerder daarom vraagt. Als de netbeheerder het aanbod accepteert gelden de voorwaarden die zijn overeengekomen in het CBC. Bedrijven met een dergelijk contract ontvangen uiterlijk een dag van te voren een 'flexbericht' als congestie verwacht wordt en moeten dan hun vermogen aanpassen op het aangegeven moment met het aangegeven volume. Ze ontvangen daarvoor een vergoeding.
- **Redispatch met biedplicht:** in een biedplichtcontract wordt vastgelegd dat een CSP een bieding doet op GOPACS als een netbeheerder om flexibel vermogen vraagt. GOPACS staat voor Grid Operators Platform for Ancillary Services en is een marktplaats voor vraag en aanbod van flexibel transportvermogen. De voorwaarden en prijskaders voor biedingen via het GOPACS platform worden opgenomen in een zogenaamd biedplichtcontract. De afspraken kunnen variëren van het dagelijks aanbieden, alleen in bepaalde periodes van het jaar (bijvoorbeeld in de zomer bij veel zon) of in vaste tijdsblokken. Dat kan een dag van te voren worden vastgesteld, maar in sommige gevallen ook op de dag zelf. Het is ook mogelijk om redispatch aan te bieden zonder biedplicht, maar dat draagt er niet aan bij dat de netbeheerders haar prognose voor transportschaarste kan aanpassen.¹⁵
- **Capaciteitssturingscontract (CSC) afroep:** een doorontwikkeling van CBC-A, waarbij zowel afname als teruglevering kan worden gestuurd. Het contract is met name bedoeld voor

¹⁴ GOPACS is opgericht door TenneT en de regionale netbeheerders. Het platform laat zien waar netcongestie dreigt en welke flexibiliteit nodig is. Het platform wordt door netbeheerders gebruikt om biedingen af te roepen via redispatch (intraday bijsturen om congestie te voorkomen) en om CBC-A contracten te activeren. Zie: [GOPACS - Platform voor congestiemanagement](#).

¹⁵ Er is nog maar zeer beperkt sprake van afroep via GOPACS. Dat kan komen doordat in de meeste gebieden met transportschaarste nog nauwelijks sprake van congestie is.

flexibele assets zoals batterijen en biedt o.a. de mogelijkheid om extra terugvoeding te vragen. Dit contract zal de CBC-A gaan vervangen.

De periode waarvoor flexibiliteit wordt aangekondigd en de verplichtingen rondom het aanbieden van de flexibiliteit verschillen per contractvorm. In principe wordt de beperking alleen afgeroepen wanneer daadwerkelijke congestie is voorspeld.

Alternatieve transportrechten

Netbeheerders kunnen ook flexibele contracten aanbieden waarmee klanten extra vermogen krijgen, maar enkel op een flexibele basis. Ook hierbinnen zijn contracten waarmee klanten op structurele basis flexibel moeten opereren, en contracten waarmee klanten op dynamische basis flexibel moeten opereren. Het gaat om:

- Tijdsblokkegebonden transportrechten (blokstroom): contractvorm van regionale netbeheerders waarbij nieuwe transportcapaciteit wordt aangeboden op vaste uren buiten de pieken;
- Tijdsduurgebonden Transportrecht (TDTR): contractvorm waarin de aangesloten recht heeft op recht op transport voor minimaal 85% van de uren per jaar. De beperking wordt ten minste een dag van tevoren aangekondigd. Deze contractvorm wordt alleen door TenneT aangeboden.

2.3 Flex-e subsidieregeling

De Flex-E subsidieregeling

Voor bedrijven met een gecontracteerd transportvermogen (GTV) groter dan 100 kW, die niet meer kunnen groeien of verduurzamen in verband met transportschaarste, biedt de rijksoverheid sinds 2025 de Flex-e subsidie. Dit jaar was ruim €30 miljoen aan subsidies beschikbaar voor de regeling, die bestaat uit drie onderdelen:

A. Flexibiliteitsscan: een korte studie die inzicht kan bieden in de mogelijkheden voor flexibel elektriciteitsgebruik bij het bedrijf. De subsidie dekt 50% van de kosten voor de studie, tot een maximaal subsidiebedrag van €10.000

B. Haalbaarheidsstudie: een uitgebreidere studie naar de technische en financiële haalbaarheid van flexibiliteitsmaatregelen. De subsidie dekt 50% van de kosten voor de studie, met subsidiebedrag tussen de €10.000 en €125.000.

C. Realisatie van flexibiliteitsmaatregelen: installatie of uitvoering van maatregelen die het verbruik flexibeler maken en de druk op het net verlagen. De subsidie dekt 35% van de kosten voor maatregelen, tot een maximaal subsidiebedrag van €300.000.

Om in aanmerking te komen voor onderdeel C, moet het bedrijf een congestiemanagementcontract afsluiten met de netbeheerder. Het doel van de subsidie is daarmee tweeledig: bedrijven in staat stellen om zelf te groeien of verduurzamen, en de druk op het volle elektriciteitsnet verlagen.¹⁶

¹⁶ Tekst ontleend aan: Common Futures en KWA, *De Flex-e subsidieregeling openstellen voor alle grootverbruikaansluitingen. Een verkenning* (2025), p. 3, 8. Deze studie werd uitgevoerd in opdracht van RVO.

De Flex-e regeling is op zichzelf geen instrument om flexibiliteit nuttig te maken voor netbeheerders, maar is een prikkel die kan leiden tot meer congestiebeperkende contracten én die bedrijven die kampen met transportschaarste in staat stelt om te groeien en/of verduurzamen. Per voorjaar 2026 worden de voorwaarden voor de regeling herzien om deze aantrekkelijker te maken voor bedrijven en in het kader van het Aansluitoffensief wordt gesproken over het ontwikkelen van een 'Flex-e XXL'.

2.4 Variabele elektriciteitsprijzen en nettarieven

Er bestaat een relatie tussen de vraag naar elektriciteit en de marktprijs van elektriciteit die bedrijven betalen voor de levering van stroom. Tijdens momenten van piekvraag zijn de prijzen hoger. Dit biedt een prikkel voor bedrijven om waar mogelijk het elektriciteitsverbruik te verschuiven naar buiten die pieken. Dergelijke gedragsveranderingen kunnen bijdragen aan het beperken van netcongestie. Deze prikkel wordt sterker door de introductie van variabele nettarieven, met hogere tarieven tijdens de momenten van piekvraag. TenneT hanteert al variabele nettarieven voor grootverbruikers, en regionale netbeheerders werken aan de introductie ervan.

3 Selectie van sectoren

Dit hoofdstuk beschrijft de wijze waarop aan de start van het onderzoek een selectie is gemaakt van economische sectoren waar het onderzoek zich op richt. Uit een groslijst van dertig sectoren zijn vier sectoren geselecteerd.

3.1 Verkenning van dertig sectoren leidend tot voorselectie van elf

Aan het begin van het onderzoek is een brede verkenning uitgevoerd naar de vraag in welke sectoren de grootste en meest realistische potentie bestaat om flexibiliteit te leveren en daarmee afnamecongestie te verminderen. Deze verkenning verliep in drie stappen:

1. **Het in kaart brengen van alle sectoren waar substantiële flexibiliteit mogelijk is**, op basis van elektriciteitsverbruik, proceskenmerken en sectorstructuur. Er is voor gekozen om daarvoor de 30 meest kansrijk geachte sectoren mee te nemen.
2. **Selectie van 11 sectoren** die voldoende potentie en organisatorische ontsluitbaarheid hebben om verder te analyseren.
3. **Definitieve selectie van vier sectoren** met hoge technische kansen om flexibiliteit te ontsluiten, voor verdiepende analyse naar het technische potentieel door procesaanpassingen en de benodigde prikkels om het technisch potentieel te ontsluiten.

Het proces om eerst 11 uiteindelijk vier sectoren te selecteren is gebaseerd op een **gefaseerde multicriteria-analyse**, waarin zowel kwantitatieve criteria (zoals elektriciteitsverbruik en capaciteitsfactoren) als kwalitatieve inzichten (zoals bereidheid van brancheorganisaties en homogeniteit van processen) een rol spelen.

Groslijst van 30 sectoren

Voor de groslijst is gestart met een brede inventarisatie van sectoren, waar:

- het jaarlijks elektriciteitsverbruik voldoende substantieel is (richtwaarde: > 1 PJ/jaar),
- processen potentieel te flexibiliseren zijn (gebaseerd op de expertise van de onderzoekers)
- een actieve brancheorganisatie aanwezig is die sectorale samenwerking mogelijk maakt.

De groslijst bestaat uit 30 sectoren, die gecategoriseerd zijn in industriële subsectoren (zoals zuivel, chemie, papier), gebouwde-omgevingssectoren (zoals kantoren, onderwijs, datacenters) en mobiliteitssectoren (zoals publieke en private laadinfra en logistieke vloten).

Selectie van de 11 meest kansrijk geachte sectoren

Uit de groslijst zijn vervolgens de 11 meest veelbelovende sectoren geselecteerd. Dit gebeurde met behulp van een gewogen beoordelingskader van kwantitatieve en kwalitatieve criteria, elk met eigen wegen, in overleg met de opdrachtgever.

Tabel 2.1 - selectiecriteria om te komen van 30 tot 11 sectoren

Criteria	Laag (10)	Middel (55)	Hoog (100)	Weging
Inschatting jaarlijks elektriciteitsverbruik (in TWh/jaar) sector	< 1 TWh/jaar	> 1, < 3 TWh/jaar	> 3 TWh/jaar	15%
Inschatting (bureaustudie en eigen expertise) organisatiegraad van de sectorspecifieke brancheverenigingen	1.geen brancheorganisaties die sector vertegenwoordigen 2.weinig actieve brancheorganisatie 3.geen aandacht voor duurzaamheid of energie in brancheorganisatie	1.(meerdere) brancheorganisaties die (delen van) sector vertegenwoordigen 2.matig contact met leden / matig actieve organisatie 3.beperkte aandacht voor energie of duurzaamheid in brancheorganisatie	1.duidelijke brancheorganisatie die sector vertegenwoordigt 2.intensief contact met leden / erg actieve organisatie 3.aandacht voor energie in brancheorganisatie	25%
Inschatting (eigen expertise) van vergelijkbaarheid van bedrijfsvoering.	1.verschillende processen 2.verschillende profielen en tijden 3.verschillend wat betreft continue of variërende operatie	1.enigszins vergelijkbare processen 2.enigszins vergelijkbare profielen en 3.grotendeels gelijk wat betreft continue of variërende operatie	1.vrijwel identieke processen 2.vrijwel identieke profielen en tijden 3.gelijk wat betreft continue of variërende operatie	25%
Kwalitatieve duiding van de sector, inschatting flexpotentie	1.Laag potentieel voor flexibilisering zonder (of met beperkte) investeringen 2.Sterk risicomijdende sector 3.Laag potentieel op basis van reflectie op inschatting vraagprofiel (basislast vs. piekbelasting) 4.Geen groei en/of verdere elektrificatie van de sector	1.Matig potentieel voor flexibilisering zonder (of met beperkte) investeringen 2.Matig risicomijdende sector 3.Matig potentieel op basis van reflectie op inschatting vraagprofiel (basislast vs. piekbelasting) 4.Matige groei en/of elektrificatie van de sector	1.Hoog potentieel voor flexibilisering zonder (of met beperkte) investeringen 2.Niet risicomijdende sector 3.Hoog potentieel op basis van reflectie op inschatting vraagprofiel (basislast vs. piekbelasting) 4.Hoge groei en/of elektrificatie van de sector	35%

Gebaseerd op deze analyse zijn elf sectoren geselecteerd, waarvoor per sector gesproken is met de relevante brancheorganisaties. Deze zijn weergegeven in de onderstaande tabel.

Tabel 3.3 – Overzicht van geselecteerde sectoren en hun branche-organisaties.

Sector	Brancheorganisatie(s)
Industrie	Glastuinbouw
	Chemische bedrijven zonder volcontinu proces
	Bakkerijen
	Slachterijen en vleesverwerkers
	Vervaardiging van edelmetalen en non-ferrometalen
Gebouwde omgeving	Datacenters
	Distributiecentra met vrieskoeling
	Grootschalige kantoren
	Hogescholen / universiteiten
Mobiliteit	Logistieke bedrijven met elektrische vloot (laden op depot)
	Private AC-laadpunten (als aparte categorie bekeken)

3.2 Selectie van de vier sectoren voor verdere analyse

Uit de elf sectoren uit de voorselectie zijn vier sectoren gekozen voor nadere analyse. Hierbij is gebruik gemaakt van een uitgebreide set kwalitatieve en kwantitatieve criteria, zie onderstaande tabel. Voor elk van de 11 sectoren is gesproken met brancheorganisaties om de bereidheid tot samenwerking te peilen bij het organiseren van interviews met bedrijven en het uitzetten van enquêtes.

Tabel 3.3 – Evaluatiecriteria om vier sectoren te selecteren

Criteria	Laag (10)	Middel (55)	Hoog (100)	Weging
Inschatting jaarlijks elektriciteitsverbruik (in TWh/jaar) sector	< 1 TWh/jaar	> 1, < 3 TWh/jaar	> 3 TWh/jaar	10,0%
Inschatting (bureaustudie en eigen expertise) organisatiegraad van de sector specifieke brancheverenigingen	1.geen brancheorganisaties die sector vertegenwoordigen 2.weinig actieve brancheorganisatie 3.geen aandacht voor duurzaamheid of energie in brancheorganisatie	1.(meerdere) brancheorganisaties die (delen van) sector vertegenwoordigen 2.matig contact met leden / matig actieve organisatie 3.beperkte aandacht voor energie of duurzaamheid in brancheorganisatie	1.duidelijke brancheorganisatie die sector vertegenwoordigd 2.intensief contact met leden / erg actieve organisatie 3.aandacht voor energie in brancheorganisatie	15,0%
Inschatting (eigen expertise) van vergelijkbaarheid van bedrijfsvoering.	1.verschillende processen 2.verschillende profielen en tijden 3.verschillend wat betreft continue of variërende operatie	1.enigszins vergelijkbare processen 2.enigszins vergelijkbare profielen en 3.grotendeels gelijk wat betreft continue of variërende operatie	1.vrijwel identieke processen 2.vrijwel identieke profielen en tijden 3.gelijk wat betreft continue of variërende operatie	15,0%
Bereidheid van de branchevereniging testen om samen te werken en om enquête uit te zetten.	Afwijzing	Twijfel/onduidelijk	Toezegging	25,0%
Inschatting van aantal bedrijven per sector en reflectie op verdeling van bedrijven in sector – kleine bedrijven / grote spelers – reflectie op ontsluitbaarheid potentieel	Laag potentieel op basis van reflectie op verdeling van aantal en grootte van bedrijven in de sector. (bijvoorbeeld, sector met enorme hoeveelheid kleinverbruikers die moeilijk te ontsluiten zijn)	Matig potentieel op basis van reflectie op verdeling van aantal en grootte van bedrijven in de sector.	Hoog potentieel op basis van reflectie op verdeling van aantal en grootte van bedrijven in de sector. (bijvoorbeeld enorm aandeel van elektriciteitsvraag en flexpotentieel te ontsluiten via een beperkt aantal organisaties of groter aandeel makkelijk te bereiken/ontsluiten organisaties)	10,0%
Kwalitatieve duiding van de sector, inschatting flexpotentie	1.Laag potentieel voor flexibilisering zonder (of met beperkte) investeringen 2.Sterk risicomidende sector 3.Laag potentieel op basis van reflectie op capaciteitsfactor en analyse standaard gebruiksprofielen 4.Geen groei en/of verdere elektrificatie van de sector	1.Matig potentieel voor flexibilisering zonder (of met beperkte) investeringen 2.Matig risicomidende sector 3.Matig potentieel op basis van reflectie op capaciteitsfactor en analyse standaard gebruiksprofielen 4.Matige groei en/of elektrificatie van de sector	1.Hoog potentieel voor flexibilisering zonder (of met beperkte) investeringen 2.Niet risicomidende sector 3.Hoog potentieel op basis van reflectie op capaciteitsfactor en analyse standaard gebruiksprofielen 4.Hoge groei en/of elektrificatie van de sector	25,0%

Na verdiepend onderzoek en gesprekken met elk van de brancheorganisaties is daar de score uitgekomen zoals weergegeven in onderstaande tabel, op basis waarvan de sectoren kantoren, chemie, logistiek en datacenters zijn geselecteerd voor de verdere analyse in deze studie.

Tabel 3.5 – uitkomsten van evaluatie van 11 mogelijk kansrijke sectoren en selectie van vier sectoren

		Jaarlijks Elektriciteitsverbruik Sector	Organisatiegraad Brancheorganisatie	Vergelijkbaarheid Bedrijfsvoering	Kwalitatieve Duiding	Bereidheid Brancheorganisatie	Aantal en Verdeling Bedrijven in Sector	Totaalscore
Gebouwde Omgeving	Kantoorfunctie	Hoog	Midden	Hoog	Midden	Hoog	Midden	78
	Onderwijsfunctie	Laag	Hoog	Hoog	Midden	Laag	Hoog	57
	Overige functie: Logistiek	Laag-Midden	Midden-Hoog	Midden-Hoog	Midden-Hoog	Midden-Hoog	Midden-Hoog	73
	Overige functie: Datacenters	Hoog	Hoog	Hoog	Midden-Hoog	Hoog	Hoog	90
Mobi- liteit	AC privaat	Midden-Hoog	Laag	Hoog	Midden-Hoog	Midden-Hoog	Midden	70
	Bedrijven en organisaties met vloten	Midden	Midden	Hoog	Hoog	Midden-Hoog	Midden	78
Industrie	Teelt van eenjarige gewassen	Hoog	Hoog	Hoog	Midden	Hoog	Laag	77
	Vervaardiging van chemische basisprod...	Hoog	Hoog	Laag	Hoog	Hoog	Midden-Hoog	83
	Vervaardiging van brood, banketbakkersw...	Hoog	Midden	Hoog	Midden	Hoog	Midden	77
	Slachterijen en vleesverwerking	Laag	Hoog	Hoog	Midden	Hoog	Midden-Hoog	77
	Vervaardiging van edelm. en overige non-f...	Midden	Midden	Midden	Hoog	Hoog	Midden	75

4 Flexibiliteit in grote kantoren

Kantoren groter dan 5.000 m² hebben een substantieel potentieel om relevante afnameflexibiliteit te leveren door netbewust verwarmen (ca. 26–58 MW), netbewust koelen (ca. 205–256 MW) en netbewust laden (ca. 82–132 MW). Het ontsluiten ervan vereist meestal (bijna) geen investeringen, omdat het deels kan worden gerealiseerd door installaties anders in te regelen (zoals structureel vooruit verwarmen/koelen binnen comfortbanden), terwijl gebouwbeheersystemen flexibiliteit kunnen optimaliseren. De belangrijkste belemmeringen liggen niet in kosten of techniek, maar in onzekerheid over comfort, beperkt bewustzijn over de eigen rol, gebrek aan transparantie over contractvoorwaarden, en een tekort aan kennis en uitvoeringscapaciteit. Ook ervaren partijen flexibiliteit als mogelijk in strijd met verduurzamingsdoelen, terwijl flexibiliteit juist duurzaamheid kan zijn doordat slimmer sturen kan bijdragen aan energiebesparing, energiegebruik buiten vraagpieken lagere marginale CO₂-emissies heeft en ruimte kan bieden voor elektrificatie bij anderen. Om het potentieel te mobiliseren zijn vier prikkels cruciaal: (1) pilots met meetdata om vertrouwen te creëren dat comfort op peil blijft, (2) minder risicovolle congestiemanagementcontracten met voorspelbare (lage) vergoedingen, (3) ontzorging bij contractvorming en uitvoering, en (4) flexibiliteit laten meewegen in duurzaamheidsstandaarden.

4.1 Beschrijving van de sector

Kantoorpanden vormen een belangrijk onderdeel van de gebouwde omgeving in Nederland. Ze zijn verspreid over het hele land, met een duidelijke concentratie in stedelijke en goed bereikbare gebieden (zie Figuur 4.1). Tegelijkertijd is de eigendoms- en gebruiksstructuur van deze gebouwen divers: het merendeel van de kantoren wordt verhuurd door professionele vastgoedeigenaren, terwijl ook een substantieel deel in eigendom en beheer is van grotere organisaties met eigen hoofdkantoren of campussen. Deze variatie in eigendom en gebruik heeft directe gevolgen voor de mogelijkheden om flexibiliteit in energiegebruik te organiseren en te ontsluiten. In verhuurde panden is sprake van split-incentives: de belangen, kosten en baten verschillen tussen de verhuurder en huurder. Daarom moet de verhuurder de huurder ook overtuigen van de nut en noodzaak van flexibiliteitsmaatregelen. Verhuurders zijn daarom terughoudend als het gaat om maatregelen die bijvoorbeeld tijdelijk comfort zouden verminderen.

De afgelopen jaren is het gebruik van kantoren structureel veranderd. Door de toename van thuiswerken en een efficiëntere benutting van kantoorruimte is de vraag naar kantooroppervlak afgenomen. Dit heeft geleid tot aanzienlijke leegstand in grote delen van de kantorenmarkt. Als gevolg daarvan is sprake van een zogeheten *buyer's market*, waarin het aanbod groter is dan de vraag. Huurders hebben hierdoor een sterkere onderhandelingspositie en stellen steeds hogere eisen aan de kwaliteit van kantoorpanden, met name op het gebied van comfort en duurzaamheid.

Deze ontwikkelingen maken kantoorpanden tot een relevante en kansrijke sector voor het ontsluiten van flexibiliteit. Marktprikkels en duurzaamheidsambities ervoor dat zowel eigenaren als gebruikers ontvankelijk kunnen zijn voor nieuwe vormen van flexibiliteit. In dit onderzoek richten we ons daarom specifiek op middelgrote tot grote kantoorpanden, gedefinieerd als gebouwen met een vloeroppervlak van meer dan 5.000 m². Deze afbakening sluit aan bij de schaal waarop technische en organisatorische maatregelen voor flexibiliteit realistisch toepasbaar zijn en wordt in de verdere analyse van relevante sectoren nader onderbouwd.

De geografische spreiding van grootschalige kantoren in Nederland is afgebeeld in Figuur 4.1. Door heel Nederland zijn grootschalige kantoren te vinden, met hogere concentratie in de Randstad. Dat maakt het mogelijk om een gestandaardiseerde aanpak te ontwikkelen voor het ontsluiten van afname flexibiliteit die toepasbaar is door heel Nederland.



Figuur 4.1 – Geografische spreiding panden met zuivere kantoorfunctie groter dan 5.000 vierkante meter.

Op basis van gegevens uit de Basisadministratie Adressen en Gebouwen (BAG) zijn er in Nederland 97.411 panden met een kantoorfunctie met een totale oppervlakte van 59,8 miljoen vierkante meter¹⁷. Hiervan zijn ongeveer 2.300 kantoren in Nederland met een vloeroppervlak van meer dan 5.000 vierkante meter; met een totaal vloeroppervlak van 19,5 miljoen vierkante meter vertegenwoordigen zij grofweg een derde van de sector. Indien in de BAG ook panden worden meegenomen met een gemengde functie, waaronder een kantoorfunctie, dan gaat het om 5.742 panden groter dan 5.000 vierkante meter, met een totaal vloeroppervlak van 68 miljoen vierkante meter. Echter is onduidelijk welk aandeel van deze gebouwen kantoren betreft. Daarom wordt in deze studie gefocust op gebouwen met een ‘zuivere’ kantoorfunctie.

Selectie van relevante kantoren

Het onderzoek richt zich op grootschalige kantoren, die de juiste karakteristieken hebben om met beperkte investeringen flexibiliteit te kunnen ontsluiten. Verschillende aspecten hebben ertoe geleid om te focussen op grootschalige kantoren:

- **Aanwezigheid van een gebouwbeheersysteem**, is vaker het geval bij grootschalige kantoren en is nodig om verwarmings- en koelingsprocessen te kunnen automatiseren en dynamisch in te regelen gebaseerd op externe prikkels
- **Een minimale capaciteit aan flexibel vermogen van 60 kW**; voor veel congestieproducten is dit een ondergrens die wordt gehanteerd om flexibel vermogen aan te bieden. Daarnaast is het effectiever om grotere vermogens aan flex te ontsluiten dan kleinere vermogens wegens administratieve lasten.
- **Professionaliteit van gebouwbeheer op energiegelied**

¹⁷ Voor dit onderzoek zijn BAG-data en EP-online data over energielabels gecombineerd om een inschatting te kunnen maken van de totaal te ontsluitbare flexibiliteit van kantoren. Deze totaal-cijfers die uit onze analyse komen zijn in lijn met cijfers van recente rapportage van ING op basis van CBS-data. *Facts & Figures van Kantoren in de Sector Real Estate - ING*. Energielabel registraties komen ook overeen met de Monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving 2025 *Monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving 2025*

Er lijkt geen dataset beschikbaar te zijn om kantoren op de bovenstaande data te selecteren. Wel is er de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG), met informatie over alle gebouwen in Nederland, waaronder het vloeroppervlak. Om het potentieel van het aantal kantoren in te schatten hanteren we daarom het vloeroppervlak als een proxy. Uit onze analyse (die hieronder uiteengezet wordt) is gebleken dat het flexpotentieel van verwarming door warmtepompen ongeveer 15 W/m² is en het flexpotentieel van koelinstallaties ongeveer 14,4 W/m² is. We hanteren daarom de cut-off van een vloeroppervlak > 5.000 m²; daarmee is het piekvermogen van zowel verwarming als koeling >70 kW.

Bovendien hebben kantoren van meer dan 5.000 m² in de toekomst een GBS uit EPBD-IV verplichting (in deze EU-regelgeving wordt dit een GACS genoemd). Per 1 januari 2026 geldt deze verplichting¹⁸ enkel voor kantoren met verwarmings- of airconditioningssystemen met een vermogen van meer dan 290 kW. Vanaf 1 januari 2030 wordt dit uitgebreid naar systemen met een vermogen van meer dan 70 kW.

De gekozen grenswaarde laat onverlet dat mogelijk sommige van de kleinere kantoren relevante flex kunnen leveren, en grote kantoren die het tóch niet kunnen. Toch lijkt de gekozen grenswaarde relevant in het maken van de inschatting voor het theoretisch potentieel van te ontsluiten flexibiliteit die relevant is voor netbeheerders.

Voor dit onderzoek is de BAG database gecombineerd met de energielabeldatabase (versie 1 december 2025). Energielabel data is waar mogelijk op pandniveau gekoppeld, en anders op verblijfsobjectniveau. Onderstaande tabellen en figuur geven inzicht in de verdeling van energielabels en bijbehorende outputdata over de energiebehoefte.

Tabel 4.1 – Energielabeldata van alle BAG-panden met een zuivere kantoorfunctie en een oppervlakte >5.000 m²

Energie-label	Totaal oppervlakte (m ²)	Aantal kantoren	Gem. energie-behoefte (kWh/m ² .jr)	Gem. netto warmte-behoefte (kWh/m ² .jr)	Totaal jaarlijkse energie-behoefte (MWh)	Totaal jaarlijkse warmte-behoefte (MWh)	Totaal jaarlijkse koel-behoefte (MWh)
A+++++	118.835	21	93	61 ¹⁹	11.074	7.248	3.825
A++++	480.762	38	70	26	33.538	12.628	20.910
A+++	1.450.077	189	86	40	124.159	57.932	66.226
A++	2.331.952	411	93	45	217.065	104.465	112.600
A+	1.633.148	237	103	62	168.671	100.836	67.834
A	5.449.802 ²⁰	565	112	67	610.483	367.266	243.217
B	1.200.391	104	125	80	149.975	96.229	53.747
C	1.465.540	144	126	82	184.156	119.484	64.672
D	204.236	17	147	105	30.060	21.494	8.565
E	147.074	14	169	115	24.881	16.915	7.965
F	74.627	10	172	120	12.820	8.965	3.855
G	430.833	39	206	169	88.640	72.611	16.029
Geen label	4.543.026	504					

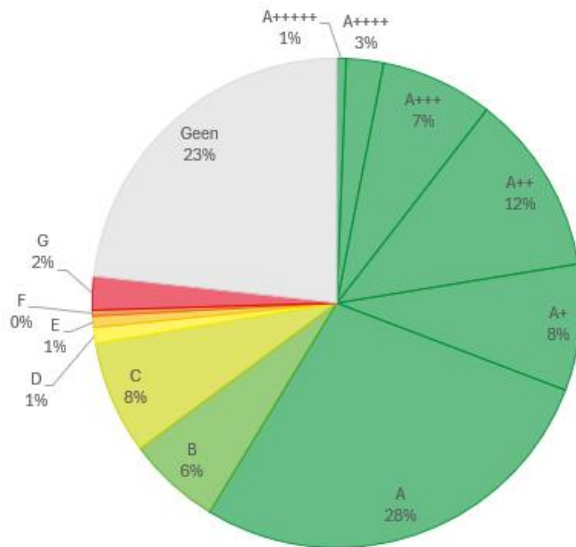
¹⁸ Gebouwautomatiserings- en controlesysteem (GACS) | RVO.nl

¹⁹ Binnen label A+++++ zitten een paar panden met extreem hoge duurzame opwek, die nog een relatief hoge warmtevraag hebben, daarom is dit cijfer iets hoger dan verwacht.

²⁰ Label A is oververtegenwoordigd omdat de labels A+ tot A+++++ pas zijn ingevoerd vanaf 2021, in werkelijkheid zullen er meer kantoren zijn met de hogere A-labels.

Totaal 19.530.303 2.293

1.655.520 986.075 669.446



Figuur 4.2 - Verdeling energielabelklassen grootschalige kantoren (>5.000 m2)

4.2 Selectie van maatregelen

Voor kantoorpanden liggen er twee grote kansen om hun verbruik tijdens de piek naar beneden bij te stellen, en zo bij te dragen aan de congestieproblematiek: energiebesparing en het flexibiliseren van hun installaties en laadpleinen. Hoewel energiebesparing buiten de scope van dit onderzoek valt, is het belangrijk om de kansen kort toe te lichten omdat energiebesparing vaak een drijfveer is om technieken te installeren die flexibiliteit kunnen ontsluiten. Zo kan een gebouwbeheersysteem bijvoorbeeld ingezet worden om energie te besparen, maar ook om flexibiliteit te ontsluiten. Daarnaast draagt energiebesparing er ook aan bij om netcapaciteit tijdens piekuren te verminderen. Ondanks dat grootschalige kantoren vallen onder de energiebespaarplicht en het merendeel al energielabel A heeft, valt nog veel energie te besparen door het energiezuinig opereren van gebouwen. De te implementeren Energy Performance Buildings Directive (EPBD IV) zal nadere eisen stellen aan de energiezuinigheid van gebouwen, het gasloos maken (Zero Emission Building, ofwel ZEB) en aan energiemangement systemen.

Aan de hand van literatuuronderzoek²¹ en gesprekken met de Dutch Green Building Council als branchevereniging zijn acht kansrijke maatregelen geselecteerd:

- Demand side response (DSR) bij verwarming en koelingsinstallaties
- Structureel vooruit verwarmen en koelen
- Demand side response bij verlichting en ventilatie
- Structureel aanpassen van openingstijden

²¹ Onder andere: [TVVL-rapport-Energieflexibiliteit-van-gebouwen-aanpak.pdf](#), [gerwen-2021-flexibiliteit.pdf](#), [Methodologies and evaluations of energy flexibility for clusters of buildings. Annex 82 D1.pdf](#), [Investigating the energy flexibility of Dutch office buildings on single building level and building cluster level - ScienceDirect](#)

- Netbewust laden EV's
- Inzetten van een batterij
- Inzetten van thermische opslag (warmte/koude) voor uitsmeren netbelasting
- Lokale productie-installaties die op/af kunnen regelen op netsignalen, met WKK's of hybride warmtepompen die kunnen schakelen tussen gas en elektriciteit.

Die acht maatregelen zijn initieel besproken met twee installateurs van warmtetechnieken die ook eigen aansturing-software aanbieden, met twee kantooreigenaren, en met de Dutch Green Building Council. Met die inzichten is een selectie gemaakt van de meest kansrijke maatregelen om de flexibiliteit daadwerkelijk te ontsluiten.

De volgende maatregelen zijn afgefallen:

Tabel 4.2 – Overzicht van afgefallen maatregelen voor afnameflexibiliteit in grote kantoren.

Maatregel	Toelichting
Demand side response bij verlichting en ventilatie	Hoewel deze maatregel technisch uitvoerbaar is en er significant energieverbruik mee gemoeid is, lijkt de flexibiliteit die hiermee kan worden ontsloten beperkt. Dit is met name het geval omdat beide in zeer beperkte mate uitgezet of afgeschaald kunnen worden onafhankelijk van de omstandigheden. Hierdoor ligt de toegevoegde waarde van deze maatregel vooral op het vlak van energiebesparing, en in mindere mate op het structureel of grootschalig leveren van flexibiliteit aan het energiesysteem.
Structureel aanpassen van openingstijden	Het aanpassen van kantooruren vormt een grote en vaak onwenselijke inbreuk op de dagelijkse routines van gebruikers en medewerkers. Van personeel kan in het algemeen niet worden verwacht dat zij hun werktijden aanpassen ten behoeve van netflexibiliteit. Hoewel er voorbeelden bestaan, zoals bij universiteiten waar openingstijden zijn aangepast vanwege ruimtegebrek, is dit niet direct vergelijkbaar met de situatie bij kantoren en lijkt deze maatregel in deze sector nauwelijks toepasbaar.
Investeren in een batterij	In de context van dit onderzoek worden deze maatregelen niet primair beschouwd als zelfstandige flexibiliteitsopties, maar als voorzieningen die de potentie van een flexibel geopereerd GBS aanzienlijk kunnen versterken. Het is daarom minder relevant om deze investeringen losstaand te beoordelen. Wel is het van belang om te analyseren in hoeverre de aanwezigheid van dergelijke installaties de effectiviteit en inzetbaarheid van andere flexibiliteitsmaatregelen vergroot, met name wanneer deze installaties toch al aanwezig zijn of om andere redenen worden overwogen. Daarom zijn vragen over deze technieken wel meegenomen in de enquêtes en interviews maar is het losstaande potentieel niet in kaart gebracht.
Investeren in thermische opslag (warmte/koude) voor uitsmeren netbelasting	
Lokale productie-installaties die op/af kunnen regelen op netsignalen, met WKK's of hybride warmtepompen die kunnen schakelen tussen gas en elektriciteit.	

Demand side response (DSR) bij verwarming en koelingsinstallaties

Bij deze maatregel worden verwarmings- en/of koelsystemen dynamisch aangestuurd op basis van netsignalen. Door gebruik te maken van de thermische massa van het gebouw en vooraf gedefinieerde comfortbanden kan de warmtevraag tijdelijk worden verschoven, zonder dat dit

merkbare gevolgen heeft voor het comfort van gebruikers. Technisch gezien is dit een haalbare en kansrijke maatregel.

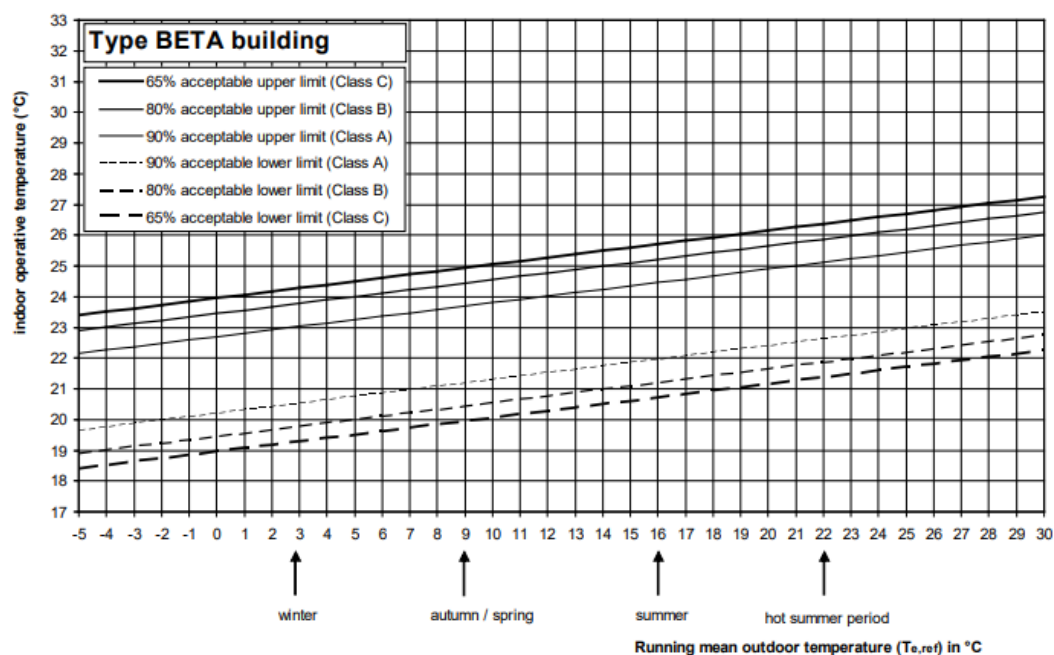
In de praktijk bestaan al kantoorgebouwen waarin verwarmings- en koelsystemen geautomatiseerd worden aangestuurd op basis van dynamische input, zoals weersvoorspellingen en de bezettingsgraad. Deze bestaande toepassingen laten zien dat vergelijkbare aansturing ook mogelijk is op basis van netsignalen. Voorwaarde hiervoor is de aanwezigheid van een geschikt gebouwbeheersysteem (GBS) dat in staat is dergelijke signalen te verwerken en te vertalen naar concrete aansturingsbeslissingen.

Structureel vooruit verwarmen en koelen

Structureel vooruit verwarmen of voorkoelen houdt in dat het gebouw buiten piekuren extra wordt verwarmd of gekoeld, zodat de warmtevraag tijdens piekmomenten kan worden verminderd. Net als bij 'DSR bij verwarmen en koelen' wordt hierbij gebruikgemaakt van de thermische massa van het gebouw en de beschikbare comfortbanden. Het verschil met demand side response op basis van netsignalen is dat deze maatregel geen externe signalen of slimme real-time aansturing vereist. De verwarming of koelstrategie kan vooraf worden ingesteld en volgt een vast patroon.

Voor deze maatregel is net als bij 'DSR bij verwarmen en koelen' comfortbanden van belang: de range waarbinnen gebruikers het temperatuurniveau acceptabel vinden. Bij een grote range kan meer flexibiliteit worden ontsloten doordat een gebouw langer en verder kan afkoelen in de winter en opwarmen in de zomer. Voor kantoren waarbij de gebruiker weinig controle heeft over het klimaat (aanpassen van kleding, openen van ramen) en waarbij mechanische koeling aanwezig is zijn comfortranges gedefinieerd waarbinnen respectievelijk 90%, 80% en 65% het comfort acceptabel vindt (zie

Figuur 4.3). In de Nederlandse norm ISSO74 zijn afgeleiden van dergelijke comfortbanden opgenomen. Een range van 2,5 graad wordt gegeven voor de 90%-comfortklasse, en een range van 4



graden wordt gegeven voor de 80%-comfortklasse.

Figuur 4.3 – Comfortbanden waarbij 90%, 80% en 65% het comfort acceptabel vindt in een 'Beta gebouw', wat

wil zeggen dat mechanische koeling aanwezig is en aanwezigen weinig controle hebben over hun comfort (bijv. geen kleding aanpassen of ramen openen)

De potentie van vooruit verwarmen en koelen en DSR bij verwarmen en koelen om afnameflexibiliteit te bieden wordt als groot beschouwd, waarbij deze bij grootschalige kantoren te realiseren is zonder (vooruit warmen en koelen) of met zeer beperkte (DSR) investeringen en met zeer beperkte (DSR) en beperkte (vooruit warmen en koelen) moeite. Uit onderzoek van Spectral²² bleek dat netbewust verwarmen resulteerde in een beperkte toename van het totale elektriciteitsverbruik van circa 1,5%.

Mogelijkheid tot netbewust laden bij kantoren

Netbewust laden bij grootschalige kantoren richt zich op het coördineren van laadmomenten van elektrische voertuigen op basis van netsignalen. Door het laadvermogen te spreiden over de tijd of tijdelijk te beperken bij hoge netbelasting kan flexibiliteit worden gerealiseerd. Qua ontsluitbare capaciteiten is het potentieel van deze maatregel groot, en bij een deel van de kantoorgebouwen wordt netbewust laden inmiddels al toegepast. We zien dat er nu ook al laadpleinen 'slim' worden aangestuurd bij kantoren met een beperkt GTV. Daar worden laadpunten soms alleen benut wanneer er voldoende ruimte op het net beschikbaar is, en anders automatisch afgeknepen. De potentie van deze maatregel om afnameflexibiliteit te bieden wordt als groot beschouwd, waarbij deze te realiseren is met geen of zeer beperkte investeringen en moeite.

4.3 Flexpotentieel van netbewust verwarmen en koelen

Netbewust Verwarmen

De totale flexibele capaciteit voor netbewust verwarmen van grote kantoren bedraagt naar schatting **26-58 MW**, zowel tijdens de ochtend als de avondpiek. Dit is gebaseerd op een schatting van het totale vermogen opgestelde warmtepompen in grootschalige kantoren en welk percentage daarvan naar beneden bijgesteld kan worden. Dit maximale potentieel kan alleen ontsloten worden tijdens de meest koude periodes. Naar verwachting valt deze maatregel toe te passen bij (nagenoeg) alle kantoorgebouwen in Nederland, ofwel met een GACS / GBS ofwel handmatig.

Om het flexpotentieel van netbewust verwarmen te bepalen worden de volgende stappen doorlopen:

1. Bepalen aandeel warmtepompen en bijbehorende jaarlijkse warmtevraag
2. Bepalen piekvraag ruimeverwarming
3. Bepalen piekvermogen warmtepompen
4. Bepalen realistisch flexpotentieel

Aandeel warmtepompen en jaarlijkse warmtevraag

Van de 'Monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving 2025' kan afgeleid worden dat ongeveer 11%²³ van de kantoren wordt verwarmd door een warmtepomp. Grootschalige kantoren hebben echter veel

²² Eindrapport SBIR, netbewuste optimalisatie van kantoorgebouwen (Spectral, 2024)

²³ 19% volledig duurzaam verwarmd, 60% van duurzame verwarming door warmtepomp, Monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving, 2025

betera energielabels dan kleinere kantoren, en in het rapport 'Energiekompas Kantoren'²⁴ is geconstateerd dat warmtepomp adoptie sterk toeneemt vanaf label A.

Op basis van de energielabeldatabase valt niet met zekerheid af te leiden welke kantoren met een warmtepomp worden verwarmd, en er is ook nog geen data over gepubliceerd. Gezien de onzekerheid doen we schattingen aan de hand van twee methoden om het aantal warmtepompen in grootschalige kantoren, en het daarmee gemoeide aantal m² kantoorfunctie en het bijbehorende flexpotentieel in te schatten. De database van kantoren uit de BAG verrijkt met de energielabeldatabase vormen het vertrekpunt:

- **Schatting 1:** In het 'Energiekompas Kantoren' zijn percentages vastgesteld voor warmtepomp adoptie per labelklasse in 2019. De hoeveelheid warmte geleverd door warmtepompen in de dienstensector is volgens de 'Monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving' tussen 2019 en 2024 bijna verdubbeld. Gezien de verder verwachte stijging in 2025 zou dit nu ruim verdubbeld zijn. De percentages uit 'Energiekompas Kantoren' worden verdubbeld en toegepast op de database. Dit resulteert in **2,38 miljoen m² kantoorruimte** in grootschalige kantoren die verwarmd worden met een warmtepomp. De jaarlijkse warmtebehoefte volgens de energielabels van deze kantoren zou neerkomen op **135 GWh** (gemiddeld 57 kWh/m².jr). Ter controle wordt het totaal % warmtepompen in de sector bepaald, wat slechts zou neerkomen op 7,8% in plaats van de afgeleide 11% uit de 'Monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving' zou zijn. Daarmee is deze inschatting dus conservatief.
- **Schatting 2:** Volgens 'Monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving' zijn er 11% warmtepompen in kantorensector. Daarmee zouden 10.715 van de 97.411 kantoren met een warmtepomp verwarmd worden. Indien we deze warmtepompen in toenemende mate verdelen over de kantoren met energielabelklasse A en hoger, resulteert dit in 25% bij label A tot 45% bij label A+++++ om op de 11% in de sector uit te komen. Omdat in grootschalige kantoren de hogere energielabels meer voorkomen resulteert dit in 19,2% warmtepompen in grootschalige kantoren. In dat geval zouden **3,39 miljoen m² kantoorruimte** in grootschalige kantoren verwarmd worden met een warmtepomp. De jaarlijkse warmtebehoefte volgens de energielabels van deze kantoren zou neerkomen op **185 GWh** (gemiddeld 55 kWh/m².jr).

De jaarlijkse warmtebehoefte is nu bepaald op basis van de theoretisch bepaalde warmtebehoefte van het energielabel (rekenmethode NTA8800). Het is al vaak aangetoond dat over het algemeen geldt dat de werkelijke warmtebehoefte (in de praktijk) lager ligt dan de theoretische warmtebehoefte (op basis van de energielabelberekeningen). In dat geval zou het baseren van flexpotentieel op basis van deze theoretische warmtevraag een optimistische inschatting zijn. Echter, is aangetoond dat bij label A kantoren het tegendeel waar is²⁵, en de werkelijke warmtebehoefte dus groter is dan de theoretische warmtebehoefte. Dat maakt dat het inschatten van flexibiliteit op basis van de theoretische warmtevraag van het energielabel dus een conservatieve schatting is. Ter validatie kan de gevonden warmtevraag worden vergeleken met een referentie kantoor uit 'Het energieverbruik naar energiefuncties voor Nederlandse kantoren'. Referentie 1 betreft een grootschalig, energiezuinig kantoor voorzien van een warmtepomp met als elektriciteitsverbruik voor ruimteverwarming 15,9 kWh/m².jr, gebaseerd op 41,34 kWh/m².jr warmtevraag. Deze warmtevraag ligt iets lager dan de door ons gevonden warmtevraag. De studie 'Energietabels en het daadwerkelijk energieverbruik van

²⁴ Energiekompas Kantoren, Het werkelijk energiegebruik van kantoren in het jaar 2019 (TNO, 2022)

²⁵ Energietabels en het daadwerkelijk energieverbruik van kantoren (TNO, 2017)

kantoren' vond echter bij kantoren met energielabel A een gemeten warmtevraag van 86 kWh/m².jr (op basis van 8,6 m³ gas). Daarmee lijken de hier gevonden waarden reëel.

Piekvraag ruimteverwarming

Voor het flexibiliteitspotentieel is het van belang om van de jaarlijkse warmtebehoefte af te leiden welk vermogen flexibiliteit geleverd kan worden gedurende welke periode. Tijdens de koudste dagen van het jaar draaien de warmtepompen normaliter op het piekvermogen, en kan dus de meeste flexibiliteit worden ontsloten door ze tijdelijk uit te zetten. Echter is het ook van belang in te kunnen schatten hoeveel flexibiliteit ontsloten kan worden op minder extreme momenten.

Om de piekvraag van ruimteverwarming af te leiden van de jaarlijkse vraag wordt de methode gehanteerd waarbij de jaarlijkse vraag gedeeld wordt door het aantal vollasturen (o.a. beschreven in het rapport Onderzoek normering verwarmingssystemen²⁶ van DWA). Het aantal vollasturen is echter lastig te bepalen, zeker wanneer het gaat om kantoren (die beperkte bezettingsuren hebben) en verwarming middels een warmtepomp (wat niet te ver af laten koelen wenselijk maakt). In het rapport van DWA worden voor goed geïsoleerde gebouwen vollasturen van 1.237 (indicatie bouwjaar >2020) tot 1.570 (indicatie bouwjaar 2010-2015) uur gegeven (afgeleid uit 'ISSO-kleintje Hybride Warmtepompen' en deze waarden komen redelijk overeen met het 'Protocol monitoring hernieuwbare energie'²⁷ van RVO). Indien dit wordt aangehouden resulteert dit in een piek warmtevraag van **86-110 MW** (op basis van de conservatieve 135 GWh jaarlijkse vraag) tot **118-150 MW** (op basis van 185 GWh). Dit komt neer op een piek warmtevraag van 36-46 W/m² en 35-44 W/m².

Piekvermogen warmtepompen

Om van de piek warmtevraag naar het elektrische piekvermogen van de warmtepompen te gaan wordt een SPF van 2,6 gehanteerd, zoals bepaald door TNO voor kantoren in 'Het energieverbruik naar energiefuncties voor Nederlandse kantoren'²⁸ conform het protocol monitoring hernieuwbare energie (RVO, 2022). Dit brengt het elektrische piekvermogen van warmtepompen in grootschalige kantoren op **33-42 MW** (op basis van de conservatieve 135 GWh jaarlijkse vraag) tot **45-58 MW** (op basis van 185 GWh), en op 14-16 W/m² tot 13,5-17 W/m².

Dit resultaat is in lijn met de resultaten van een recent wetenschappelijk onderzoek door TU Eindhoven²⁹ waar voor de koudste dag van het jaar bij een relatief groot (3.000 m²), zwaargewicht en goed geïsoleerd kantoorgebouw, een maximum potentieel van 17,5 W/m² verschuifbare elektriciteitsvraag werd gevonden voor een afschakeling van 4 uur binnen een comfortrange van 3 graden.

Realistisch flexibiliteitspotentieel

De capaciteit die de kantoren kunnen beperken tijdens die piekuren hangt sterk af van de thermische massa, interne warmtelast en isolatie van de kantoren. Als inschatting op basis van de interviews en enquêtes nemen we dat de verwarmingscapaciteit met 80%-100% kan worden verlaagd bij alle kantoren voor een periode van 3 à 4 uur, zowel in de ochtendpiek als de avondpiek. Dit zou een totaal flexpotentieel voor ruimteverwarming van **26-58 MW** geven voor grootschalige kantoren met

²⁶ Onderzoek normering verwarmingssystemen (DWA, 2024)

²⁷ Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie (RVO, 2022).

²⁸ Het energieverbruik naar energiefuncties voor Nederlandse kantoren,

²⁹ Investigating the energy flexibility of Dutch office buildings on single building level and building cluster level - ScienceDirect

warmtepompen. Uit enquêtes en interviews kwam naar voren dat kantooreigenaren vertrouwen hebben dat ze hun verwarmingsinstallaties 3 à 4 uur uit kunnen zetten terwijl ze binnen de comfortranges blijven indien voorverwarmd wordt. Er is beperkte data beschikbaar om dit te valideren, maar naast de hierboven genoemde simulatiestudie van TU Eindhoven is er een rapport³⁰ waarbij uit meetdata in een ING-kantoortuin blijkt dat het kantoor in het weekend zeer beperkt afkoelt wanneer de verwarming uit staat, ook bij temperaturen rond het vriespunt. In zo'n geval kunnen de installaties ofwel uitgezet worden of teruggebracht worden naar een minimaal vermogen van ca. 20%, en kan dus de piek met 80-100% worden verlaagd. Indien deze flexibiliteit zou worden ingezet om de ochtend- en avondpiek op het net te ontlasten zou dat het volgende betekenen:

- **De ochtendpiek** op het net is van 07:00 – 10:00. Echter gaan we ervan uit dat het gebouw opent om 08:00. In de praktijk betekent dat dus dat het gebouw 's nachts goed moet worden voorverwarmd vóór 07:00 tot de onderkant van de comfortrange, en dat daarna langzaam de temperatuur gaat afnemen tot 10:00. Daarmee kan het gebouw drie uur flexibiliteit leveren tijdens de ochtendpiek (07:00 – 10:00)
- **De avondpiek** op het net is vanaf 16:00 – 21:00, maar we gaan ervan uit dat het kantoor sluit (voor het grootste gedeelte) om 18:00. Vóór 16:00 moet het gebouw dus voorverwarmd tot de bovenkant van de comfortrange, waarna langzaam de temperatuur gaat afnemen. Daarmee kan het gebouw twee uur flexibiliteit leveren tijdens de avondpiek (16:00 – 18:00).

Deze flexibiliteit zou daarmee tweemaal dagelijks kunnen worden ontsloten gedurende koude winterperiodes. Gedurende de rest van het verwarmingsseizoen kan slechts een deel van deze flexibiliteit tweemaal dagelijks worden ontsloten.

Netbewust koelen

De totale flexibele capaciteit voor netbewust koelen in grote kantoren bedraagt naar schatting **205-256 MW**, zowel tijdens de ochtend als de avondpiek. Dit is gebaseerd op een schatting van het totale vermogen koelinstallaties in grootschalige kantoren en welk percentage daarvan naar beneden bijgesteld kan worden. Dit maximale potentieel kan alleen ontsloten worden tijdens de meest warme periodes. Naar verwachting valt deze maatregel toe te passen bij (nagenoeg) alle kantoorgebouwen in Nederland met een GACS / GBS.

Om het flexpotentieel van netbewust koelen te bepalen worden de volgende stappen doorlopen:

1. Bepalen aandeel koelinstallaties en bijbehorende jaarlijkse koelvraag
2. Bepalen piekvraag koeling
3. Bepalen piekvermogen koeling
4. Bepalen realistisch flexpotentieel

Aandeel koelinstallaties en jaarlijkse koelvraag

Van de 'Monitor Verduurzaming Gebouwde Omgeving 2025' kan afgeleid worden dat 78% actieve koeling toepast. De verwachting is dat koeling meer zal voorkomen in grootschalige kantoren dan in kleinschalige kantoren, dus wordt conservatief aangenomen dat het percentage kantoren met actieve koeling bij grootschalige kantoren 90% zal zijn.

³⁰ [OfficeComfort D2.1 Thermische modellen en energieverbruik](#)

Op basis van de database van kantoren uit de BAG verrijkt met de energielabeldatabase kan de jaarlijkse koelvraag worden benaderd door de warmtebehoefte van de energiebehoefte af te trekken³¹. Dit resulteert in een jaarlijkse koelbehoefte van **602,5 GWh** (gemiddeld 34 kWh/m².jr).

Ter validatie kan ook hier de gevonden koelvraag worden vergeleken met een referentie kantoor uit 'Het energieverbruik naar energiefuncties voor Nederlandse kantoren'. Referentie 1 betreft een grootschalig, energiezuinig kantoor voorzien van een warmtepomp met als elektriciteitsverbruik voor ruimtekoeling van 6,26 kWh/m².jr, gebaseerd op 26,9 kWh/m².jr koelvraag. Deze koelvraag ligt iets lager dan de door ons gevonden warmtevraag.

Piekvraag ruimtekoeling

Voor het flexibiliteitspotentieel is het van belang om van de jaarlijkse koelbehoefte af te leiden welk vermogen flexibiliteit geleverd kan worden gedurende welke periode. Tijdens de warmste dagen van het jaar draaien koelinstallaties normaliter op het piekvermogen, en kan dus de meeste flexibiliteit worden ontsloten door ze tijdelijk op minimaal vermogen te laten draaien. Echter is het ook van belang in te kunnen schatten hoeveel flexibiliteit ontsloten kan worden op minder extreme momenten.

Ook bij koeling hanteren we de methode waarbij de jaarlijkse vraag gedeeld wordt door het aantal vollasturen om van de jaarlijkse vraag de piekvraag af te kunnen leiden. Voor het aantal vollasturen voor koeling wordt 546 aangehouden, voor utiliteit vastgesteld in het rapport 'Toename aandeel hernieuwbare warmte' van TNO³². Dit resulteert in een piek koelvraag van **1.103 MW** (op basis van de 602,5 GWh jaarlijkse vraag). Dit komt neer op een piek koelvraag van 62 kW/m².

Elektrische piekvermogen ruimtekoeling

Om van de piek koelvraag naar het elektrische piekvermogen van de koelinstallaties te gaan wordt een SPF van 4,3 gehanteerd, zoals bepaald door TNO voor kantoren in 'Het energieverbruik naar energiefuncties voor Nederlandse kantoren'³³. Dit brengt het elektrische piekvermogen van warmtepompen in grootschalige kantoren op **256 MW**, en op 14,4 W/m².

Realistisch flex-potentieel

De capaciteit die de kantoren kunnen beperken tijdens piekuren op het net hangt sterk af van diverse factoren zoals de interne warmtelast en zoninstraling. Als conservatieve inschatting nemen we dat de koelcapaciteit met 80%-100% kan worden verlaagd bij alle kantoren voor een periode van 3 à 4 uur, zowel in de ochtendpiek als de avondpiek. Dit zou een totaal flexpotentieel voor ruimtekoeling van **205-256 MW** geven voor grootschalige kantoren met warmtepompen. Uit enquêtes en interviews kwam naar voren dat kantooreigenaren vertrouwen hebben dat ze hun koelinstallaties 3 à 4 uur uit kunnen zetten terwijl ze binnen de comfortranges blijven indien voorgekoeld wordt. Er is weinig data beschikbaar om dit te valideren, het zou goed zijn hier met de partijen die gebouwbeheersystemen beheren een validatie op te doen. In zo'n geval kunnen de installaties ofwel uitgezet worden of teruggebracht worden naar een minimaal vermogen van ca. 20%, en kan dus de piek met 80-100%

³¹ De energielabel rekenmethode hanteert wel enigszins afwijkende bepalingmethoden voor het aandeel van de warmtebehoefte als onderdeel van de energiebehoefte uit BENG1 en de netto warmtebehoefte indicator, maar voor een grove inschatting zal dit getal een goede indicatie geven.

³² Toename aandeel hernieuwbare warmte (TNO, 2024)

³³ Het energieverbruik naar energiefuncties voor Nederlandse kantoren,

worden verlaagd. Indien deze flexibiliteit zou worden ingezet om de ochtend- en avondpiek op het net te ontlasten zou dat het volgende betekenen:

- **De ochtendpiek** op het net is van 07:00 – 10:00. Echter gaan we er vanuit dat het gebouw opent om 08:00. In de praktijk betekent dat dus dat het gebouw moet worden voorgekoeld vóór 07:00 tot de onderkant van de comfortrange, en dat daarna langzaam de temperatuur gaat toenemen tot 10:00. Uiteraard kan het zijn dat er kantoren zijn die goede zonwering en nachtventilatie toepassen en daardoor in de ochtend minder aanvullend hoeven koelen, echter op basis van de interviews lijkt dit nog relatief beperkt het geval te zijn. Toch zwakken we daarom de inschatting van het flexibiliteitspotentieel iets af naar slechts 2 uur van de ochtendpiek in plaats van de volle 3 uur van de ochtendpiek.
- **De avondpiek** op het net is vanaf 16:00 – 21:00, maar we gaan er vanuit dat het kantoor sluit (voor het grootste gedeelte) om 18:00. Vóór 16:00 moet het gebouw dus voorgekoeld worden tot de onderkant van de comfortrange, waarna langzaam de temperatuur gaat toenemen. Daarmee kan het gebouw twee uur flexibiliteit leveren tijdens de avondpiek (16:00 – 18:00).

Deze flexibiliteit zou daarmee tweemaal dagelijks kunnen worden ontsloten gedurende warme zomerperiodes. Gedurende de rest van het koelseizoen kan slechts een deel van deze flexibiliteit tweemaal dagelijks worden ontsloten.

Barrières en randvoorwaarden netbewust verwarmen en koelen

Samenvatting: De belangrijkste redenen dat het flexibiliteitspotentieel van koelen en verwarmen bij grootschalige kantoren momenteel nog niet wordt ontsloten zijn:

- gebrek aan bewustzijn over de mogelijkheid en het belang om flexibiliteit te ontsluiten
- gebrek aan transparantie en inzicht over vergoedingen en contracten
- gebrek aan kennis en uitvoeringscapaciteit voor implementatie
- zorgen over comfortklachten
- focus op verduurzaming en de noodzaak van verdergaande elektrificatie in tijden van netcongestie leiden tot zorgen over voor lange duur gecontracteerd vermogen inleveren

Gebrek aan bewustzijn over de mogelijkheid en het belang om flexibiliteit te ontsluiten

Op basis van de interviews blijkt dat er beperkt bewustzijn is bij kantooreigenaren en -beheerders van hun eigen potentiële rol in het leveren van flexibiliteit. Hoewel zij doorgaans zeer actief bezig zijn met duurzaamheid en zich bewust zijn van netcongestie, wordt flexibiliteit nog nauwelijks gezien als een concrete bijdrage die vanuit het eigen gebouw kan worden geleverd.

Zelfs bij kantoorgebouwen met aanzienlijk technisch flexibiliteitspotentieel, zoals grote warmtepompen, laadpleinen of batterijen, blijkt flexibiliteit zelden expliciet onderwerp van gesprek te zijn. Ook partijen met intensief contact met de netbeheerder geven aan hier niet actief op te zijn gewezen. Hierdoor wordt flexibiliteit niet meegenomen in strategische keuzes rond gebouwbeheer, investeringen of elektrificatie.

Gebrek aan transparantie en inzicht over vergoedingen en contracten

Er is weinig transparantie over vergoedingen en contractvoorwaarden voor flexibiliteit. Kantooreigenaren en -beheerders hebben geen duidelijk beeld van welke vergoeding zij kunnen verwachten bij deelname aan flexibiliteits- of congestiemanagementcontracten.

Er bestaan momenteel geen breed gedragen richtlijnen of referentiebedragen voor de waarde van flexibiliteit. In combinatie met uiteenlopende contractvormen leidt dit tot onduidelijkheid over verplichtingen, risico's en opbrengsten. Dit draagt eraan bij dat flexibiliteit niet als een realistische of strategisch relevante optie wordt beschouwd.

Gebrek aan kennis en uitvoeringscapaciteit

Bij veel kantooreigenaren en -beheerders ontbreekt de kennis en uitvoeringscapaciteit om flexibiliteit te ontsluiten. Dit speelt met name bij de implementatie en het gebruik van gebouwbeheersystemen (GBS), die nodig zijn om flexibiliteit op een structurele en schaalbare manier in te zetten. Hoewel flexibiliteit ook zonder geavanceerde aansturing kan worden gerealiseerd, vraagt een optimale en betrouwbare toepassing in de praktijk om aanvullende kennis en capaciteit.

Energiebeheer vormt voor kantooreigenaren en gebruikers doorgaans geen kernactiviteit, maar een ondersteunende functie. Tegelijkertijd is er een groot en versnipperd aanbod aan GBS- en aansturingsopties, terwijl op meerdere en soms concurrerende doelen moet worden gestuurd, zoals energieverbruik, CO₂-emissies, energieprijzen en netcongestie. Veel partijen hebben onvoldoende inzicht in wat technisch mogelijk is en welke eisen zij aan aanbieders moeten stellen. Hierdoor zijn zij sterk afhankelijk van externe partijen en ontbreekt vaak de capaciteit om flexibiliteit structureel te integreren in het dagelijks gebouwbeheer.

Ook het actief deelnemen aan congestiemanagement, zoals via GOPACS in samenwerking met een Congestion Service Provider (CSP), wordt om vergelijkbare redenen als barrière ervaren. Onvoldoende kennis van de vereiste stappen, in combinatie met onduidelijkheid over verantwoordelijkheden, contractvoorwaarden en financiële consequenties, maakt deelname voor veel kantooreigenaren complex en moeilijk te overzien.

Zorgen over comfort en gebruikersacceptatie

Comfort heeft voor kantooreigenaren en -beheerders de hoogste prioriteit, omdat de productiviteit van kantoormedewerkers de kern van de bedrijfsvoering vormt en energiemangement hierin de praktijk ondergeschikt aan is. Het risico op comfortklachten wordt daardoor gezien als een belangrijke drempel voor het inzetten van flexibiliteit, met name bij kantoren met huurders. Tegelijkertijd blijkt uit de literatuur dat flexibiliteit en comfort verenigbaar zijn. Binnen vooraf gedefinieerde comfortbanden zijn beperkte temperatuurafwijkingen acceptabel voor grote groepen gebruikers, waardoor flexibiliteit kan worden gerealiseerd zonder significante aantasting van het comfort. In het hoofdstuk over de selectie van maatregelen is dit nader toegelicht.

Rollen en belangen binnen de organisatie vormen daarbij een expliciete belemmering in de implementatie. De gebouwbeheerder is degene die direct wordt geconfronteerd met comfortklachten en operationele consequenties wanneer flexibiliteit niet goed wordt toegepast. Tegelijkertijd is dit vaak ook de partij met de meeste kennis van het gebouwbeheersysteem en daarmee degene die in de praktijk het best gepositioneerd is om flexibiliteit te signaleren en te implementeren. De directe prikkel om flexibiliteit te ontsluiten ligt echter niet bij de gebouwbeheerder, omdat de baten veelal elders in de

organisatie neerslaan. Deze mismatch in verantwoordelijkheden en incentives versterkt de terughoudendheid om flexibiliteit toe te passen, ook wanneer dit technisch mogelijk is binnen acceptabele comfortgrenzen.

Spanning met verduurzaming en verdere elektrificatie

Kantooereigenaren ervaren een spanning tussen het ontsluiten van flexibiliteit en andere strategische doelstellingen, met name op het gebied van verduurzaming en verdere elektrificatie.

Duurzaamheidskaders zoals Paris Proof van de Dutch Green Building Council (DGBC) stellen strikte eisen aan het energiegebruik per vierkante meter van kantoorgebouwen. Voorverwarmen en -koelen kan in sommige gevallen leiden tot een lichte toename van het elektriciteitsverbruik (1,5% volgens een studie van Spectral³⁴). Hoewel deze toename beperkt is (circa 1,5% volgens een studie van Spectral), wordt dit door kantooereigenaren ervaren als een spanning met deze duurzaamheidsdoelstellingen die voor veel kantooereigenaren erg belangrijk zijn.

Daarnaast neemt de elektriciteitsvraag van kantoren toe door elektrificatie van verwarming en mobiliteit. In de context van netcongestie zijn kantooereigenaren terughoudend in het verlagen van hun gecontracteerd transportvermogen, uit vrees dat dit vermogen later moeilijk kan worden uitgebreid.

Beperkte kosten vormen geen belemmering

De kosten voor het implementeren van flexibiliteit in kantoorgebouwen worden in de praktijk niet als een wezenlijke belemmering ervaren. Investerings in gebouwbeheersystemen (GBS) zijn relatief beperkt en leveren vaak ook andere baten op, zoals energiebesparing en efficiënter gebouwbeheer, waardoor zij zich (deels) terugverdienen.

Daarnaast kan flexibiliteit ook worden ontsloten zonder geavanceerde aansturing, bijvoorbeeld door structureel voor te verwarmen of te koelen volgens vaste patronen. Dit zou eenmalig kunnen worden ingeregeld. Een GBS is daarmee geen strikte vereiste om flexibiliteit te realiseren, maar maakt het wel eenvoudiger om flexibiliteit dynamisch en efficiënt te optimaliseren.

Voor veel kantoren geldt bovendien dat de implementatie van GBS geen vrije keuze meer is, vanwege Europese regelgeving zoals de GACS-verplichting (EPBD-IV). Het uitblijven van flexibiliteit is daarmee vooral te verklaren door andere belemmeringen, en niet door hoge investeringskosten of technische randvoorwaarden.

4.4 Flexpotentieel van netbewust laden

De totale flexibele capaciteit voor netbewust laden bij grootschalige kantoren bedraagt momenteel naar schatting tussen de **82 en 132 MW**. Dit volledige potentieel kan structureel tijdens de late ochtendpiek (ongeveer 8:00 – 10:00) worden ontsloten, tijdens de vroege avondpiek (16:00 – 18:00) zal sprake zijn van een lager potentieel omdat het aannemelijk is dat niet alle EV's nog laadbehoefte zullen hebben en een deel alweer is vertrokken³⁵. De totale flexibele capaciteit is gebaseerd op een uitwerking van een geschat aantal laadpunten bij grootschalige kantoren en de mate waarin de capaciteit daarvan beneden bijgesteld kan worden. Het minimale potentieel is gebaseerd op de

³⁴ Eindrapport SBIR, netbewuste optimalisatie van kantoorgebouwen (Spectral, 2024)

³⁵ Inschatting EVConsult op basis van inrijddata van projecten

minimale dimensionering van de capaciteit van het laadplein, waarbij wordt aangenomen dat die gedimensioneerd is zodat 70% van de laadpunten gedurende de dag op gemiddeld 3,7 kW zouden laden tijdens kantooruren. Het maximale potentieel is gebaseerd op een dimensionering van 6 kW per laadpunt bij 70% gelijktijdigheid. Naar verwachting valt deze maatregel technisch toe te passen bij (nagenoeg) alle kantoorgebouwen in Nederland met een laadplein.

Om het flexpotentieel van netbewust laden bij grootschalige kantoren te bepalen worden de volgende stappen doorlopen:

1. Bepalen aantal laadpunten bij grootschalige kantoren
2. Bepalen huidige vermogensvraag laadpunten
3. Bepalen aandeel wat te flexibiliseren valt
4. Bepalen realistisch flexpotentieel

Aantal laadpunten bij grootschalige kantoren

Er is geen data bekend over het aantal laadpunten bij grootschalige kantoren. Daarom zijn benaderingen gemaakt, gebaseerd op parkeernormen, de huidige regelgeving voor laadpunten bij parkeerplekken en o.b.v. de zakelijke leasevloot:

- **Benadering vanuit parkeernormen en regelgeving:** Parkeernormen van CROW gaan uit van 2,5 parkeerplek per 100 m² BVO voor kantoren met baliefunctie³⁶. Met 19,5 miljoen m² aan grootschalig kantooroppervlak komt dit uit op 487.500 parkeerplekken. Vanuit de EPBD IV geldt bij nieuwe of gerenoveerde kantoren dat 1 op de 2 parkeerplekken een laadpunt moet hebben. De verwachting is dat deze eis in de zomer van 2026 in Nederland van kracht wordt via wijzigingen in het Bbl. Voor overige kantoren (met meer dan 20 parkeerplekken) geldt dat 1 op de 10 parkeerplekken een laadpunt moet hebben of bij 50% van de parkeerplekken leidingen voor toekomstige laadpunten moet liggen vanaf 1 januari 2027.³⁷ In recente projecten van EVConsult voor grote kantoren ligt het huidige aandeel rond de 4%. Dit aandeel moet dus volgens het Bbl bewegen naar 10%, waarvan we verwachten dat dit binnen het huidige GTV gerealiseerd moeten worden – en waarvoor het dus relevant is om ze binnen een congestiemanagementcontract te vangen. Op basis van 487.500 parkeerplekken en een aandeel van 4 tot 10% aan laadpunten per parkeerplek, ligt het aantal laadpunten bij grootschalige kantoren tussen 19.500 en 48.750.
- **Benadering via de zakelijke leasevloot** in Nederland rijden er momenteel 859.700 zakelijke leaseauto's. VNA geeft aan dat 44,9% van deze auto's begin 2025 een stekker had (BEV en PHEV)³⁸. Dit geeft een totale zakelijk EV vloot van 386.005 voertuigen. Het aandeel dat hiervan aan grootschalige kantoren verbonden is wordt ingeschat op 50%³⁹, wat neer komt op 193.003 EV's. EVConsult schat in dat verhouding 1 laadpunt per 5 zakelijke EV's een goed uitgangspunt is. Dit geeft 38.600 laadpunten bij grootschalige kantoren.

³⁶ https://www.planviewer.nl/imro/files/NL.IMRO.0034.BP1BCDEFLMN01-vg01/b_NL.IMRO.0034.BP1BCDEFLMN01-vg01_rb3.pdf

³⁷ EPBD IV richtlijn, Artikel 14 - https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401275

³⁸ <https://www.vna-lease.nl/feiten-en-cijfers/lease-elektrificatie-2024>

³⁹ Op basis van BAG-data is vastgesteld dat grootschalige kantoren grofweg 1/3^e van het vloeroppervlak van de kantoorsector zijn (op basis van analyse zuivere kantoorfunctie). Echter, verwachten we dat lease-contracten meer zullen voorkomen bij grootschalige kantoren dan bij kleinschalige kantoren. Uiteraard

Op basis van beide benaderingen is gekozen om 35.000 laadpunten bij grote kantoren aan te houden.

Huidige vermogensvraag laadpunten

Naar verwachting valt deze maatregel toe te passen bij (nagenoeg) alle kantoorgebouwen in Nederland met een GACS / GBS.

Het laden bij kantoren vindt over het algemeen plaats met AC-laadpunten. Voor AC-laadpunten bij kantoorgebouwen is 11 kW aan vermogen vaak het technische maximum. Het technische minimum wat de EV's aankunnen is 1,4 kW, hoewel bij een groot deel van de (moderne) EV's het laden ook kan worden stilgezet (slaapmodus). Vanuit de aansluiting heeft het laadplein een totaal beschikbaar vermogen dat dynamisch over de AC-laadpunten kan worden verdeeld.

Kantooreigenaren hebben zelf de keuze hoe ze het laden willen inrichten voor de huurders / werknemers (service level). Buiten de verplichting van de EPBD-richtlijnen voor het minimaal aantal laadpunten, kan het beschikbare vermogen / capaciteit naar eigen wens worden ingericht. Het laden is namelijk geen onderdeel van de kernactiviteiten van een bedrijf. Werknemers zullen op kantoor laden als dit economisch voordelig is en er voldoende laadpunten beschikbaar zijn. De laadbehoefte die niet op kantoor kan worden voldaan zal naar andere plaatsen en tijden verschuiven.

De dimensionering van de capaciteit per laadpunt verschilt dus per kantoorlocatie door verschillen in o.a. het beschikbaar vermogen en keuzes betreft het service level. Voor de minimale dimensionering om het laden op kantoor via AC-laadpunten effectief en interessant te houden (voldoende laadzekerheid), hanteert EVConsult een uitgangspunt van gemiddeld minimaal 3,7 kW vermogen over de hele laadtijd bij 70% gelijktijdigheid⁴⁰. Voor het maximum zou een laadplein technisch gedimensioneerd kunnen worden op 11 kW per laadpunt bij 100% gelijktijdigheid, mits die capaciteit beschikbaar is. In de praktijk ziet EVConsult dat een dimensionering op een vermogen van 6,0 kW bij 70% gelijktijdigheid een meer realistisch maximum is⁴¹.

Een werknemer die 8 uur aan een laadpunt staat heeft met minimaal 3,7 kW aan vermogen 29,6 kWh kunnen laden. Dit komt neer op 148 kilometer aan rijbereik (0,2 kWh/km). Dit is ruim meer dan 49,4 kilometer die werknemers in Nederland gemiddeld per kantoordag rijden.⁴²

Aandeel dat te flexibiliseren valt

Hoewel EV's vaak de hele werkdag (8:00 – 17:00) aan de lader staan, is het flexibiliteitspotentieel voornamelijk interessant voor de late ochtendpiek (8:00 – 10:00). In de ochtend worden de EV's massaal aan de lader gezet en is de laadbehoefte van de EV's het hoogste. In de vroege avondpiek (16:00 – 17:00) is het aannemelijk dat niet alle EV's nog laadbehoefte hebben en enkele EV's alweer zijn vertrokken⁴³.

Indien een kantoor via het GACS instelt dat laden alleen gedurende daluren (de uren buiten de piek op het elektriciteitsnet) mogelijk is (10:00 – 16:00), kan via een AC-laadpunt met een minimale

⁴⁰ Gelijktijdigheid: percentage van het totale aantal laadpunten van een laadplein dat tegelijkertijd met een gekozen vermogen kan laden.

⁴¹ Expert inschatting o.b.v. recente projecten EVConsult

⁴² Gemiddelde afstand per verplaatsing van en naar het werk, personenauto (bestuurder), 2023 - <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/84711NED/table?ts=1766046257990>

⁴³ Inschatting EVConsult op basis van inrijddata van projecten

capaciteit van 3,7 kW al 22,2 kWh leveren. Wanneer met meer dan 3,7 kW geladen wordt is dit nog hoger.

Dit betekent dus dat het voor kantoren mogelijk is om de standaard laadpunten enkel tussen 10:00 en 16:00 te laden. Eventueel met een verhoogde capaciteit tijdens die uren om te compenseren voor de verminderde laadtijd.

Echter hebben kantooreigenaren in verscheidene interviews aangegeven dat ze nog wel een aantal 'domme' laadpunten willen aanbieden, bijvoorbeeld voor gasten. Dat gaat om ongeveer 10% van de elektrische laadpunten. Daarom hanteren we de aanname dat 90% van de laadpunten kan worden geflexibiliseerd.

Realistisch flexibel vermogen

Zonder grote implicaties kan zo'n 90% van de laadpunten bij kantoren zo ingesteld worden dat ze nog enkel in de daluren laden. Met 35.000 laadpunten bij de 2.293 grootschalige kantoren, komt dat neer op 31.500 flexibel te laden laadpunten en een flexpotentieel van minimaal **82 MW** (op basis van 3,7 kW per laadpunt bij 70% gelijktijdigheid) en maximaal **132 MW** (op basis van 6,0 kW per laadpunt bij 70% gelijktijdigheid). Dit is het potentieel bij de huidige geïnstalleerde laadpuntcapaciteit, wat naar verwachting sterk zal stijgen de komende jaren.

Hierbij is van belang dat dit potentieel is ingeschat op basis van het ingeschatte aandeel van het GTV dat gereserveerd is voor het laadplein op de krapste momenten (bijv. tijdens de winterpiek wanneer de warmtepomp draait). Het laadplein zal echter over het algemeen ook gebruik kunnen maken van het aandeel van het GTV dat beschikbaar is voor (bijvoorbeeld) een warmtepomp op het moment dat deze niet op vol vermogen draait. Daardoor zal in de lente en de herfst het flexpotentieel van het laadplein in de ochtenduren hoger zijn dan deze inschatting, omdat meer capaciteit van het GTV gebruikt kan worden dan enkel het deel dat gereserveerd is voor het laadplein. In de totale flexberekening is dit nu niet verwerkt, omdat we inschatten dat daarmee het flexpotentieel in de middag juist lager uit zal vallen, omdat men eerder klaar zal zijn met laden wanneer op hoger vermogen wordt geladen.

Barrières en randvoorwaarden netbewust laden

Aansturing en kosten

Laadpunten die anno 2025 verkocht worden zijn standaard 'slim' en daarmee aan te sturen via een GACS of EMS (energy management system). Het implementeren van netbewust laden zal geïntegreerd moeten worden, idealiter in hetzelfde systeem waarin het gebouw wordt aangestuurd. Dit is voornamelijk een software-matige slag, met lage kosten. Kantoren met oude 'domme' laadpunten dienen deze nog te vervangen om gebruik te maken van netbewust laden.

- We zien nu ook al dat er kantoren zijn die hun laadpleinen slim en dynamisch aansturen. Daarin zien we nu twee categorieën:
 - **Marginaal:** Maximale elektrische vraag van laadplein + gebouw > GTV. Het laadplein wordt gestuurd op beschikbare capaciteit binnen GTV
 - **Op (prijs)prikkels** van buitenaf. Bijvoorbeeld als een kantoor dynamische energietarieven heeft kan het laadvermogen aangepast worden op de meest gunstige prijzen. Dit kunnen ook de flexibele contracten zijn.

Technisch

Naast de laadpunten zouden ook elektrische voertuigen in staat moeten zijn om netbewust kantoorladen te ondersteunen. In de praktijk zijn hier wel enkele barrières te zien:

- Om elektrische voertuigen te kunnen laden is conform de internationaal geldende normen⁴⁴, evenals de nationale afspraken⁴⁵, een minimale stroom van 6 ampère (1,38 kW) vereist⁴⁶. Uit testen in het FlexPower3 project bleek dat niet alle EV's ook daadwerkelijk konden laden op 6A. Voor laadzekerheid werd de minimale stroom op 8A (1,84 kW) gezet.
- Indien het laden volledig wordt stilgezet (slaapmodus), bijvoorbeeld gedurende de piekuren, zijn niet alle 'oude' EV's automatisch in staat om het laden weer op te starten zonder authenticatie van de bestuurder.

Bij de huidige generatie elektrische voertuigen is netbewust kantoorladen geen probleem. Alleen de eerste generatie elektrische voertuigen kan niet ieder model dit. De verwachting is dat deze modellen echter niet veel meer in zakelijke leasevloten zit.

Bestaande prikkels en signalen

Dynamische energietarieven geven eigenaren van kantoorgebouwen al een prikkel om op voordelige tijden met meer vermogen te laden.

Flexibele contracten kunnen indien ze aantrekkelijk genoeg zijn een prikkel zijn om de laadpunten zo in te stellen dat het laadvermogen gedurende piekuren wordt verminderd.

Verenigbaar met andere doelstellingen

- Comfort: De prioriteit moet zijn dat de auto (ver genoeg) geladen is. Dit blijkt echter goed te verenigen met het ontwijken van de ochtend- en avondpiek op het net. Voor bezoekers of medewerkers die maar kort de tijd hebben om te laden kan het echter nodig zijn om toch te kunnen laden tijdens deze momenten. Bij kantoren waar nu al slim geladen wordt zien we dan ook dat er ook een paar 'domme' laadpunten staan, waar men gegarandeerd snel kan laden.
- Prijs: Als het gaat over netbewust laden, dan is dat doorgaans gedreven door dynamische energieprijzen waarop ingespeeld kan worden. Hoge dynamische energieprijzen correleren vaak met piekuren, waardoor netbewust laden financieel gunstig is voor de kantooreigenaren en EV-rijders (indien zij zelf betalen).
- Duurzaamheid: er lijkt hier geen conflict met duurzaamheidsdoelstellingen te zijn. Er wordt namelijk niet meer elektriciteit afgenomen. Wel zou het kunnen dat in de toekomst duurzame elektriciteit meer tijdsgebonden wordt – en dat er daardoor een conflict kan ontstaan.

4.5 Totaaloverzicht flexpotentieel

In onderstaande Tabel 4.3 staat het totale overzicht van het flexpotentieel van de onderzochte maatregelen in grootschalige kantoren. Hybride warmtepompen, thermische buffers en batterijen kunnen deze flexibiliteitsmaatregelen versterken. Alle flexibiliteitsbronnen zijn in principe structureel

⁴⁴ IEC 61851-1 en ISO 15118-3:2017, zie Flexpower3 - <https://elaad.nl/wp-content/uploads/downloads/FlexPower-Rapport.pdf>

⁴⁵ in de NAL Smart Charging Requirements 1.9 en 1.10

tijdens de ochtend- en avondpiek beschikbaar, echter is het potentieel van netbewust verwarmen en netbewust koelen uiteraard sterk seizoensgebonden. Voor alle flexibiliteitsmaatregelen zijn slechts zeer beperkte investeringen nodig, en is er bereidwilligheid om deze te ontsluiten indien de juiste incentives worden geboden. Ter illustratie en verdere duiding is op de volgende pagina een voorbeeldcasus uitgewerkt van een grootschalig kantoor en het flexpotentieel dat daar te ontsluiten is.

Tabel 4.3 – Overzicht flexibiliteitspotentieel grootschalige kantoren

Maatregel / flexibiliteitsbron		Flexpotentieel (MW)		Tijdsdimensie		Verwachte groei	Investerin gen
		Min	Max	Moment	Periode		
1	Netbewust verwarmen	26	58	Elke dag, ochtend- en avondpiek	Koude periodes	Sterk	Ze er beperkt
2	Netbewust koelen	205	256	Elke dag, ochtend- en avondpiek	Warme periodes	Beperkt	Ze er beperkt
3	Netbewust laden	82	132	Elke dag, ochtend- en avondpiek	Altijd	Sterk	Ze er beperkt

VOORBEELD: GROOT KANTORENCOMPLEX MET MAXIMALE FLEXIBILITEITSPOTENTIE

Basiskenmerken:

- **Type:** één eigenaar/beheerder/gebruiker (hoofdkantoor/campus)
- **Omvang:** 60.000 m² kantoorruimte, circa. 4.000 medewerkers
- **Gebouw:** Nieuwbouw en/of sterk verduurzaamd en energiezuinige bestaande bouw (Paris Proof)

Energie infrastructuur:

- **Warmtepomp** (1 MW) gekoppeld aan WKO
- **Elektrisch laadplein** (1,5 MW aangesloten vermogen)
- **Batterij** (1 MW / enkele MWh)
- Grote **PV-installatie** op dak en parkeervoorzieningen
- Geavanceerd **gebouw-beheersysteem** (GBS)

Ambities en randvoorwaarden:

De organisatie stuurt expliciet op **Paris Proof**, energieneutraal en zo laag mogelijke CO₂-emissies. **Comfort**, productiviteit en tevredenheid van medewerkers staan centraal en gelden als harde randvoorwaarden.

Huidige Situatie

Verwarming en koeling (HVAC)

- In de vroege ochtend (circa 06:30–08:30) wordt het gebouw actief op temperatuur gebracht (verwarmen/koelen) om bij aankomst van medewerkers direct aan comforteisen te voldoen.
- De warmtepomp draait in deze periode op relatief hoog elektrisch vermogen.
- Gedurende de dag wordt de binnentemperatuur strak rond één setpoint gehouden, met beperkte inzet van thermische buffers.

Laadplein

- Bij aankomst van medewerkers worden elektrische auto's aangesloten.
- Het laadplein wordt al enigszins beperkt binnen het gecontracteerd transportvermogen (GTV).
- Er is geen expliciete afstemming op netpieken in de ochtend of aan het einde van de middag, het kantoor zal gedurende de ochtendpiek het laadplein laten laden tot het GTV.

Batterij en thermische opslag

- De batterij wordt voornamelijk ingezet om lokaal opgewekte elektriciteit te benutten en het eigenverbruik te verhogen.
- Piekshaving of actieve inzet tijdens congestiemomenten vindt niet plaats.
- Thermische buffers worden ingezet voor stabiele en efficiënte bedrijfsvoering van de warmtepomp, niet om vraag te verschuiven in relatie tot netbelasting.

Gevolg: Het totale elektriciteitsverbruik blijft binnen het GTV, maar de vraag is hoog in de ochtend (06:00–10:00) en blijft gedurende de dag ook aanwezig, ook tijdens het begin van de avondpiek (16:00–18:00).

Toekomstige Situatie

Verwarming en koeling (HVAC)

Voor de ochtendpiek: Het gebouw wordt voor 07:00 geleidelijk voorverwarmd of voorgekoeld.

Tijdens ochtendpiek: De verwarming/koeling wordt uitgezet, dankzij inzet thermische massa, thermische buffer en batterij kan de ochtendpiek overbrugd worden binnen strenge comfortbanden.

Overdag, tussen de pieken: Het GBS wordt slim aangestuurd om energie te besparen en CO₂ te verlagen binnen strenge comfortbanden. In de middag wordt het gebouw voor 16:00 geleidelijk voorverwarmd of voorgekoeld.

Tijdens namiddag-/avondpiek: Idem ochtendpiek kan de namiddag-/avondpiek overbrugd worden binnen strenge comfortbanden.

Laadplein

Tijdens ochtendpiek: Het laadplein staat uit tijdens de ochtendpiek. Er zijn een paar 'noodplekken' op verdere loopafstand van de ingang voor mensen die snel weg moeten en moeten laden. Deze laadpunten worden gevoed uit eigen opwek en de batterij. De ochtendpiek kan overbrugd worden.

Overdag, tussen de pieken: Het laadplein laadt gespreid en vroeg gestuurd, afgestemd op beschikbare netcapaciteit, beschikbare PV-opwek en slim gestuurd op CO₂-emissies van het net.

Tijdens namiddag-/avondpiek: Idem ochtendpiek.

Batterij en thermische opslag

Voor de ochtendpiek: De batterij wordt opgeladen en de warmtebuffers worden voorverwarmd.

Tijdens ochtendpiek: Batterij en warmtebuffers worden (voor zover nodig) ontladen ten behoeve van HVAC en laadplein.

Overdag, tussen de pieken: Batterij en warmtebuffers worden geladen, afgestemd op beschikbare netcapaciteit, beschikbare PV-opwek en slim gestuurd op CO₂-emissies van het net.

Tijdens namiddag-/avondpiek: Batterij en warmtebuffers worden (voor zover nodig) ontladen ten behoeve van HVAC en laadplein.

Max. flex potentieel: 1 MW, 3-4 uur

Max. flex potentieel: 1.5 MW, 2 uur

Gevolg: Het energieprofiel van het kantorencomplex is fundamenteel veranderd, met alle belasting van verwarmen/koelen en het laadplein buiten de pieken op het net. Tijdens de grootste pieken wordt flexibiliteit ontsloten in de orde grootte van 2.5 MW. Er zijn amper tot geen investeringen nodig geweest om dit mogelijk te maken en er is niet ingeleverd op comfort. Op het gebied van duurzaamheid en kosten zijn win-wins behaald doordat de prijzen en CO₂-emissies lager zijn buiten de pieken op het net.

4.6 Incentives om flexibiliteit te ontsluiten

Bereidheid om flexibiliteit te ontsluiten

Flexibiliteit bij kantoren wordt voornamelijk gerealiseerd via verwarming, koeling en elektrisch laden. Door deze installaties anders in te regelen kan elektriciteitsvraag worden verschoven buiten de ochtend- en avondpiek. Dit maakt kantoren technisch goed in staat om structurele afnameflexibiliteit te leveren op vaste tijdstippen via congestiemanagementcontracten. Daarmee zijn kantoren een kansrijke sector om met een gestandaardiseerde aanpak flexibiliteit te ontsluiten, waarbij aantrekkelijke congestiemanagementcontracten actief aan worden geboden aan eigenaren of beheerders van kantoren.

Uit de analyse blijkt dat het beperkte ontsluiten van flexibiliteit bij kantoren niet wordt veroorzaakt door hoge investeringskosten of technische beperkingen, maar vooral door onzekerheid over comfort, energiegebruik, contractvoorwaarden en opbrengsten. Beleidsmaatregelen en financiële prikkels zouden daarom primair gericht moeten zijn op het verlagen van deze onzekerheid en het creëren van vertrouwen, zodat kantooreigenaren en -beheerders flexibiliteit als een realistische en beheersbare optie kunnen beschouwen.

Cruciale randvoorwaarde: bewustwording, vertrouwen en bewijs uit de praktijk

Een centrale randvoorwaarde voor het opschalen van flexibiliteit bij kantoren is het vergroten van het bewustzijn binnen de sector over de eigen potentiële bijdrage op dit vlak. Uit de analyse blijkt dat veel kantooreigenaren en -beheerders zich weliswaar bewust zijn van netcongestie, maar flexibiliteit nog onvoldoende zien als een concrete en toepasbare bijdrage vanuit het eigen gebouw.

Pilots en voorbeeldprojecten kunnen hierin een sleutelrol spelen. Door inzichtelijk te maken wat dit in de praktijk betekent, wordt flexibiliteit tastbaar en voorstelbaar voor de sector. Tegelijkertijd leveren dergelijke pilots de meetdata die nodig zijn om vertrouwen te creëren dat flexibiliteit kan worden gerealiseerd binnen vooraf gedefinieerde comfortbanden en met slechts een beperkte toename van het totale energieverbruik.

Dit draagt niet alleen bij aan het wegnemen van comfortzorgen, maar ook aan het onderbouwen van de verenigbaarheid van flexibiliteit met duurzaamheidsdoelstellingen. Door deze inzichten sector breed te delen, kan een lerend effect ontstaan dat de bereidheid om flexibiliteit toe te passen vergroot.

Financiële vergoeding: Transparante en voorspelbare vergoedingen en contracten

Een belangrijke randvoorwaarde voor het ontsluiten van flexibiliteit bij kantoren is transparantie en voorspelbaarheid in financiële vergoedingen en contractvoorwaarden. Kantooreigenaren en -beheerders hebben momenteel geen duidelijk referentiekader voor de waarde van flexibiliteit en de bijbehorende verplichtingen. Gestandaardiseerde congestiemanagementcontracten met proportionele en voorspelbare vergoedingen kunnen deze drempel verlagen. Uit de interviews blijkt dat voor veel kantooreigenaren een kostendekkende vergoeding volstaat, zolang eventuele meerkosten worden gecompenseerd. Voor commerciële verhuurders kan een aanvullende financiële prikkel nodig zijn om flexibiliteit strategisch aantrekkelijk te maken, bijvoorbeeld richting huurders.

In onderstaande tabel zijn indicatieve vergoedingen uitgewerkt voor een grootschalig kantoor van 10.000 m². Hierbij is onderscheid gemaakt tussen kostendekkende vergoedingen (relevant voor eigenaar-gebruikers) en een aanvullende prikkel (met name relevant voor verhuurders die in de interviews aangaven dat een orde van grootte vergoeding van 10% van de energierekening behorende bij de betreffende maatregel, laden/koelen/verwarmen, een goede incentive zou zijn).

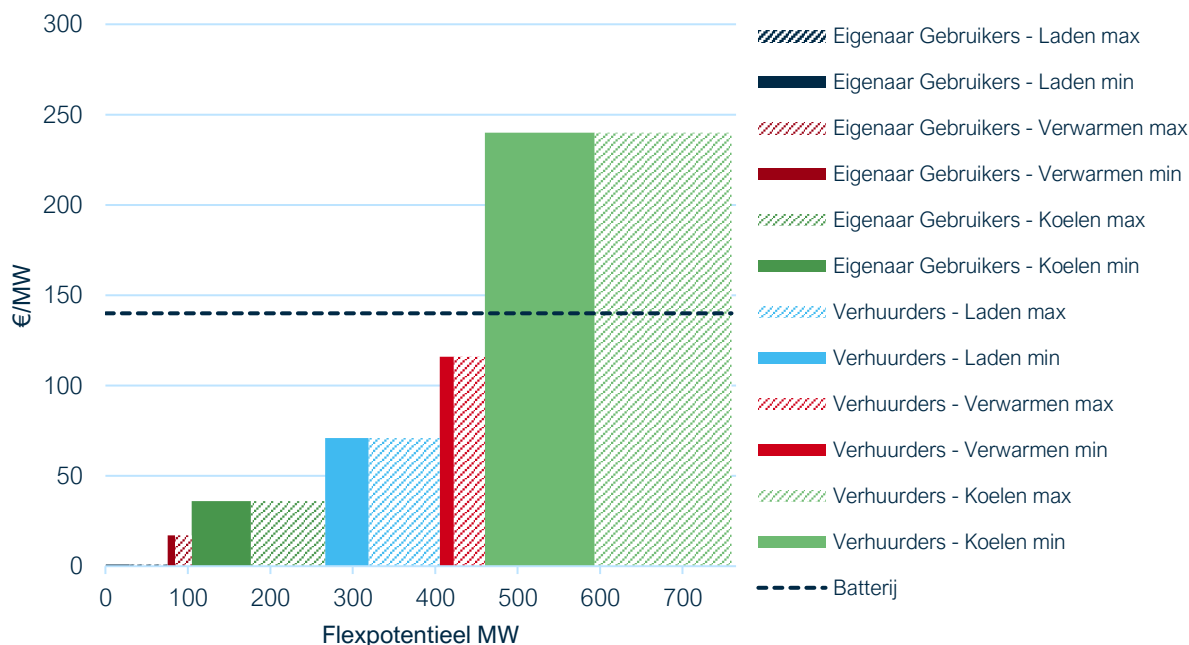
Deze bandbreedtes zijn indicatief en bedoeld als ondersteuning voor beleidsontwikkeling en contractvorming (zie ook Figuur 4.5). Naast deze relatief beperkte jaarlijkse vergoeding voor het leveren van flexibiliteit zou het goed zijn een afsluitvergoeding aan te bieden om te compenseren voor de tijdsinvestering en eventueel juridisch advies bij het afsluiten van het contract.

Tabel 4.4 – Geschatte flexibiliteitspotentieel voor een grootschalig kantoor van 10.000 m² en indicatieve benodigde vergoedingen.

Type flexibiliteit	kW flexibiliteit ¹	Aantal uren ²	Aantal MWh	Laag (Eigenaar-Gebruikers)			Hoog (Verhuurders)		
				Kostendekkend			10% jaarlijkse energiekosten		
				Vergoeding Totale Flex	Vergoeding per MW oproepbaar	Vergoeding per MWh	Vergoeding Totale Flex	Vergoeding per MW oproepbaar	Vergoeding per MWh (aanname X uren)
Verwarmen	150	585	88	€ 1,526	€ 10,175	€ 17	€ 10,175	€ 67,833	€ 116
Koelen	144	182	26	€ 944	€ 6,552	€ 36	€ 6,290	€ 43,681	€ 240
Laden	55	750	41	€ 0	€ 0	€ 0	€ 2,897	€ 52,910	€ 71

¹ kW flexibiliteit is bepaald door 10.000m² te vermenigvuldigen met de gemiddelde piekvermogens voor koelen (14,4 W/m²) en verwarmen (15 W/m²), en 16,13 laadpunten met gemiddelde flexibiliteit vermogen van 3,395 kW.

² Het aantal uur flexibiliteit is bepaald door het aantal vollasturen verwarmen (1.404) en koelen (546) te delen door het aantal uur dat per dag verwarmd / gekoeld (12) wordt om het aantal vollast dagen te bepalen, en te vermenigvuldigen met het aantal uur flexibiliteit dat per dag geleverd kan worden voor verwarmen (5) en koelen (4). Dit aantal uren is dus het aantal vollast uren dat flexibiliteit geleverd wordt. In de praktijk zullen het dus meer uren zijn, met een lager gemiddeld flexibiliteit vermogen. Het vermeldde vollast flexibiliteit vermogen wordt alleen tijdens erg koude (verwarmen) en warme (koelen) periodes ontsloten. Het aantal uur flexibiliteit voor laden is bepaald door 50 werkweken te vermenigvuldigen met 5 werkdagen en vervolgens te vermenigvuldigen met 3 uur flexibiliteit per dag.



Figuur 4.4 Aanbodkostencurve van alle onderzochte maatregelen in de grootschalige kantorensector. Deze kosten per MWh zijn gebaseerd op het structureel, dagelijks, leveren van flexibiliteit tijdens de ochtend- en avondpiek. Wanneer de flexibiliteit minder uren wordt vergoed, stijgen de kosten in het geval van verhuurders. Verwarmen en koelen is seizoensgebonden en slechts beperkte uren inzetbaar, deze flexibiliteit is niet gelijktijdig te ontsluiten. Ter referentie zijn de kosten van het plaatsen van een batterij⁴⁷ toegevoegd.

Niet-financiële prikkels

Verankering van flexibiliteit in duurzaamheidskaders

Een afzonderlijke prikkel betreft de wijze waarop flexibiliteit wordt gewaardeerd binnen bestaande duurzaamheidskaders. Standaarden zoals *Paris Proof* van de Dutch Green Building Council en certificeringen als BREEAM-NL In-Use sturen sterk op het reduceren van het absolute energieverbruik per vierkante meter. Hierdoor kan flexibiliteit, die in sommige gevallen gepaard gaat met een beperkte toename van het elektriciteitsverbruik, worden ervaren als strijdig met duurzaamheidsdoelstellingen.

Op gebouwniveau kunnen de maatregelen die nodig zijn om flexibiliteit te ontsluiten echter ook bijdragen aan verduurzaming. Gebouwbeheersystemen en batterijen maken het mogelijk om energieverbruik beter af te stemmen op momenten met een lage CO₂-intensiteit of hoge duurzame opwek, en om energieverbruik te reduceren door slimmer in te spelen op bezetting en weersinvloeden. Flexibiliteit en energiebesparing kunnen elkaar daarmee versterken.

Ook op systeemniveau draagt flexibiliteit bij aan verduurzaming. Tijdens piekmomenten op het elektriciteitsnet is de CO₂-intensiteit van de opwek vaak hoger, omdat extra vraag dan relatief vaker wordt ingevuld met fossiele (piek)opwek. Door elektriciteitsvraag te verschuiven buiten piekmomenten wordt piekbelasting verminderd en kunnen (marginale) CO₂-emissies afnemen. Daarnaast ontstaat ruimte voor verdere elektrificatie in de samenleving, wat flexibiliteit tot een ondersteunende factor maakt voor de bredere energietransitie.

⁴⁷ Zie hoofdstuk chemiesector voor onderbouwing van deze kosten.

Om deze synergie te benutten is het noodzakelijk dat duurzaamheidskaders worden verbreed. Door naast absolute energiereductie ook systeemimpact en vermeden emissies mee te wegen, kan flexibiliteit expliciet worden erkend als onderdeel van duurzaam gebouwbeheer en wordt de ervaren spanning tussen flexibiliteit en duurzaamheid verkleind. Dit zou een sterke prikkel vormen voor grootschalige kantoren om flexibiliteit te ontsluiten.

Ontzorging en ondersteuning bij implementatie

Naast financiële prikkels is ondersteuning bij de uitvoering cruciaal. Veel kantooreigenaren beschikken niet over de kennis en capaciteit om flexibiliteit zelfstandig te implementeren, contractueel te organiseren en operationeel te borgen. Energiebeheer is voor hen geen kernactiviteit. Ontzorging kan bestaan uit ondersteuning bij contractvorming, technische inrichting, monitoring en operationele aansturing, bijvoorbeeld via gespecialiseerde tussenpartijen of gestandaardiseerde dienstverleningsmodellen. Door deze uitvoeringslast gedeeltelijk weg te nemen, wordt flexibiliteit ook toegankelijk voor partijen met beperkte interne kennis en capaciteit. eee

Meer Gecontracteerd Transportvermogen (GTV) buiten piekmomenten

Met het aanbieden van afnameflexibiliteit wordt van kantoren gevraagd om energieverbruik in de tijd te verschuiven. Met name bij elektrische laadinfrastructuur wordt de komende jaren een sterke groei in de vermogensvraag verwacht. Deze groei kan grotendeels buiten de ochtend- en avondpiek worden opgevangen, maar vraagt in die uren wel om aanvullend gecontracteerd transportvermogen (GTV).

In de praktijk betekent dit dat het voor kantoren die op de wachtlijst staan voor additionele aansluitcapaciteit aantrekkelijk is wanneer congestiemanagementcontracten worden gecombineerd met een blokstroompropositie, waarbij buiten de piekuren extra GTV beschikbaar wordt gesteld. Dit vergroot de uitvoerbaarheid van flexibiliteit en voorkomt dat het aanbieden van afnameflexibiliteit ten koste gaat van toekomstige groei.

Daarnaast gaven kantoren met batterijen aan dat extra GTV op goed gekozen momenten een aanvullende prikkel vormt. Deze capaciteit kan worden benut om batterijen te laden tijdens perioden met een hoge beschikbaarheid van duurzame opwek, wat bijdraagt aan de verduurzaming van het energieverbruik.

5 Flexibiliteit in de chemische industrie

De chemische industrie heeft een behoorlijk groot potentieel om 200 tot bijna 400 MW aan structurele afnameflexibiliteit te leveren voor het elektriciteitsnet. Het gaat zowel om het dagelijks verschuiven van batchprocessen naar uren buiten de vraagpieken, het netbewust aansturen van utilities, de inzet van eigen regelbaar vermogen, maar ook het incidenteel afschalen van continue productie. Deze laatste optie (met een potentieel van 39 tot 71 MW) is kostbaar, maar kan worden ingezet om de hoogste jaarlijkse verbruikspieken op te vangen en op momenten dat sprake is van fysieke netcongestie gedurende een beperkt aantal uren per jaar. De andere, structurele opties zijn betaalbaar. Een betaalbaar alternatief kan ook bestaan uit de inzet van een batterij, voor zover het transportvermogen buiten de gebruikspieken het opladen ervan toestaat. Om dit te ontsluiten zijn naast passende vergoedingen ook minder risicovolle congestiemanagementcontracten met netbeheerders nodig. Vooral de contractduur voor onbepaalde tijd wordt gezien als een risico. Pas als congestiemanagementcontracten voor bepaalde tijd of met een 'opt-out' beschikbaar komen zullen bedrijven in de chemische industrie er mogelijk interesse in krijgen.

5.1 Beschrijving van de sector

De chemische sector, telt zo'n 380 bedrijven, van kleine startups en mkb-bedrijven tot grote vestigingen van multinationals. De chemische sector is met 34,7 PJ elektriciteitsverbruik in 2024⁴⁸ goed voor ruim 8% van het totale elektriciteitsverbruik in Nederland. De sector bestaat uit diverse typen bedrijven en processen die bepalend zijn voor het energieverbruik. Zo zijn in de basischemie veel grote multinationals actief (BASF, SABIC, Dow), terwijl middelgrote en MKB-bedrijven actief zijn in nicheproducten en toelevering. Het gecontracteerde transportvermogen varieert tussen enkele megawatt tot honderden megawatt.

Belangrijke producten zijn basischemicaliën (ammoniak, ethyleen), kunststoffen, coatings en farmaceutische grondstoffen. De productie ervan vergt energie-intensieve processen zoals stoomkraken, raffinage en elektrolyse. Daarnaast hebben de utilities, zoals koeling, de productie van (pers)lucht, inerte gassen en afvalwaterzuivering, een hoog elektriciteitsverbruik. De aard van de productieprocessen is matig homogeen. Sommige bedrijven produceren opvolgende batches met één product, andere produceren verschillende kleine batches voor meerdere producten. Chemische bedrijven zijn produceren volcontinue en zijn gebaat bij een vlak, stabiel patroon. Er is veelal sprake van een constante load curve over het jaar, waarbij het elektriciteitsverbruik redelijk constant is.

Chemische bedrijven zijn in belangrijke mate geclusterd in 5 industriële clusters. Voor de productie, het vervoer en het gebruik van bijvoorbeeld grondstoffen en energie zijn deze clusters onderling nauw

⁴⁸ CBS, zie <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/83989NED/table?dl=CCDD8>; de brondata is geraadpleegd in Q3 2025. Sindsdien is het voorlopige cijfer voor 2024 naar beneden bijgesteld. In de concept-eindversie van dit rapport zal deze aanpassing verwerkt worden.

met elkaar verbonden en wordt er intensief samengewerkt. Clusters bieden kansen voor collectieve flexibiliteit en synergie met (duurzame) opwekking en transport. Binnen de vijf clusters zijn zowel grote als kleine bedrijven dicht bij elkaar te vinden. Bedrijven buiten deze vijf clusters (het zogenoemde cluster 6) zijn veelal kleiner in omvang en hebben minder schaalvoordelen van de geclusterde infrastructuur, maar kunnen wel in congestiegebieden liggen. Hieronder wordt de rol van de chemische industrie in alle clusters kort toegelicht:

1. **Rotterdam-Moerdijk** Een groot chemie- en raffinagecluster (Botlek, Maasvlakte) en een hub voor logistiek en energietransitie met ruim 120 industriële bedrijven, waaronder 45 (bio)chemiebedrijven en vijf olieraffinaderijen.
2. **Chemelot** Een van de grootste chemieparken van Europa waar kunststoffen, grondstoffen en tussenproducten voor kunstmest, kleding en medicijnen worden geproduceerd. Bij elkaar gaat het om meer dan 200 bedrijven, het merendeel betreft chemie of chemie-gerelateerd.
3. **Noord-Nederland** Omvat de Eemshaven, Delfzijl en Emmen (Chemport Europe), met ruim 150 bedrijven die actief zijn in energie, chemie, agro-food, datacenters en recycling. In Emmen zijn grote chemiebedrijven als Teijin en DSM gevestigd en in Delfzijl worden basischemicaliën geproduceerd.
4. **Zeeland/West-Brabant** Belangrijke cluster met een sterke aanwezigheid van chemie, raffinaderijen en andere zware industrie (bv. Terneuzen)
5. **Noordzeekanaalgebied** strekt zich uit van de IJmond tot het Amsterdamse Westelijk Havengebied. Het cluster omvat een mix van zware industrie, energie, logistiek en chemie.
6. **Cluster 6** Bestaat uit 450 bedrijven verspreid over Nederland, waaronder middelgrote en kleine chemische productielocaties (voornamelijk fijnchemie)



Figuur 5.1 - Geografische verspreiding van chemiebedrijven in Nederland over de 5 industrieclusters en het zesde cluster

In de vijf clusters wordt veel samengewerkt. Veel tussen- en bijproducten worden doorgeleverd om vervolgens tot eindproduct te worden verwerkt. Daarnaast worden veel technische gassen (stikstof,

waterstof, zuurstof) geleverd door gespecialiseerde bedrijven en worden via een gasleidingen geleverd. Samenwerking op het gebied van elektriciteit vindt niet tot zeer beperkt plaats aangezien dit wettelijk niet is toegestaan. Op verschillende energieterreinen zijn al initiatieven om samen te werken om het elektriciteitsnet beter te benutten.

Transportschaarste is een belangrijk thema in de sector. Elektrificatie is voor de sector een groot onderdeel van verduurzamingsstrategieën, daarbij kampen bedrijven met vertraging vanwege wachtlijsten voor extra transportcapaciteit. Er is in de afgelopen jaren in de sector al veel onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om te flexibiliseren, maar de welwillendheid om productieprocessen te flexibiliseren is nog laag. Bedrijven zijn huiverig om procesmatige aanpassingen te doen vanwege financiële, juridische, procesmatige of veiligheidstechnische onzekerheden.

De locatie, schaal, bedrijfsvoering en verbruiksprofielen qua elektriciteitsvraag van bedrijven zijn van invloed op de mogelijke bijdrage aan flexibiliteit. Grote bedrijven hebben doorgaans grotere vermogens, waardoor de impact van flexibilisering groter is. Daarnaast zijn er nog een aantal grotere chemische bedrijven die hun eigen elektriciteitsopwekking hebben in de vorm van stoom- en/of gasturbines in warmtekrachtkoppelingen (WKK's).

Gecontracteerd vermogen in de chemische industrie

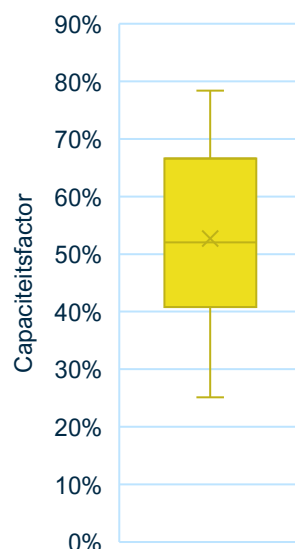
Het elektriciteitsverbruik van de gehele sector was in 2024 9,6 TWh waarbij de sector typisch een relatief constant elektriciteitsverbruik heeft over circa 8.000 uur per jaar. De capaciteitsfactor weerspiegelt de mate van benutting van het GTV. Met de capaciteitsfactor kan teruggerekend worden wat het totale GTV van de sector is, zodat het potentieel van flexmaatregelen bepaald kan worden.

Voor dit onderzoek zijn de uurprofielen van 25 chemische bedrijven met elkaar vergeleken, variërend in grootte, processen en al dan niet eigen opwek. De capaciteitsfactor in de chemie wordt gekenmerkt door:

- Productie in continuebedrijf in 5 ploegen (loadfactor typisch 50-67%)
- Eigen opwek voor redundantie elektriciteitsvoorziening (loadfactor typisch 40-50%)

Zoals te zien is in Figuur 5.2 is sprake van een gemiddelde capaciteitsfactor van 53%.

De gezamenlijke elektriciteitsafname van de gebruikte uurprofielen is 710 GWh. Dit is circa 7% van de totale chemische sector. Op basis van de gemiddelde capaciteitsfactor wordt het totale vermogen van de chemische sector ingeschat op 2 GW.



Figuur 5.2 - Gemiddelde capaciteitsfactor in onderzochte chemiebedrijven

5.2 Selectie van maatregelen, methodiek en totaalbeeld

Aan de hand van literatuur,^{49 50 51} eigen expertise van KWA Bedrijfsadviseurs en gesprekken met brancheorganisatie Koninklijke Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie (VNCI), is een groslijst opgesteld van maatregelen. Daarbij is gekeken naar maatregelen voor het flexibel inzetten van huidige technologieën door proces,- en bedrijfsaanpassingen, niet om investeringen in andere technologieën die additioneel transportvermogen vergen, zoals elektrificatie of hybridiseren. De maatregelen uit de groslijst zijn vervolgens in interviews met bedrijven uit de chemische branche getoetst op haalbaarheid en bereidwilligheid onder bedrijven om ze te implementeren. Op basis hiervan zijn de vijf meest kansrijke maatregelen geselecteerd voor verder onderzoek:

1. Verschuiven in de tijd van batchmatige productie
2. Tijdelijk afschalen van continue productie
3. Slimme regeling utilities
4. Plaatsen van batterijen
5. Eigen opwek van elektriciteit

De volgende maatregelen zijn afgefallen na gesprekken met VNCI en bedrijven:

Tabel 5.1 - Overzicht van afgefallen maatregelen voor afnameflexibiliteit in de chemische sector.

Maatregel	Toelichting
Niet gelijktijdig opstarten van apparatuur	Het flexvermogen wat met de maatregel vrij te spelen zou zijn is te gering. Redenen hiervoor zijn dat veel bedrijven al continu produceren en een hoge baseload hebben, dus het aantal bedrijven dat te maken heeft met grote opstartpieken is erg beperkt.
Planning facilitaire afdelingen verschuiven (warehouse, logistiek)	De elektrische last is laag aangezien hier het verbruik hoofdzakelijk wordt bepaald door de verlichting en transportbeweging, waardoor het flexpotentieel laag is. Daarnaast kan de maatregel implicaties hebben op personeel omdat er voldoende personeel buiten de reguliere werktijden beschikbaar moet zijn, wat vaak een grote barrière is.
Noodstroomaggregaat draaien op momenten van piekvraag	Apparatuur voor noodstroomgeneratie is in de meeste gevallen niet geschikt om lange periodes te draaien. Omdat NSA's vaak op diesel draaien heeft de maatregel een negatief effect op de luchtkwaliteit. Daarnaast is het wettelijk niet toegestaan om NSA inzetten voor elektriciteitsproductie indien er geen noodzaak toe is. Dit maakt implementatie van deze maatregel niet realistisch.

⁴⁹ De mogelijke bijdrage van industriële vraagrespons aan leveringszekerheid

⁵⁰ Keuzehulp flexoplossingen & energiebesparing; Liander

⁵¹ INDUSTRIËLE FLEXIBILITEIT: DE COMPLEXE OPGAVE VAN DE FLEX; TKI; 2022

Chemische processen waar mogelijk flexibiliteit ontsloten zou kunnen worden zijn:

- Batchprocessen waarbij exotherme reacties plaatsvinden, zoals bijvoorbeeld polymerisatie, gebruiken vaak aanzienlijke hoeveelheden elektrische energie in de vorm van koeling, roerwerken, pompen en inerte gassen (stikstof). Het planmatig verplaatsen van productie verlaagt de (piek)last van de apparatuur.
- Reactoren waarin oxidatiereacties (reactie met zuurstof) plaatsvinden verbruiken vaak relatief veel elektrische energie. Elektrische energie wordt hierbij verbruikt door blowers of persluchtcompressoren en koeling.
- Continue processen die flexibel kunnen opereren, zoals bepaalde elektrolyseprocessen. Hierin ondergaan stoffen een chemische reactie onder invloed van een elektrische stroom. Met procesaanpassingen kan het mogelijk zijn om het elektrolyseproces flexibel in te zetten. Hier zijn al praktijkvoorbeelden van.
- Het uitstellen van productie van bepaalde producten die op een later moment kunnen worden ingehaald. Dit is mogelijk doordat er productiecapaciteit beschikbaar is op dit moment. Zodra de vraag toeneemt, is er geen flexibiliteit meer te leveren.

Voorbeeld 1:

Een fabriek heeft van één product voldoende overcapaciteit om te kunnen schuiven in de tijdplanning van de productie. Hiermee kan circa 10% van de GTV flexibel worden ingezet. Indien de vraag naar dit product toeneemt is geen overcapaciteit meer aanwezig en de flexibiliteit niet langer worden geleverd. Voor het leveren van flexibiliteit zijn geen additionele investeringen benodigd. De operationele kosten zullen toenemen aangezien de productie.

Voorbeeld 2:

In een chemische fabriek wordt stikstof gebruikt als inert gas. Deze wordt opgewekt met een stikstof generator. Naast de generator staat een vloeibare stikstof opslag als backup voorziening van de eigen stikstof productie. Door meer vloeibare stikstof in te kopen kan de stikstofgenerator van 0,5 MW worden uitgeschakeld. Dit komt overeen met circa 5% van de GTV. De operationele kosten bedragen zo'n €300/MW.

Methode om flexpotentieel vast te stellen en te extrapoleren

Over de vijf geselecteerde procesaanpassingen is in samenwerking met VNCI uitvraag gedaan onder de leden van de VNCI werkgroep energie en klimaat. Deze werkgroep omvat 90 bedrijven die actief bezig met energie. Onder deze bedrijven is een enquête uitgezet en zijn interviewverzoeken gedaan. Dit heeft geleid tot interviews met tien van de bedrijven en dertien ingevulde enquêteformulieren.

De helft van de geënquêteerden geeft aan onvoldoende inzicht te hebben in hoeveel flexibiliteit ze kunnen leveren. Om per maatregel het flexpotentieel te kunnen bepalen voor de gehele branche zijn twee benaderingen uitgewerkt:

- De eerste benadering extrapoleert de resultaten van de enquête naar de gehele sector. Dit betekent bijvoorbeeld dat als drie bedrijven aangeven dat ze batchmatige productie kunnen verschuiven in de tijd en tien bedrijven aangeven die niet te kunnen doen, dat dan wordt aangenomen dat deze verhouding geldt voor de gehele sector.

- De tweede benadering extrapoleert het flexpotentieel van alleen die geënquêteerde bedrijven die daadwerkelijk een potentieel zien voor afnameflexibiliteit. Dit betekent dat als drie bedrijven aangeven dat ze batchmatige productie kunnen verschuiven in de tijd, er vanuit gegaan wordt dat alle bedrijven in de sector met vergelijkbare processen deze flexibiliteit zouden moeten kunnen ontsluiten.

Per maatregel wordt het potentieel voor afnameflexibiliteit in kaart gebracht volgens deze beide methoden, waardoor per maatregel een zeer ruime bandbreedte ontstaat voor het flex-potentieel.

Voor de eigen elektriciteitsopwek met behulp van WKK's is deze methode niet hanteerbaar omdat er maar een beperkt aantal WKK's aanwezig zijn en deze staan opgesteld bij grote installaties waardoor extrapolatie naar de gehele branche niet mogelijk is. Op basis van CBS gegevens is bepaald hoeveel capaciteit aan WKK's staan opgesteld en de geproduceerde elektriciteit is het flexpotentieel berekend. Op basis hiervan wordt de mogelijke bijdrage van WKK's aan het bieden van flexibiliteit berekend.

In de secties hieronder wordt het potentieel voor flexibiliteit van elk van de vijf geselecteerde maatregelen beschreven.

5.3 Flexpotentieel van het verschuiven van batchmatige productie

Batchmatige productieprocessen kunnen technisch gezien vaak op een ander moment plaatsvinden, waarmee de elektriciteitsvraag kan worden verschoven tot buiten momenten verbruikspieken. Dit kan, afhankelijk van het type proces, zowel systematisch als op aanvraag worden toegepast. Bij een productieverschuiving (bijvoorbeeld van secundaire batch-processen met mogelijkheid tot buffering) is geen sprake van productderving. Wanneer een proces op korte termijn stilgelegd kan worden is de flex op aanvraag beschikbaar.

De maatregel kan implicaties hebben op:

- Personeelsbezetting: productie moet mogelijk buiten reguliere werktijden worden ingehaald;
- Energieverbruik: de efficiëntie van de apparaten neemt af doordat ze niet op vollast draaien. Als er geen productie is moeten de apparaten warm gehouden worden of op idle draaien zonder dat er geproduceerd wordt;
- Logistiek: extra transportbewegingen zijn nodig om (tussen)producten of grondstoffen aan- en af te voeren als er niet voldoende opslagcapaciteit aanwezig is.
- Buffercapaciteit: er is extra buffercapaciteit nodig voor grondstoffen of (tussen)producten

Om de maatregel te implementeren moet mogelijk geïnvesteerd worden in automatiseringssystemen en extra buffercapaciteit, inclusief tanks en pompen.

De duur van de afnameflexibiliteit die de maatregel oplevert is zeer variërend, kan kortstondig en langdurig zijn afhankelijk van het proces en de mogelijkheden voor aanpassingen. In de meeste gevallen moet de maatregel minimaal 24 uur van tevoren worden afgeroepen in verband met de benodigde tijd voor planning van de productieketen, logistiek en inzet van personeel.

Van de geënquêteerde bedrijven geeft 30% aan dat verschuiving van de batch processen mogelijk is. Er is een grote spreiding (5% tot 24%) in het vermogen wat zij kunnen flexibiliseren. Het gewogen gemiddelde van dit flexpotentieel in batchprocessen in het GTV van alle geënquêteerden is 0,4%. Het

extrapoleerde potentieel bedraagt tussen circa 5 en 78 MW. Hiermee kan het een bijdrage leveren aan het genereren van afnameflexibiliteit, waarbij geldt dat dit tegen beperkte kosten mogelijk is.

Barrières en randvoorwaarden

Bedrijven zijn niet geneigd om een contractuele verplichting aan te gaan om flexibiliteit te ontsluiten. Beschikbare overcapaciteit is over het algemeen ongewenst of noodzakelijk om verstoringen in het proces te kunnen opvangen. Daarnaast willen bedrijven snel kunnen schakelen wanneer de productievraag toeneemt.

Het implementeren van de maatregel vereist bij de simpelere batchprocessen een aanpassing van de planning. Bij een aantal bedrijven is de planning van de processen en de logistieke bewegingen echter complex. Het plannen van de energie-intensieve producten is niet altijd technisch mogelijk doordat specifieke batches elkaar moeten opvolgen. De aanvoer grondstoffen en afvoer (tussen) producten vergt de nodige aanpassingen zoals wijzigen van extern transport en/of het bouwen van buffers. Er wordt veel nauw samengewerkt in de keten om dit zo efficiënt mogelijk te laten verlopen in het kader van kostenreductie.

Daarnaast heeft niet ieder bedrijf genoeg bestaande ruimte op het GTV, of de elektrotechnische installaties (trafo/kabels) om het benodigde extra vermogen te gebruiken wat benodigd is om de productie later in te halen.

De benodigde (investerings)kosten voor maatregelen 'verschuiven van batchprocessen' en 'afschalen van productie' variëren sterk. Sommige bedrijven kunnen zonder al veel investeringen processen flexibiliseren. Voor andere bedrijven loopt dit op tot meerdere miljoenen euro per MW, wat feitelijk neerkomt op het bijplaatsen van additionele productiecapaciteit. De gewogen gemiddelde CAPEX behoefte voor het ontsluiten van de flexibiliteit komt op €1.520.000/MW. Voor structurele flexibiliteit gaan we uit van een inzet van 1040 uur per jaar gedurende 5 jaar is er een vergoeding nodig van circa €70/MW om deze investeringen terug te verdienen.

De operationele kosten voor deze vorm van flexibiliteit zijn afhankelijk van een aantal factoren. Er zijn extra energie en grondstoffen nodig om inefficiënties op te vangen. Een inefficiënter productieproces met een wat hoger energieverbruik leidt bovendien tot verhoogde kosten van de CO₂-uitstoot.

Beschikbaarheid van personeel is in een aantal gevallen een grote barrière voor het aanpassen van de productieplanning. Het inhalen van productie dient buiten de reguliere productietijden te gebeuren, vaak is dit 's nachts of in de avond. Bedrijven hebben moeite om personeel te vinden dat bereid is om op deze tijden te werken, en de personeelskosten stijgen hiermee ook.

5.4 Flexpotentieel van tijdelijk afschalen van continue productie

Bedrijven kunnen volcontinue productieprocessen tijdelijk afschalen, wat leidt tot een reductie van de benodigde elektrische capaciteit. Daarbij valt te denken aan het aan- of uitzetten van een compressor of een hele fabriek (binnen zekere bandbreedten) flexibeler laten draaien.

Deze productie moet dan op andere momenten weer worden ingehaald. Dit is alleen mogelijk als er voldoende productiecapaciteit beschikbaar is waarmee de uitstelde productie kan worden ingehaald. Daarnaast speelt ook dat de capaciteit van de elektriciteitsvoorziening (trafo, kabels, apparatuur) afdoende moet zijn om meer capaciteit te kunnen leveren zodat de productie daadwerkelijk kan

worden ingehaald. In situaties waarin een bedrijf hetzelfde product op meerdere lijnen produceert, maar niet alle capaciteit nodig heeft is het soms mogelijk om een lijn tijdelijk volledig stil te leggen.

De maatregel kan implicaties hebben op personeelsbezetting, omdat de productie mogelijk buiten reguliere werktijden ingehaald moet worden. Ook kan het leiden tot een hoger energieverbruik, omdat apparaten vaker in deellast draaien en procesapparatuur in de regel het meest efficiënt is in vollast.

Implementatie van deze procesaanpassing vergt mogelijk investeringen in automatiseringssystemen.

De procesaanpassing lijkt relatief eenvoudig te realiseren. Echter, er bestaan operationele risico's zoals het inefficiënter worden van het gehele proces, mogelijke zorgen over kwaliteitsverlies, mogelijke risico's die verband houden met aanvoerketens die gewend zijn om continue te leveren. Hier zullen bedrijven oplossingen voor moeten vinden die financiële consequenties zullen hebben, wat betekent dat vergoedingen voldoende moeten zijn om dit potentieel te ontsluiten.

De duur van de afnameflexibiliteit die deze maatregel oplevert is langdurig, minimaal de duur van één shift, veelal een etmaal of langer. De reductie in productiecapaciteit en verminderde elektriciteitsvraag is echter vaak niet lineair.

De minimale reactiesnelheid voor de inzet van deze maatregel varieert flink tussen bedrijven. Een aantal geënquêteerde bedrijven gaven aan binnen 15 minuten na ontvangst van een signaal te kunnen reageren, terwijl een ander bedrijf aangaf 48 uur nodig te hebben om de maatregel uit te kunnen voeren.

Van de geënquêteerde bedrijven geeft 20% aan dat er flexibel vermogen te ontsluiten is in de processen. Zij kunnen daarmee per bedrijf gemiddeld zo'n 5,6% van hun eigen GTV flexibiliseren.

Het gewogen gemiddelde van dit flexpotentieel in continueprocessen in het GTV van alle geënquêteerden is 3%. Het geëxtrapoleerde flexpotentieel voor continu processen komt daarmee op 39 tot 71 MW.

Barrières en randvoorwaarden

Net zoals bij net verschuiven in de tijd van batchmatige processen is een belangrijke reden waarom het afschalen van continue productie nog niet wordt toegepast een gebrek aan incentive om een contractuele verplichting aan te gaan.

Het afschakelen van een continuproces moet gecontroleerd en zorgvuldig gebeuren, het vereist tijd. Processen moeten bijvoorbeeld eerst tot een veilige temperatuur afkoelen. Veiligheid speelt in de chemie een zeer belangrijke rol. Het aanpassen van procesparameters is ongewenst omdat stabiele productie goed controleerbaar is. Het reduceren van capaciteit is daarom niet altijd mogelijk. Daarbij komt dat reactoren worden ontworpen naar de specifieke reactie die hierin plaatsvindt. Het beïnvloeden van de reactie heeft in meeste gevallen effecten op (voorspelbaarheid van) de productkwaliteit.

De operationele kosten zijn hoog en vaak niet bekend. Een bedrijf geeft bijvoorbeeld aan dat elke onderbreking tot €10.000 aan opstartkosten leidt, waar een andere bedrijf aangeeft €1 miljoen kosten te maken om 1 MW flexibiliteit te ontsluiten. De operationele kosten voor deze vorm van flexibiliteit zijn afhankelijk van een aantal factoren.

Er is een grote onzekerheid en belemmering bij het contractueel structureel verminderen van de productiecapaciteit. Dit heeft te maken met de wisselende overcapaciteit van bedrijven. Wanneer er voldoende, structurele overcapaciteit aanwezig is kan gemiste productie relatief makkelijk worden ingehaald, maar wanneer deze overcapaciteit er niet is gaat dit ten koste van de productie en omzet. Bedrijven geven aan vooral dynamische flex op eigen initiatief (redispatch) te kunnen en willen leveren.

Bestaande prikkels zijn vaak onvoldoende voor bedrijven om de maatregel uit te voeren. Bedrijven zien risico's in groeimogelijkheden en opschaalvermogen bij het leveren van structurele flex. Voor het leveren van dynamische flex willen bedrijven garanties dat productie ieder moment kan worden opgeschaald, dus wordt enkel redispatch als realistisch gezien.

Binnen deze categorie zijn er wel enkele chemische bedrijven die noodvermogen aanbieden aan TenneT. Dit betreft een vooraf gecontracteerde vorm van vermogen, een activatie van noodvermogen komt nauwelijks voor.

Overigens geldt dat door implementatie van de maatregel het proces inefficiënter verloopt, waardoor energieverbruik stijgt. Dit is tegenstrijdig met CO₂ reductiedoelstellingen en leidt mogelijk tot hogere kosten voor de inkoop van CO₂ rechten.

5.5 Flexpotentieel van slimme regeling van utilities

Flexibiliteit kan worden ontsloten door het dynamisch inzetten van utilities zoals warmte, koude, afvalwaterbeheer en technische gassen. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om voorcoelen of voorverwarmen buiten de momenten met een hoge netbelasting om. Daarnaast kunnen utilities als de beluchters van de waterzuivering tijdelijk worden stilgezet of kan voor kortere periodes worden overgeschakeld op back-up. Deze maatregel leidt tot een wat hoger energieverbruik omdat buffering gepaard gaat met energieverlies, en vergt mogelijk investeringen in regelsystemen en extra capaciteit voor buffering van warmte of koude.

De potentie van deze maatregel binnen de chemische sector is beperkt om de volgende redenen:

- Koeling vindt veelal plaats met oppervlaktewater of met behulp van koeltorens, waardoor het elektriciteitsverbruik voor koeling zicht beperkt tot de circulatiepompen (en deze zijn ook nodig bij buffering).
- Verwarming vindt nog steeds voornamelijk plaats met fossiel opgewekte stoom of thermische olie, en nog slechts in beperkte mate met e-boilers en warmtepompen. Het geassocieerde elektrisch vermogen is daarmee beperkt tot pompen en branderventilatoren. De potentie neemt dus wel toe, naarmate de elektrificatie vordert. Daarbij moet opgemerkt worden dat stoom zich lastig laat bufferen (zeer grote opslagvolumes nodig voor beperkte opslagduur). Voor lagere temperatuur processen is warm water wel zeer goed te bufferen, wat wel tot meerkosten leidt.
- Voor productie van stikstof kan een compressor tijdelijk worden uitgeschakeld als voldoende buffercapaciteit aanwezig is. Stikstof(buffers) zijn niet overal aanwezig in de sector.
- Beluchters in een waterzuivering brengen zuurstof in het afvalwater om biologische afbraak van organische stoffen mogelijk te maken. Beluchting betreft circa 50–60% van het totale energieverbruik van een zuivering. Het is mogelijk om beluchters enkele uren uit te schakelen

en later extra beluchters bij te schakelen om pieken in elektriciteitsafname te verschuiven, mits het zuurstofniveau vooraf hoog is, blowers en beluchters om snel op te schakelen en er monitoring is op zuurstof en effluentkwaliteit.

De maatregel lijkt hoofdzakelijk haalbaar bij productie van technische gassen en afvalwaterzuivering.

Een voorbeeld van deze maatregel is een bedrijf dat vloeibare stikstof inkoopt en opslaat in een buffer, en hiermee de eigen stikstofgenerator ontlast of zelfs tijdelijk stillegt, waarmee een stikstofcompressor van 0,5 MW tijdelijk uit bedrijf kan worden genomen. Hiermee wordt 5% van het afgenomen vermogen gereduceerd. De kosten voor de inkoop van vloeibaar stikstof, minus de vermeden elektriciteitsinkoop, zijn €300/MW. De voorraad met vloeibare stikstof biedt een perfecte substitutie, er kan elke moment geschakeld worden.

Een ander voorbeeld is een bedrijf dat gedurende één of twee uur reduceren of stoppen van de beluchting van de afvalwaterzuivering. De beluchters hebben een capaciteit van 0,2 MW. Hiermee kan 2% van het afgenomen vermogen gereduceerd. Het zuiveringsproces kan deze variatie veelal zonder problemen opvangen maar is sterk afhankelijk van het te zuiveren afvalwater. De beluchters moeten na een of twee uur ook weer aan en zijn dan de rest van de dag nodig.

Uit de geënquêteerde bedrijven geeft 15% aan dat er flexibel vermogen te ontsluiten is in de processen. Zij kunnen daarmee 5 tot 7% (gemiddeld 6%) van hun vermogen flexibiliseren. We schatten in dat 75% van de chemische bedrijven deze kansen heeft binnen de utilities. Het gewogen gemiddelde van dit flexpotentieel in utilities in het GTV van alle geënquêteerden is 0,1%. Het flex potentieel voor continu processen komt daarmee op 1,4 MW en 87 MW.

Barrières en randvoorwaarden

Utilities, zoals technische gassen, verwarming, koeling of waterzuivering faciliteren het productieproces, maar vormen samen een relatief groot deel van het opgenomen vermogen van een chemische fabriek. Met voldoende buffercapaciteit kan het energieverbruik van de utilities in de tijd verplaatst worden. De utilities zijn veelal bepalend voor het verloop en veiligheid van het productieproces. Er mag geen risico zijn op uitval. Buffercapaciteit is daarom de eerste vereiste om de maatregel toe te kunnen passen.

Specifiek voor technische gassen en afvalwaterzuiveringen is deze capaciteit regelmatig al aanwezig. Bij waterzuiveringsinstallaties geldt dat de beluchting teruggeregeld kan worden, mits deze op een later moment weer harder kan draaien.

Stikstofinstallaties zijn proceskritisch en zijn daarom vrijwel altijd voorzien van een back-up faciliteit van vloeibaar stikstof. Door over te schakelen op de back-up voorziening kunnen de compressoren enige tijd worden stilgezet. Het draaien vanuit de buffer is duurder dan vanuit de stikstofplant. Deze stikstof wordt aangeleverd per vrachtwagen en elders geproduceerd. Aangenomen wordt dat initiële kosten moeten worden gemaakt voor contracting en softwareaanpassingen van €50.000. De meerkosten van het gebruik van vloeibaar stikstof ten opzichte van zelf geproduceerd stikstof is, op basis van aangeleverde informatie van geënquêteerden, berekend op €300/MW. Daar komen de personele kosten nog bovenop. Die worden ingeschat op één uur per dag.

Uitgaande van een inzet van 1040 uur per jaar gedurende 5 jaar en een marge van 15% op de gemaakte kosten is de benodigde vergoeding voor het ontsluiten van de flexibiliteit in de utilities bedraagt €496/MW.

Een belangrijke randvoorwaarde is dat bedrijven ten alle tijden de utilities weer kunnen bijzetten als dit vanwege veiligheid technisch oogpunt noodzakelijk dreigt te worden. De flexibiliteit zou met huidige financiële prikkels ontsloten kunnen worden, de zorg van bedrijven zit voornamelijk bij bedrijfszekerheid en veiligheid.

5.6 Flexpotentieel door eigen opwek van elektriciteit in WKK's

Bedrijven die zelf elektriciteit opwekken met stoom- of gasturbines kunnen deze inzetten om minder elektriciteit van het net af te nemen. Enkele grote chemische fabrieken hebben eigen elektriciteitsopwekking met WKK's, zoals stoom- of gasturbines, om in de eigen energiebehoefte te voorzien en zo flexibiliteit te bieden. In 2024 waren in de chemische sector 26 WKK installaties aanwezig met een gezamenlijk opgesteld elektrisch vermogen van 1.474 MW.⁵² Gezamenlijk produceren deze installaties 5.600 GWh elektriciteit, wat neerkomt op zo'n 3.800 vollasturen. Dit suggereert dat de gemiddelde capaciteit van deze installaties op zo'n 44% ligt er dus nog significant potentieel is voor de inzet voor flexibiliteit.

Deze installaties worden gebruikt om twee redenen:

- Betrouwbaarheid, waarbij de WKK onafhankelijk van het elektriciteitsnet kan produceren en daarmee borgt dat kritische processen kunnen doorgaan bij stroomuitval. Deze installaties zijn niet beschikbaar voor flexibele operatie.
- Energie-efficiëntie, waarbij de WKK wordt primair voor warmteproductie gebruikt wordt en daarbij ook elektriciteit produceert. Veelal worden deze warmtekrachtcentrales (WKK's) op warmtevraag, dan wel marktgekoppeld bedreven. Deze installaties kunnen dan nu al inspelen op schommelingen in energieprijzen, indien er voldoende substitutie is voor de warmteproductie. Deze installaties kunnen flexibel vermogen leveren voor het net. Een beperkt aantal installaties heeft momenteel al een contract waarmee flexibiliteit wordt ontsloten, veelal voor de balanceringsmarkt.

De WKK kunnen zeer flexibel worden ingezet en kunnen enkele uren worden opgestart en snel reageren op de vraag. Naast de eigen opwekking worden de WKK's ingezet voor meer elektriciteitsmarkten zoals de onbalansmarkt waarmee zoveel mogelijk financieel voordeel wordt behaald met deze WKK's. Het inzetten van deze installaties voor flexibiliteit voor het net moet concurreren met de bestaande elektriciteitsmarkten (day-ahead en intraday) en reserve- en regelvermogen (FCR en aFRR).

Tweederde van het vermogen aan WKK-installaties in de chemische industrie is opgesteld bij de in dit onderzoek geënquêteerde bedrijven. Van 100 MW wordt aangegeven dat deze beschikbaar is voor

⁵² CBS, zie: <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/37823wkk/table?dl=CCDDA>

flexibele operatie, ofwel bijna 10% van het totaal. Wanneer we dit potentieel extrapoleren naar de gehele sector komt het beschikbare vermogen voor 153 MW.⁵³

Kosten voor netbewuste eigen opwek

Veel van de nu al ontsloten flexibiliteit is afkomstig van bedrijven die eigen elektriciteit opwekken.

Het (nieuw) plaatsen van eigen elektriciteitsopwekking valt buiten de scope van de maatregel, het betreft enkel WKK's die al in bedrijf zijn. Er zijn geen extra (CAPEX) investeringen nodig om de eigen opwek in te zetten voor het leveren van flexibiliteit.

Respondenten met WKK's die op fossiele brandstoffen gestookt worden geven aan dat hun zij vanuit hun eigen verduurzamingsdoelstellingen juist de ambitie hebben om deze zoveel mogelijk af te schakelen, bijvoorbeeld in het kader van ESG wetgeving. Hiermee zou het flexpotentieel van de maatregel de komende jaren dus afnemen, en zal er juist meer congestie optreden wanneer de opgewekte elektriciteit ingekocht wordt.

Om de productie voort te kunnen zetten met installaties die gepland zijn te worden uitgefaseerd is een volledige overhaul nodig (40.000 uur revisiebeurt per WKK). De kosten daarvan zijn circa €280.000/MW⁵⁴. Revisie van een 50 MW WKK-installatie komt daarmee op €14 miljoen. Uitgaande van een inzet van 1040 uur per jaar gedurende 5 jaar en een marge van 15% op de gemaakte kosten is de benodigde vergoeding €62/MWh.

Een WKK die extra wordt ingezet kan zijn warmte niet kwijt. Het rendement van de installatie daalt hierdoor. De kosten van voor de elektriciteitsproductie stijgen hierdoor met 55 €/MWh (aangenomen gasprijs 16 €/MWh en een marge van 15% op de gemaakte kosten).

De gemiddelde benodigde vergoeding die nodig is voor het ontsluiten van flexibiliteit met eigen opwekking zonder dat wordt geconcentreerd met regelvermogen komt op €135/MWh.

Er zijn bij bedrijven met een continue warmtevraag geen technische aanpassingen nodig om flexibiliteit te leveren met een WKK. Bij bedrijven met WKK-installaties die nog niet deelnemen op flexmarkten ontbreekt kennis en beschikbaarheid van personeel om de maatregel uit te voeren. Het doorrekenen van de een businesscase in combinatie met de verschillende mogelijkheden, voor,- en nadelen van flexibele contractvormen maakt het complex. De maatregel is uitvoerbaar met bestaande contractvormen. TDTR of CBC contracten zijn hiervoor toepasbaar.

Het is de verwachting dat partijen moeten kiezen tussen het aanbieden van congestiediensten en het aanbieden van regelvermogen op bijvoorbeeld de aFRR. Financieel zal dus ook moeten worden geconcentreerd met deze reeds bestaande markten. De inkomsten die men hiermee kan genereren zijn afhankelijk van de biedstrategie. Uitgaande van 100% acceptatie van biedingen op zowel beschikbaarheid als activatie liggen de inkomsten voor opregelen in 2025 op €180/MW per jaar.⁵⁵ De compensatie moet, uitgaande van een inzet van 1040 uur per jaar, zo'n €324/MW bedragen.

⁵³ Het is bekend dat het Zeeuwse chemiebedrijf Dow mogelijk flexibiliteit kan leveren met haar Elsta-energiecentrale (369MW) in Terneuzen. Gesprekken hierover zijn tijdelijk opgeschort.

⁵⁴ Kostendatabase KWA

⁵⁵ EnergyPool 2025

5.7 Bieden batterijen een alternatief voor afnameflex?

In plaats van één van de hier bovenbeschreven maatregelen kan flexibiliteit (deels) ook wordt ontsloten door elektriciteit te bufferen met een batterij, die buiten congestietijden wordt geladen en tijdens congestie wordt ontladen, mits buiten de pieken voldoende transportvermogen beschikbaar is. Batterijsystemen dienen gedimensioneerd te worden op de beschikbare capaciteit van de aansluiting en het afnameprofiel. Batterijen bieden een hoge mate van flexibiliteit, maar wordt in de chemische industrie nu nog niet grootschalig toegepast omdat operaties momenteel niet gestuurd worden op netcongestie. De potentie ervan is niet additioneel aan dat van de procesaanpassingen. Toch worden batterijen hier behandeld, om te zien of het qua kosten voordeliger is om (deels) in te zetten op batterijen in plaats van afnameflexibiliteit.

Barrières, randvoorwaarden en kosten voor nieuwe batterij-capaciteit

Batterijen worden nog niet op grote schaal toegepast in de chemiesector. Er is grote onzekerheid rondom de businesscase, en bedrijven moeten vanwege beperkte middelen prioriteit geven aan investeringen in compliance, energiebesparing en veiligheid. De kosten voor het plaatsen van batterijsystemen zijn hoog, en er komen extra vereisten aan de opstellingsruimte vanuit wet & regelgeving, zoals de PGS-37 norm. Het plaatsen van batterijen brengt verschillende risico's met zich mee zoals brand, gevaarlijke stoffen, explosiegevaar, etc. Deze risico's dienen te worden onderzocht. Voor het plaatsen van batterijen zijn vergunningen nodig. Dit wordt door bedrijven als een belemmering gezien vanwege de hoge doorlooptijd en werklast voor het aanvragen van de vergunningen. De doorlooptijd van het plaatsen van een batterij kan een jaar of langer zijn.

Batterijen worden in andere sectoren regelmatig ingezet om te handelen op de balanceringsmarkten. Er wordt in Nederland echter snel veel nieuwe batterijcapaciteit geplaatst, waardoor de balanceringsmarkten op een gegeven moment verzadigd zullen zijn. In principe zouden batterijen zowel dynamische als structurele flex kunnen bieden. In de GTV van geënuquêteerde bedrijven zit ruimte, vaak 10-26% van het GTV, maar partijen geven aan ontzorgd te willen worden van aanschaf tot installatie. In de rest van deze sectie wordt ervan uitgegaan dat een bedrijf in plaats van afnameflexibiliteit investeert in een batterij die geheel is gericht op het ontsluiten van flexibiliteit om transportschaarste te verminderen. Hieronder wordt beschreven welke vergoeding nodig zou zijn om het kostendekkend te maken.

Op basis van een studie van EMBER⁵⁶ en eigen expertise worden de investeringskosten voor batterijen ingeschat op €160/kWh. De kale investeringskosten van batterijen zijn €65/kWh. We schatten in de dat de installatiekosten op een chemisch bedrijf in Nederland neerkomen op 96 €/kWh, uitgaande dat er voldoende ruimte op de bestaande trafo aanwezig is. Dit is hoger dan in de studie van EMBER, maar ligt in wel in dezelfde ordergrootte als turn-key installaties die nu worden aangeboden. Een batterij van 4 MW met een overbruggingsperiode van 4 uur heeft dan een CAPEX van €640.000. Uitgaande van 1040 uur flex gedurende 5 jaar, is, met een onzekerheidsmarge van 15%, de CAPEX €35/MW.

Het rendement ligt op circa 85%, het verlies aan elektriciteit moet worden ingekocht voor 0,151€/kWh, wat met een onzekerheidsmarge van 15% resulteert in een OPEX van €105/MW. Er zijn geen

⁵⁶ [How cheap is battery storage; EMBER; 2025](#)

additionele netkosten, we gaan er vanuit dat de batterij wordt geladen op momenten dat er ruimte is op het GTV.

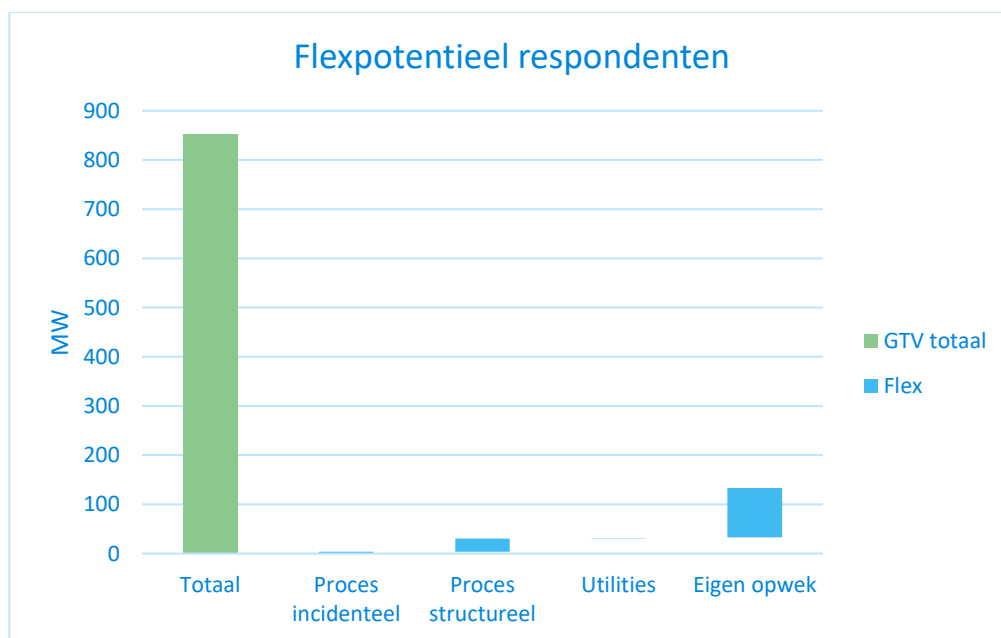
De gemiddelde vergoeding die nodig is voor het ontsluiten van flexibiliteit met een batterij, uitgaande van een inzet van 1040 uur per jaar gedurende 5 jaar bedraagt daarmee €140/MW. Uitgaande van incidentele inzet (250 uur per jaar) komt de benodigde vergoeding op 290 €/MW.

Het is de verwachting dat partijen moeten kiezen tussen het aanbieden van congestiediensten en het aanbieden van regelvermogen op bijvoorbeeld de aFRR. Financieel zal dus ook moeten worden geconcurrereerd met deze reeds bestaande markten. De compensatie daarvoor moet, uitgaande van een inzet van 1040 uur per jaar in de range vallen van €180-290/MW⁵⁷. Deze kosten zijn niet meegenomen in de berekening.

5.8 Totaalbeeld van flexpotentieel en bijbehorende kosten

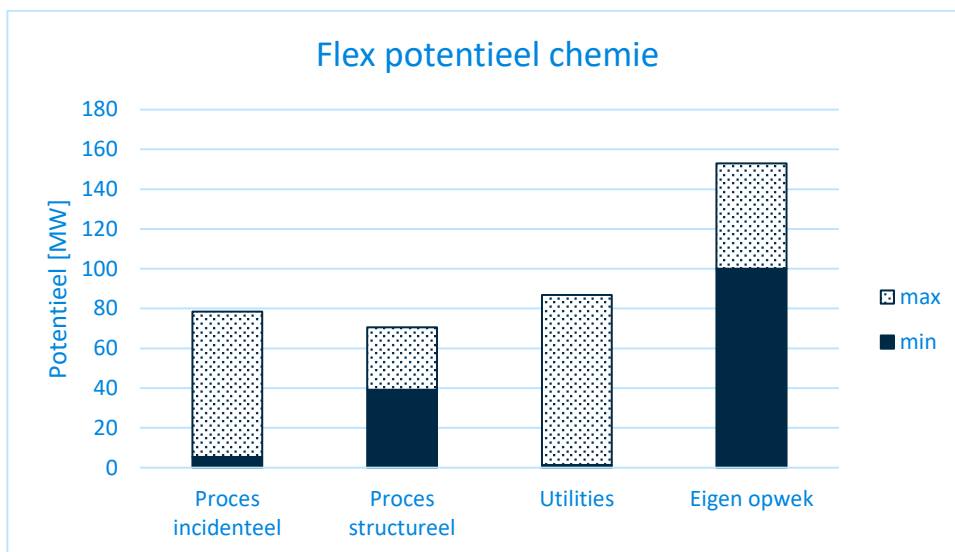
De figuren twee hieronder laten het potentieel voor flexibiliteit van de onderzochte maatregelen onder de geënquêteerde bedrijven zien. Op basis van deze respons is vervolgens geëxtrapoleerd naar de gehele sector, met een laag en een hoog scenario zoals boven beschreven, wat heeft geresulteerd in een flexpotentieel voor de gehele chemie (Figuur 5.4).

Figuur 5.3 - Totaal gecontracteerd vermogen van de geënquêteerde bedrijven en het door hen ingeschatte flexpotentieel.

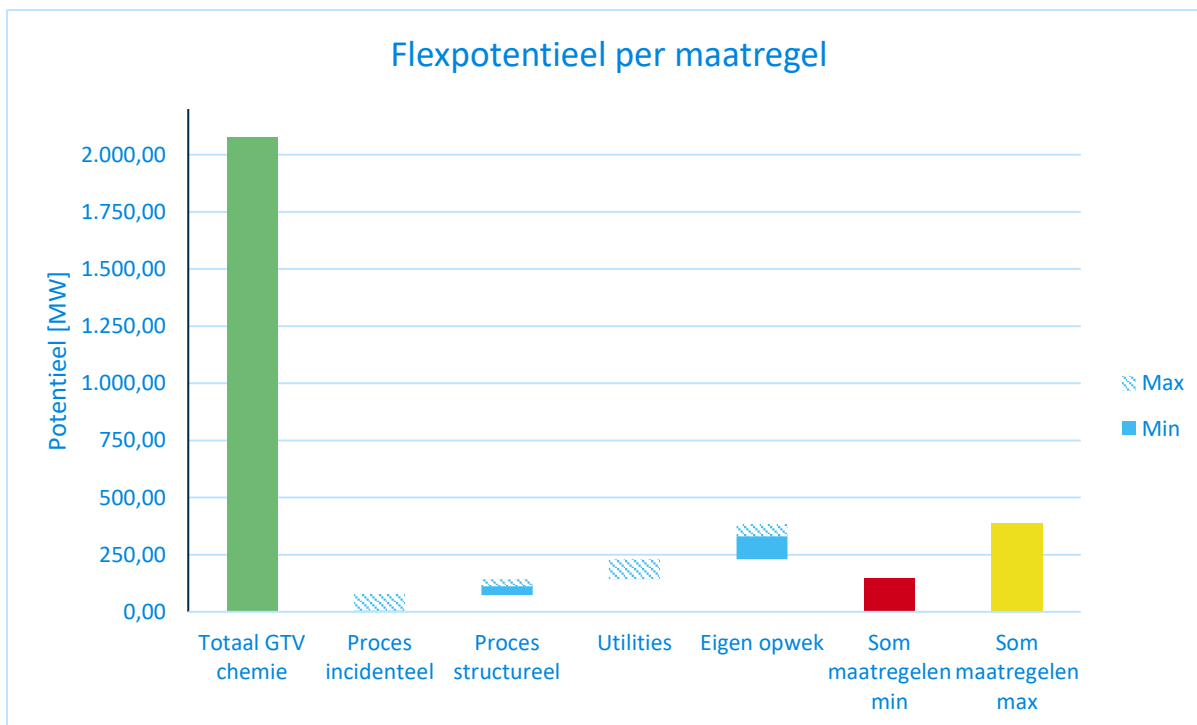


⁵⁷ EnergyPool 2025 Uitgaande van 100% acceptatie van biedingen op zowel beschikbaarheid als activatie liggen de inkomsten voor opregelen/afregelen in 2025

Figuur 5.4 - Totaal flexpotentieel chemiesector met hoog en laag scenario.



De onderstaande Tabel 5.2 en Figuur 5.5 geven een totaaloverzicht van het potentieel voor flexibiliteit. Alleen bij de drie eerstgenoemde maatregelen gaat het om afnameflexibiliteit door procesaanpassingen, daarvan varieert het gezamenlijk potentieel van 46 MW in het lage scenario tot 190MW in het hoge. Naast afnameflexibiliteit kan eigen opwek met bestaande WKK's netbewust worden ingezet, met een potentieel van 153MW. Het totale potentieel komt hiermee op 243 MW in het lage scenario en 389 MW in het hoge scenario. Hierbij geldt dat het hoge scenario geldt als het 'technisch maximum' binnen de sector en dat (naar verwachting) het lage scenario deels rekening houdt met de huidige onaantrekkelijkheid van het aanbod voor congestiemanagement door netbeheerders.

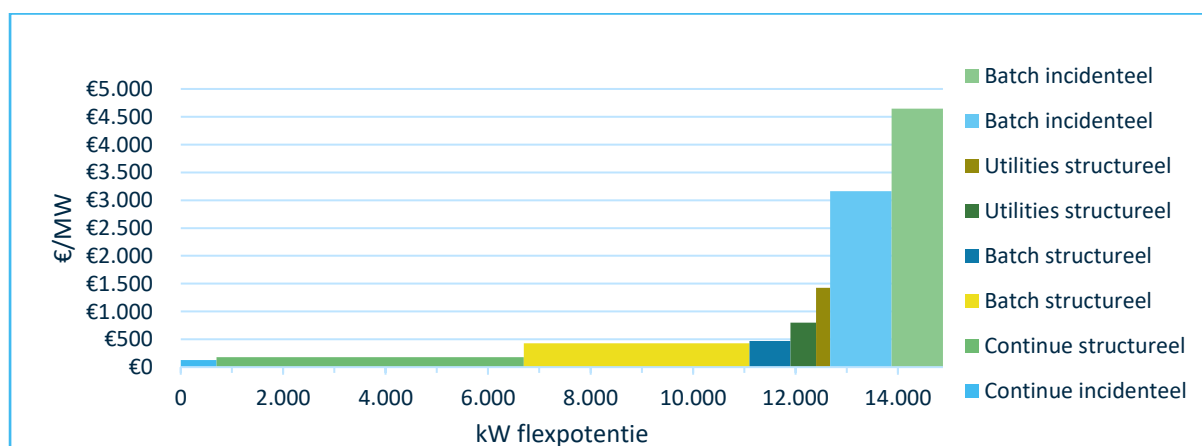


Figuur 5.5 Geëxtrapoleerd flexpotentieel ten opzichte van totaal GTV chemische industrie

Tabel 5.2 – Overzicht flexpotentieel chemische industrie.

Maatregel / flexibiliteitsbron	Flexpotentieel (MW)		Tijdsdimensie		Verwachte groei	kosten
	Min	Max	Moment	Periode		
Batchprocessen verschuiven in de tijd	5	73	Elke dag, ochtend- eof avondpiek	Altijd	beperkt	Beperkt
Eigen opwek	153		Elke dag, ochtend- of avondpiek	Altijd	Beperkt	Beperkt
Slimme regeling utilities	1,5	87	Elke dag, ochtend- en/of avondpiek	Altijd	Hoog	
Afschalen continue productie	39	71	incidenteel	Altijd	Zeer hoog	

Onderstaande figuren geven de kosten weer die geënuquëerde bedrijven moeten maken om flexibiliteit in de processen (verschuiven in de tijd van batchproductie en tijdelijk afschalen van continue productie) en utilities te ontsluiten en te leveren. De gemiddelde vergoeding die nodig is voor het ontsluiten van flexibiliteit met procesmaatregelen komt op €485/MW voor structureel leverbare flexibiliteit en bij 2940 €/MW voor incidenteel leverbare flexibiliteit, met uitschieters tot 4600 €/MW. Hierbij is uitgegaan van een periode van 5 jaar en een inzet van 250 uur per jaar voor incidentele flex en 1040 uur per jaar voor structurele flexibiliteit. In de cijfers is een marge van 15% op de gemaakte kosten opgenomen. Wanneer geen investering is opgegeven is aangenomen dat ten minste kosten moeten worden gemaakt voor contractvorming en signaaluitwisseling en is een stelpost opgenomen van €50.000. Voor de operationele kosten is uitgegaan van personele kosten van één uur per dag à €150/uur, plus additionele kosten, opgegeven door de geënuquëerde bedrijven. Eventuele voordelen op energie-inkoop zijn niet verrekend.

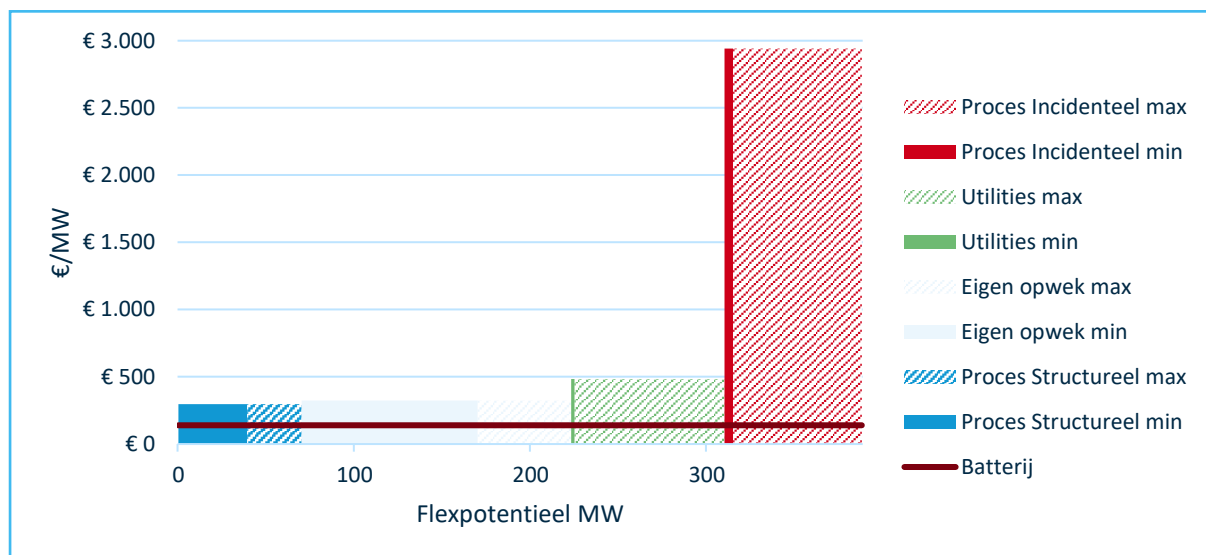


Figuur 5.6 - Aanbodkostencurve van verschuiven batchprocessen, afschalen continue productie en utilities

5.9 Incentives om flexibiliteit te ontsluiten

Zoals beschreven in de vorige secties zijn bedrijven in staat zijn om tijdens piekuren capaciteit beschikbaar te stellen aan netbeheerders. De daadwerkelijke bereidheid hiertoe is sterk afhankelijk van de geboden financiële vergoeding en de contractvoorwaarden, zoals hieronder beschreven. Het is duidelijk dat bedrijven de huidige congestiemanagementcontracten te risicovol vinden.

Onderstaande Figuur 5.7 geeft een aanbodkostencurve van alle onderzochte maatregelen in de chemie. Daarbij wordt duidelijk dat de benodigde vergoeding varieert van circa €300/MW om structureel flexibiliteit te leveren vanuit de processen ruim €2.900/MW per uur aan flexibiliteit voor het tijdelijk afschalen van productie die op een later moment wordt ingehaald. Met 500 €/MW kan een belangrijk deel van dit potentieel worden ontsloten, uitgaande van een structurele inzet van 1040 uur per jaar.



Figuur 5.7 - Aanbodkostencurve van alle onderzochte maatregelen in de chemie op basis van 1040 uur per jaar voor structurele flex en 250 uur per jaar voor incidentele flex voor een periode van 5 jaar.

Financiële vergoeding voor flexibiliteit

- 1. Verhoging van de dynamische vergoeding.** Om flexibiliteit te ontsluiten is een financiële vergoeding nodig om de gemaakte kosten en inspanning te compenseren. Alleen met een voldoende hoge vergoeding zijn bedrijven bereid tot het leveren van additionele flexibiliteit. Om significant potentieel te ontsluiten moet de mogelijke vergoeding ten minste €300 tot €500/MW bedragen, afhankelijk van de genomen maatregel.
- 2. Vergoeding voor investeringen** in flexibilisering van procesapparatuur kan de dynamische vergoeding drukken. Voor vrijwel alle maatregelen in de chemische sector moet geïnvesteerd worden. De huidige Flex-e-regelgeving biedt een beperkte CAPEX-ondersteuning met een te laag maximumbedrag (€300.000) om voor industriële partijen te investeren in flexibiliteit. Investerings tot 2 miljoen euro zijn nodig bij de geënquêteerden om het potentieel te ontsluiten.

Niet financiële voorwaarden

1. **Korte contractduur, opt-out mogelijkheid.** Het aanbieden van dynamische flexibiliteit kent nu een definitief karakter, totdat de congestie is ‘opgelost’ door de netbeheerder. Er is weinig bereidheid tot het opgeven van capaciteit, en de rol van de netbeheerder wordt als inflexibel ervaren. Door een kortere duur of opt-out mogelijkheid af te spreken (bijvoorbeeld na twee of vijf jaar) verlaagt de drempel omdat het toekomstplannen niet meer in de weg hoeft te staan.
2. **Waar nodig meer Gecontracteerd Transportvermogen (GTV) buiten de pieken** voor bedrijven die technisch in staat zijn om flexibiliteit te leveren maar een vlak verbruiksprofiel hebben buiten de pieken en al dicht tegen hun GTV aan zitten. Met het aanbieden van afnameflexibiliteit wordt gevraagd om processen te verschuiven in de tijd. Dan stijgt het verbruik buiten de verbruikspieken en kan het nodig zijn wat extra GTV ter beschikking te stellen om de flexibiliteit te kunnen ontsluiten. Dit zal niet voor alle bedrijven gelden, en zal per bedrijf bekeken moeten worden.

Randvoorwaarden

1. **Regievoering bij contractvorming: het moet duidelijker worden hoe partijen flex kunnen ontsluiten, en wat het van ze vraagt.** Inclusief welke kosten en uitdagingen ermee gepaard gaan, en welke partijen kunnen helpen de contractvorming te organiseren.
2. **Heldere contracten:** In de contracten moeten vage termen (zoals ‘herhaaldelijke overtreding’) worden vermeden. Het opstellen van contracten moet maatwerk kunnen zijn, er is flexibiliteit wat niet met standaardcontracten ontsloten kan worden. Ook de interactie tussen verschillende vormen van flexibiliteit is onduidelijk, wat juridische onzekerheid geeft bij gecombineerde inzet. Een duidelijk proces om tot contractvorming en afspraken te komen is essentieel om flexibiliteit te ontsluiten. Daarbij moet in de procedure zo min mogelijk regionale verschillen bestaan per netbeheer. Regievoering kan verschillen wegnemen en borgen dat belangen van beide partijen gelijk worden gewogen worden.
3. **Eventuele sancties voor het niet leveren van flexibiliteit moeten proportioneel en duidelijk zijn.** Traditioneel hadden bedrijven vaste transportrechten zonder verplichtingen tot flexibiliteit. CBC en TDTR bevatten aanvullende **contractuele verplichtingen, boeteclausules en operationele beperkingen** die direct impact hebben op productie, leveringsverplichtingen en compliance. Contracten krijgen zware verplichtingen opgelegd en het overschrijden van de afgesproken limiet kan direct leiden tot aanzienlijke boetes. Dit is een aanzienlijke drempel tot het leveren van flexibiliteit.

6 Flexibel laden in logistieke bedrijven

Dit hoofdstuk laat zien dat de logistieke sector een behoorlijk groot potentieel voor afnameflexibiliteit heeft, met name door het netbewust laden van elektrische voertuigen gedurende de nacht. Op bestaande aansluitingen zou ongeveer 150 megawatt kunnen worden vrijgespeeld tijdens uren met piekvraag als tussen de vraagpieken 's nachts in minder uren intensiever geladen kan worden. Ook kan de hele groei in elektrisch wegtransport de komende jaren helemaal netbewust plaatsvinden. Netbewust laden is mogelijk zonder extra investeringen. De grootste prikkel voor bedrijven om flexibiliteit op bestaande aansluitingen te gaan aanbieden is versneld meer transportcapaciteit (blokstrook) om zo de elektrische vloot te kunnen laten groeien. Een alternatief kan bestaan uit een congestiemanagementcontract met meer transportvermogen om 's nachts intensiever te kunnen laden in combinatie met een beperkte financiële vergoeding. Een simpele, heldere propositie vanuit netbeheerders kan helpen.

6.1 Beschrijving van de sector

De logistieke sector in Nederland bestaat uit meer dan zeventuizend transport- en logistieke dienstverleners die de nationale en internationale goederenstroom faciliteren. De sector kenmerkt zich in Nederland door een structuur waarin het Midden- en Kleinbedrijf (MKB) de overgrote meerderheid van de ondernemingen vormt. Volgens het CBS hadden alle logistieke bedrijven bij elkaar ruim 150.000 vrachtvoertuigen en ruim 1 miljoen bestelvoertuigen in 2025.⁵⁸ De vrachtvoertuigen worden voornamelijk ingezet voor nationaal en internationaal goederenvervoer. Bestelvoertuigen worden deels direct ingezet door logistieke bedrijven, maar ook voor een breed scala aan aansluitende economische activiteiten, met name in de bouw en de handel.

De sector staat aan het begin van de transitie naar elektrisch rijden. In oktober 2025 waren volgens RVO 4,7% van bestelvoertuigen en 1,2% van de vrachtvoertuigen elektrisch (batterij (BEV) of plug-in hybride (PHEV)).⁵⁹ Van de voor dit onderzoek geïnterviewde logistieke bedrijven ligt het percentage elektrische vrachtvoertuigen ten opzichte van de totale vloot doorgaans ook onder de 5%. De adoptie van elektrische vrachtvoertuigen is in een vroege fase maar groeit snel. Voor de gehele sector verwacht ElaadNL, het kennis- en innovatiecentrum van de netbeheerders voor elektrisch rijden, dat dit percentage in 2030 is gegroeid naar 26% van de bestelvoertuigen en 16% voor vrachtvoertuigen.⁶⁰ De meeste logistieke bedrijven laden de bestelvoertuigen en vrachtvoertuigen op het eigen depot, waarvoor een substantieel hoger gecontracteerd transportvermogen nodig is. Hierbij hebben veel

⁵⁸ CBS statline - <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/85239NED/table?ts=1765965159150> Hier de categorieën vrachtwagens en trekkers (met oplader) opgetelt.

⁵⁹ RVO Dashboard (peildatum oktober) - <https://duurzamemobiliteit.databank.nl/>

⁶⁰ ElaadNL Dashboard, aantal bestel- en vrachtvoertuigen in 2030 - <https://outlook.elaad.nl/>

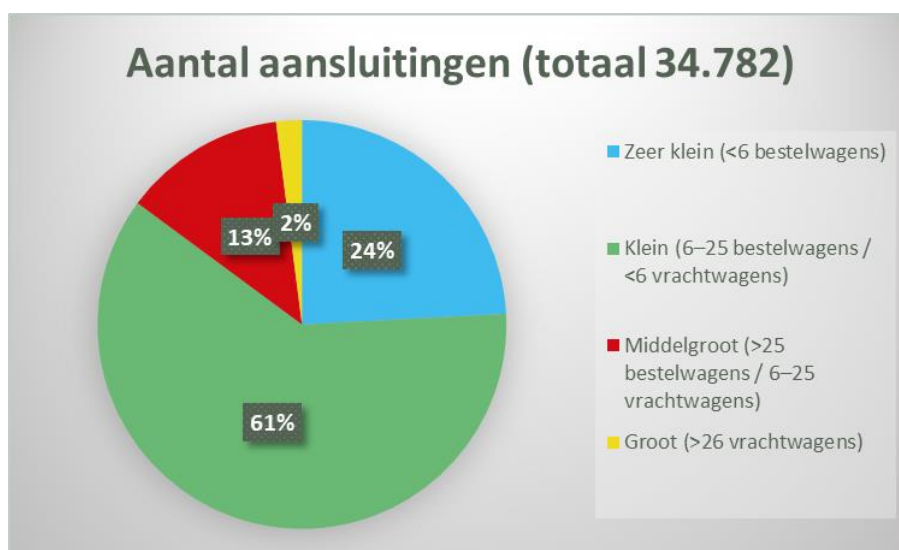
bedrijven last van transportschaarste.⁶¹ Bijna alle logistieke bedrijven staan dus op de wachtlijst om hun gecontracteerd transportvermogen op hun depots te verzwaren.

In de logistieke sector wordt gewerkt met beperkte winstmarges (2% - 3%) op de dienstverlening⁶². Hierdoor hebben zij weinig ruimte om grote investeringen te doen. Aan de andere kant zorgt de beperkte marge wel voor interesse indien flexibiliteit ook een kostenbesparing kan opleveren.

Relevante bedrijven voor het ontsluiten van afnameflexibiliteit

In Nederland zijn in 2025 7.343 logistieke bedrijven actief als werkgever,⁶³ met in totaal 34.782 locaties met netaansluitingen waar bestelvoertuigen of vrachtvoertuigen staan geregistreerd.⁶⁴ Zie Figuur 6.1 voor een verdeling van de aansluitingen o.b.v. de grootte van het wagenpark.⁶⁵

Bedrijvenlocaties met middelgrote en grote wagenparken zullen voor de elektrificatie op korte termijn een grootverbruikaansluiting (> 3x80 A, ofwel meer dan 55kW) nodig hebben. Van deze locaties is aangenomen dat ze relevant kunnen zijn voor het ontsluiten van afnameflexibiliteit middels een congestiemanagementcontract. Locaties met kleine wagenparken zullen pas bij volledige elektrificatie een grootverbruikaansluiting nodig hebben. Locaties met zeer kleine wagenparken zullen veelal geen grootverbruikaansluiting nodig hebben en kunnen daarmee een zeer beperktere bijdrage leveren.



Figuur 6.1 – Aantal aansluitingen van logistieke bedrijven verdeeld o.b.v. de omvang van het wagenpark.

⁶¹ Elaad Outlook Logistiek 2025 Q1

⁶² Inzicht o.b.v. interviews met logistieke partijen

⁶³ Sectormonitor 2025-Q2 – Sectorinstituut Transport en Logistiek (september 2025)

⁶⁴ In 2024 heeft CBS (met ondersteuning van Topsector Logistiek, NAL werkgroep Logistiek en Districon) een koppeling gemaakt tussen eigen bedrijf-adresdata, EAN-data uit het Centraal Aansluitingen Register (CAR) en de wagenparkdata van dataplatform VESDI. Hiermee kon 93% van de bedrijfslocaties met wagenpark gekoppeld worden aan een EAN-code met aansluitingsdata.

⁶⁵ Gebaseerd op een koppeling tussen gegevens van CBS, Centraal Aansluitingen Register (CAR) en Vehicle Emission Shipment Data Interface (ESDI).

Niet alle locaties met middelgrote en grote wagenparken hebben nu al een grootverbruikaansluiting. Volgens het CBS heeft slechts 43% van de locaties met een middelgroot wagenpark en 66% van de locaties met een groot wagenpark een grootverbruikaansluiting⁶⁶. De overige locaties staan naar alle waarschijnlijkheid in de wachtrij voor een grootverbruikaansluiting. De locaties zijn verspreid over Nederland, met grotere dichtheid van depots in stedelijke gebieden, zie Figuur 6.2 voor de huidige verspreiding in Nederland. Een interactieve kaart waarin de prognose wordt gemaakt van de groei van laadlocaties tot 2050, inclusief het laadvermogen en het aantal bestelvoertuigen is beschikbaar via de Nationale Agenda Laadinfrastructuur (NAL).⁶⁷



*Figuur 6.2 – Overzicht van alle logistieke depots in Nederland.
Elke oranje stip vertegenwoordigt een bedrijventerrein met een depot. Bron: [NAL](#)*

⁶⁶ CBS - Koppeling VESDI & CAR rapportage (2025)

⁶⁷ Zie Dashboard bedrijventerreinen – [ArcGis link](#)

6.2 Selectie van maatregelen

De lijst met geïnventariseerde maatregelen om flexibiliteit te ontsluiten is opgesteld door EVConsult in samenwerking met brancheorganisatie TLN en het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Deze lijst is vervolgens getoetst met enkele logistieke bedrijven om te bepalen welke potentieel hebben voor een verdere verkenning. Drie maatregelen zijn geselecteerd voor verdere verdieping:

1. Netbewust laden⁶⁸
2. Inzetten van de aanwezige batterij
3. Collectieve oplossingen

Van deze maatregelen is netbewust laden de meest veelbelovende. Een groot deel van de logistieke bedrijven kan het laden verplaatsen naar buiten de piek, met als randvoorwaarde dat hier ook voldoende transportcapaciteit voor beschikbaar is. Daar waar dit door een gebrek aan transportcapaciteit niet mogelijk is kan de inzet van batterijen en collectieve oplossingen het flexpotentieel ondersteunen of vergroten, dit zijn hiermee flankerende maatregelen.

Hiernaast zijn een aantal mogelijke maatregelen om op korte termijn flexibiliteit te genereren afgevalen na gesprekken met logistieke bedrijven. De reden hiervoor wordt toegelicht in Tabel 6.1.

Tabel 6.1 - Overzicht van afgevalen maatregelen voor afnameflexibiliteit in de logistieke sector.

Maatregel	Toelichting
Aanpassen van ritschema's	Planners hebben al minimale ruimte door klantafspraken, beperkte chauffeurscapaciteit en venstertijden. Daarnaast willen bedrijven vermijden dat elektrisch rijden leidt tot extra voertuigen of dubbele ritten.
Inzet van Vehicle to Grid	Dit wordt technisch en organisatorisch nog niet haalbaar geacht vóór 2030. Er zijn nog zeer weinig logistieke voertuigen die bidirectioneel kunnen laden en de protocollen en normen voor interoperabiliteit tussen voertuigen en laadpunten zijn nog niet gereed.
Inzetten van een aggregaat	Dit botst met de verduurzaming van de vloot. Logistieke bedrijven gaven aan dat ze dan beter op diesel konden blijven doorrijden. Ook zou een aggregaat andere problemen met zich meebrengen zoals verhoogde stikstofuitstoot.
Beperken van logistieke dienstverlening	In gesprekken bleek dat bedrijven deze maatregel zeer onwenselijk achten, omdat het direct invloed heeft op het product dat zij leveren, en daarmee ook de betrouwbaarheid van het bedrijf in het geding komt. Daarnaast zullen de ritten later nog wel uitgevoerd moeten worden, op onconventionele tijden of met extra wagens.

⁶⁸ Netbewust laden wordt soms uitgelegd als het verminderen van het vermogen om te laden tijdens drukke momenten op het stroomnet. In deze studie wordt de term het iets stringenter gehanteerd, namelijk het vermijden van laden tijdens vraagpieken op het net.

Laden op andere locaties

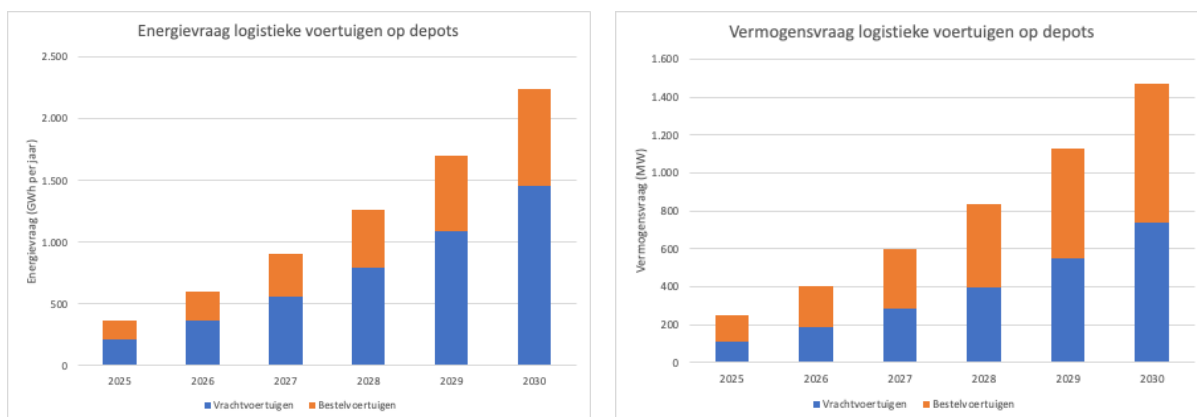
In gesprek met logistieke bedrijven werd deze maatregel als onwenselijk beschouwd omdat laden op eigen terrein altijd goedkoper is en de winstmarges al laag zijn⁶⁹. Het is verder organisatorisch zeer complex, en er zijn maar op zeer beperkt aantal locaties zware snelladers (150 kW) aanwezig, en die niet enkel geïnstalleerd zouden worden om snelladen overdag mogelijk te maken.

6.3 Flexibiliteitspotentieel van netbewustnetbewust laden

Netbewust laden houdt in dat logistieke bedrijven hun laadvermogen structureel of dynamisch afstemmen op de beschikbare netcapaciteit en economische prikkels. Door het laadmoment en het laadvermogen te verschuiven naar daluren (load shifting) kan piekbelasting worden verminderd en kan het elektriciteitsnet efficiënter worden benut.

Elektrisch laden van voertuigen kan relatief eenvoudig worden onderbroken of in vermogen worden teruggeschakeld. Dit komt doordat moderne laadpleinen zijn uitgerust met load balancing-technologie, communicatieprotocollen zoals OCPP,⁷⁰ en real-time aansturing vanuit een energiemanagementsysteem (EMS). Hierdoor kan het laadvermogen dynamisch worden aangepast zonder negatieve effecten op de voertuigbatterij of het laadpunt. Voor logistieke bedrijven is het daarbij vooral van belang dat voertuigen volledig of voldoende geladen zijn op het moment dat ze weer moeten worden ingezet. Netbewust laden in de logistieke sector is nu vooral nog gericht op optimalisatie van het gebruik van de netaansluiting met Dynamic Load Balancing. Volgende fases zijn achtereenvolgens het koppelen met energieprijzen en/of eigen opwek, flexibiliteits- en netbalanceringsdiensten, en teruglevering vanuit de voertuigbatterijen.

ElaadNL heeft o.a. prognoses gemaakt voor de toekomstige energie- en vermogensvraag van bestel- en vrachtovertuigen in de avond en nacht op depots. In hun *Midden scenario* verwachten zij dat de benodigde capaciteit van laadpunten ruim zal vervijfvoudigen naar bijna 1500 MW in 2030 (zie onderstaande figuur).



Figuur 6.3 - Energievraag en vermogensvraag in de logistieke sector 2025 – 2030. Bron: Stichting Elaad

De mogelijkheid om vermogen naar momenten buiten de pieken in elektriciteitsvraag te verplaatsen hangt van de flexibiliteit binnen laadsessies af. Dit is afhankelijk van de totale laadvraag op de locatie

⁶⁹ De logistieke sector opereert gemiddeld met een winstmarge van 2 tot 3% op hun diensten, blijkt uit interviews

⁷⁰ Open Charge Point Protocol - <https://openchargealliance.org/protocols/open-charge-point-protocol/>

en de verhouding met de beschikbare capaciteit in het tijdsvak dat voertuigen aan de laders staan. Dit verschilt van locatie tot locatie en kan veranderen naar mate het aantal elektrische voertuigen toeneemt. Op bestaande laadlocaties op logistieke depots wordt nog zeer beperkt rekening gehouden met netcongestie, blijkt uit de verschillende interviews, inzichten van branchevereniging TLN en verschillende projecten van EVConsult.

Een groot deel van de logistieke bedrijven opereren overdag. Dit houdt in dat de vloten doorgaans tussen 07:00 en 09:00 vertrekken en tussen 17:00 en 19:00 terugkeren op het de depots⁷¹. Logistieke bedrijven geven aan dat voertuigen vaak direct aan laadpunten worden gezet. De voertuigen staan in de avond en nacht stil tot de volgende dag. Voor ieder voertuig is een eigen laadpunt aanwezig aangezien in de nacht geen personeel aanwezig is om de voertuigen aan de lader te wisselen.⁷² In de praktijk betekent dit dat voertuigen gemiddeld twaalf uur aan de lader staan, waarvan tien uur buiten de piek (tussen 21:00 – 07:00). Er is aangenomen dat dit schema voor 70% van alle logistieke bedrijven in Nederland geldt.⁷³ Een voorbeeld van een uitzondering is een pakketbezorgdienst die ook 's nachts rijdt om pakketten tussen distributiecentra te vervoeren, en daardoor andere laadschema's heeft. Bij deze overige 30% van de bedrijven is het lastiger om te duiden of ze gedurende een aaneengesloten periode laden en op welke uren.

Netbewust laden houdt in dat het laden van voertuigen zich beperkt tot de uren tussen 21:00 en 07:00. Biedt dit voldoende tijd om vrachtvoertuigen om in de normale operatie gemiddeld gezien voldoende op te laden zonder grote investeringen in snelladers?

Technisch potentieel

Met voldoende gecontracteerd transportvermogen en de juiste laadinfrastructuur kunnen alle logistieke voertuigen die 's nachts stil staan worden volgeladen. De nieuwe MCS-laadinfrastructuur⁷⁴ is in staat om zelfs de huidige vrachtvoertuigen met de grootste batterijcapaciteit⁷⁵ binnen 1 uur vol te laden⁷⁶. Door de hoge investeringskosten van MCS-laadinfrastructuur i.c.m. de veel ruimere effectieve laadtijd is het niet realistisch dat logistieke bedrijven hiervoor kiezen. Het type en vermogen van de laadpunten wordt gekozen o.b.v. de effectieve laadtijd en het gecontracteerd transportvermogen, met als uitgangspunt dat de kosten (en daarmee het vermogen) zo laag mogelijk moeten zijn. Hieronder zijn voorbeelden gegeven van wat gebruikelijk is voor depot laden:

- **Typisch voorbeeld vrachtvoertuigen:** een vrachtvoertuig met een laadbehoefte van 290 kWh per dag⁷⁷ heeft een effectieve laadtijd van 10 uur op depot. Per uur moet het voertuig gemiddeld 29 kW laden. Voor vrachtvoertuigen wordt vaak gekozen voor een DC-laadpunt met een technisch laadvermogen van 50 kW, wat ruim voldoende is om een vrachtwagen op te laden in tien in plaats van twaalf uur.

⁷¹ Aanname o.b.v. kennis EVConsult en logistieke experts

⁷² Inzichten uit interviews logistieke partijen

⁷³ Aanname o.b.v. inzichten diverse logistieke experts, dit kwam naar voren in afgenomen interviews en een inschatting van branche-organisatie TLN.

⁷⁴ Het Megawatt Charging System (MCS) is een nieuwe internationale laadstandaard voor het laden van zware elektrische voertuigen met ultrahoge vermogens (tot 3,75 MW).

⁷⁵ Gebaseerd op het model Mercedes-Benz eActros 600 met een batterijcapaciteit van 621 kWh

⁷⁶ EVConsult – MCS marktpotentie (2025)

⁷⁷ Elaad Outlook Logistiek 2025Q1

- **Typisch voorbeeld bestelvoertuigen:** een bestelvoertuig in de logistieke sector rijdt ongeveer 190 tot 255 kilometer per dag.⁷⁸ Bij 255 kilometer en een gemiddeld gebruik van 0,3 kWh/km betekent dit dat de laadbehoefte in de nacht 76,5 kWh is. Met een effectieve laadtijd van 10 uur kan dit al met een AC-laadpunt met een technisch vermogen van 11 kW (bij 10 uur is gemiddeld 7,65 kW per uur nodig). Met DC-laadpunten kan het nog sneller maar dit is duurder.

De bovenstaande analyse laat zien dat bij 70% van de elektrische voertuigen de laadvraag kan worden verplaatst naar buiten de uren van piekbelasting op het elektriciteitsnetnetbewust laden mits er voldoende vermogen beschikbaar is in de nachtelijke restcapaciteit bij de netbeheerder. Momenteel is de vermogensvraag voor elektrisch laden op depot in de avond en nacht in de logistieke sector zo'n 220 MW (zie Figuur 6.3), en met netbewust laden (sturen op laden buiten de piek) zou theoretisch 154 MW vermogen vrijgespeeld kunnen worden.

Barrières en randvoorwaarden

Bedrijven optimaliseren mogelijk nu op zoveel mogelijk elektrisch laden binnen het GTV

Er komen steeds meer elektrische vracht- en bestelvoertuigen en logistieke bedrijven lopen daarbij tegen de grenzen van hun GTV aan. Het is daarom goed mogelijk dat bedrijven nu al het aantal elektrische voertuigen gemaximaliseerd hebben binnen het huidige GTV. Dat kan betekenen dat bedrijven alle beschikbare uren tussen 19:00 en 07:00 gebruiken om zoveel mogelijk voertuigen op te laden en niet hetzelfde aantal voertuigen netbewust kunnen laden. Zo is het mogelijk dat een met een GTV van 80kW drie elektrische vrachtwagens heeft die elk 290 kW moeten laden en die 's nachts aan een 50kW-lader staan en elk 12 uur lang ruim 24kWh per uur laden. Voor dit bedrijf is netbewust laden (in 10 uur) binnen het huidige GTV niet mogelijk omdat daarvoor tijdens de nachtelijke uren 87kWh per uur nodig. Dit bedrijf kan dus alleen netbewust laden als 's nachts het GTV kan worden verhoogd van 80kW naar 90kW.

Bedrijven willen groeien, zijn daarom niet geneigd om GTV in te leveren

In het verlengde van het bovengenoemde punt dient in het ontsluiten van het technisch potentieel rekening gehouden te worden met de verdere elektrificatie van de logistiek. Tussen 2025 en 2030 stijgt de totale vermogensvraag van 220 naar 1470 MW, waardoor veel bedrijven de wens zullen hebben om vrijgespeelde ruimte te gebruiken om de eigen groei te faciliteren.

Een congestiemanagementcontract heeft het gevolg dat er in de totale periode dat er voertuigen op het depot staan minder energie beschikbaar is; dit wordt als veruit de grootste drempel ervaren. Dit belemmert groei, en in sommige gevallen zelfs al het laden van het huidige elektrische wagenpark.

Zoals dit hoofdstuk beschrijft, is het in principe mogelijk om alle voertuigen netbewust te laden mits voldoende capaciteit beschikbaar is buiten de verbruikspieken. Dit maakt het mogelijk om zowel flexibiliteit te ontsluiten op bestaande aansluitingen als om groei in elektrische voertuigen netbewust te faciliteren.

⁷⁸ Marktverkenning Zero-emissiebestelauto's - https://ce.nl/wp-content/uploads/2024/06/CE_Delft_230485_Marktverkenning_zero-emissiebestelautos_Def.pdf

Voor de logistieke bedrijven is het daarom een randvoorwaarde dat het beperken van het vermogen gedurende de avondpiek wordt gecompenseerd of zelfs verhoogd tijdens relevante laaduren. Uit gesprekken met logistieke bedrijven is gebleken dat ze onder deze garantie bereid waren om gedurende de avondpiek vermogen fors (tot 75%) te minderen. Dit kan door een combinatie met een congestiemanagementcontract op de huidige aansluiting in combinatie met blokstroom, waarbij buiten die pieken meer GTV beschikbaar komt.

Er zijn geen grote barrières in hardware en aansturingssystemen

Voor de implementatie van netbewust laden is de belangrijkste technische randvoorwaarde dat het depot beschikt over een slim laadplein. Slim betekent hier dat laadpunten die via internet verbonden zijn en op basis van signalen de laadsnelheid kunnen aanpassen. Deze worden aangestuurd vanuit een energiemanagementsysteem (EMS). Het EMS moet daarnaast flexibele contracten kunnen implementeren in de software en daarmee kunnen reageren op signalen van de netbeheerder of congestiemarkten.

In de praktijk zijn moderne laadpleinen op logistieke depots technisch al in staat om slim te laden, en wordt dit al veel gedaan i.c.m. dynamische energietarieven om de voertuigen zo voordelig mogelijk op te laden. Het is eenvoudig om dan ook te gaan sturen op netbewustheid. Nagenoeg alle logistieke depots zijn dus voorzien van de technische randvoorwaarden en aansturingssystemen die nodig zijn voor netbewust laden.

Er worden geen grote meerkosten gemaakt

In de interviews is aangegeven dat een groot deel van logistieke bedrijven nu al slim laden gebaseerd op het optimaliseren binnen de aansluiting, met behulp van dynamic load balancing en soms ook dynamische energietarieven, maar nog niet sturen op netbewustheid. De bedrijven die momenteel nog vasthouden aan een traditioneel contract, geven veelal aan dat zij nog beschikken over een voordelig vast tarief op basis van oudere, gunstigere overeenkomsten.

Wanneer de bedrijven minder uren effectief kunnen laden is er ook minder tijd om op prijsprikkels te optimaliseren. Uit ervaring blijkt echter dat de uren met een lage netbelasting (buiten de ochtend- en avondverbruikspieken) vaak ook uren zijn met lage elektriciteitsprijzen, en dat bedrijven geneigd zijn om meer te laden tijdens die uren.

Er ontbreekt nog kennis over de mogelijkheden die netbewust laden kan brengen

De gesproken bedrijven sturen nog niet op congestie, en ze zijn niet goed bekend met de mogelijkheden voor congestiemanagementcontracten en wat dit hen te bieden heeft. Dit komt doordat zij hier in het verleden nooit mee te maken hebben gehad. Voorheen reden zij met voertuigen op diesel en voldeed een kleinverbruik aansluiting op de depots. Ook is men gewend dat de netbeheerder regelt dat er voldoende elektriciteit geleverd kan worden.

Grotere vervoerders hebben vergeleken met het midden- en kleinbedrijf vaker de schaal en financiële ruimte om een interne specialist aan te stellen die zich richt op elektrificatie en energiebeheer, waardoor zij beter in staat zijn om strategische keuzes te maken en tijdig in te spelen op technische en beleidsontwikkelingen.

Logistieke bedrijven geven aan dat een goede integratie tussen het EMS en het transportmanagementsysteem (TMS) hen zou kunnen helpen om makkelijker gebruik te maken van

netbewust laden. Door het koppelen van ritten en laadsessies via slimme systemen te automatiseren zouden zij veel complexiteit vermijden.

6.4 Inzet van bestaande batterijen

Een stationaire batterij op het depot fungeert als een lokale energiebuffer die inzetbaar is voor het leveren van flexibiliteit. De batterij kan met elektriciteit uit het net of uit lokale PV-opwek worden opgeladen in de daluren waarin de voertuigen onderweg zijn. De opgeslagen energie kan vervolgens tijdens het laden van logistieke voertuigen in de piekuren worden gebruikt om de afname van elektriciteit uit het net te verminderen. De flexibiliteit wordt dus ontsloten doordat de stroom die gedurende de dag is opgeslagen, wordt ingezet om netafname tijdens de piekuren uit het elektriciteitsnet te verminderen of vermijden.

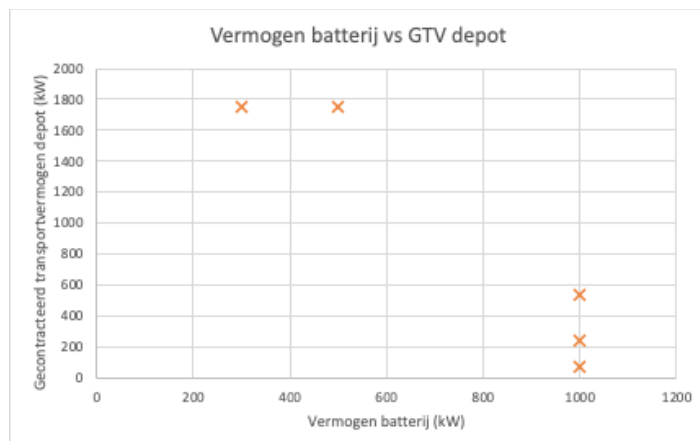
De batterij kan gecombineerd worden met netbewust laden, maar ook functioneren als passieve buffer. Bij netbewust laden, laden de voertuigen zo veel mogelijk buiten de piekuren. De batterij kan eventuele resterende vraag tijdens piekuren verder helpen reduceren. Bij passief laden wordt er bij het laden van de voertuigen geen rekening gehouden met de piekbelasting op het elektriciteitsnet. Via een batterij kan er dan wel flexibiliteit aan de afname-kant ontsloten worden.

De grootte van een batterij (vermogen en opslagcapaciteit) wordt veelal gedimensioneerd op de geplande groei van de elektrische vloot, het (niet toereikende) gecontracteerde vermogen en eventuele PV-opwek van het depot. Aangezien de groei van de elektrische vloot vaak gepland is over meerdere jaren, kan het nog jaren duren voor de volledige energiecapaciteit van de batterij nodig is voor het laden van de vloot. In de tussentijd kan de resterende capaciteit ingezet worden om flexibiliteit te leveren.

Technisch potentieel

Logistieke bedrijven die nu al batterijen hebben staan, hebben die voornamelijk aangeschaft om het beschikbare vermogen voor het laden van voertuigen binnen de bestaande aansluiting te vergroten, en om de eigen PV-opwek optimaal te benutten. Bij deze bedrijven biedt de batterij mogelijkheden in het ontsluiten van extra flexibel vermogen, als de volledige aansluiting niet constant benut hoeft te worden in de piekuren om de voertuigen of de batterij te laden.

Als deze bedrijven extra GTV krijgen (buiten de piekuren op het elektriciteitsnet) kan de batterij meer worden ingezet om het aantal uren dat van het net geladen wordt te verminderen. Om hoeveel uur dat gaat is lastig te zeggen, omdat de dimensionering sterk verschilt per bedrijf – onder andere afhankelijk van de voorziene groei en het huidige GTV. Zoals te zien in onderstaand Figuur 6.4, gebaseerd op informatie uit de enquêtes, hebben sommige bedrijven batterijen van vijfmaal hun huidige aansluiting, en sommige één vijfde.



Figuur 6.4 – dimensionering van huidige batterijen bij logistieke bedrijven

Barrières en randvoorwaarden

Een batterij kan relatief eenvoudig geïntegreerd worden met een (slim) laadplein en EMS. Vanuit het EMS kan een batterij gestuurd worden om op specifieke momenten te laden en te ontladen. Hieruit worden geen significante technische barrières gezien, en zijn er geen significante (meer)kosten.

Bij het gebruik van een batterij voor het verminderen van de druk op het net van het logistieke bedrijf, moet er wel rekening mee gehouden worden dat datgene waar de batterij door het bedrijf voor is aangeschaft geborgd blijft, bijvoorbeeld:

1. Betere benutting van de bestaande aansluiting, om meer wagens te kunnen laden dan met het GTV zou kunnen
2. Verhoogde consumptie PV-opwek
3. Verzilveren van ERE-certificaten⁷⁹
4. Geld verdienen door handel op energie- en onbalansmarkten

Enkel punt 4 zou (deels) in het geding kunnen komen, aangezien je energie uit een batterij niet tegelijkertijd op congestie markten en energie- of onbalansmarkten kan inzetten.

Betere benutting van het net

Eén van de voornaamste redenen voor een aanschaf van een batterij is om het functioneel aantal kW en kWh tijdens de laadmomenten te verhogen. Dit zijn dus bedrijven die nu al te weinig GTV hebben, of verwachten te weinig GTV te hebben in de toekomst wanneer hun elektrische vloot is uitgebreid.

Een logistiek bedrijf moet nog evenveel kunnen laden door de batterij voornamelijk in te zetten tijdens piekuren, in plaats van verspreid in te zetten gedurende de laadperiode. Dit wordt eventueel beperkt door het ontladvermogen van de batterij. In principe is dit geen probleem als de batterij goed gedimensioneerd is.

Verhoogde consumptie PV en het verzilveren van EREs

Veel logistieke bedrijven hebben een PV-dak. Omdat voertuigen vaak rijden wanneer de zon schijnt is een batterij de een manier om zelfconsumptie van de opgewekte zonnestroom te vergroten.

Door het vergroten van de zelfconsumptie van PV-opwek kunnen de bedrijven ook de meeste ERE's (Emissiereductie Eenheden) verzilveren. Dit zijn certificaten die verkregen kunnen worden als een

organisatie kan bewijzen (via gecertificeerde meters) dat hernieuwbare energie is gebruikt om elektrische voertuigen te laden.⁷⁹

Het inzetten van een batterij om zelfconsumptie van PV-opwek te maximaliseren en ERE's te verzilveren, hoeft niet in de weg te staan van het inzetten van de batterij op congestiemarkten.

Geld verdienen door handel op energie- en onbalansmarkten

Logistieke bedrijven die al netbewust laden i.c.m. een batterij (en daarmee hun laadzekerheid maximaliseren) en alsnog energiec capaciteit over hebben, geven aan dat ze in enkele gevallen al actief zijn op de onbalansmarkten en slim inkopen op de energiemarkten. Het handelen op deze markten kan congestie in sommige gevallen juist versterken. Het inzetten van een batterij om congestie te verlichten zou in veel gevallen dus het handelen op deze markten vervangen.

Enkele bedrijven hebben het aanbieden van flexibiliteit verkend, en gaven aan dat dit minder winst oplevert dan handelen op de onbalansmarkten.

6.5 Collectieve oplossingen

Collectieve oplossingen zijn lokale samenwerkingsvormen met andere bedrijven waardoor logistieke bedrijven meer vermogen tot hun beschikking krijgen op momenten dat zij het nodig hebben.

In de praktijk zien we dat deze collectieve oplossingen nu nog bestaande contracten bundelen tot één contract met de netbeheerder, waarbij het nieuwe contract netneutraal of netpositief wordt ingepast. Netneutraal gaat dat doorgaans via een groepstransportovereenkomst (GTO) en netpositief zal dat gaan via een groeps-CBC, die naar verwachting beschikbaar komt eind 2026. Hierbij behouden bedrijven hun individuele GTV's, maar de partijen zijn gezamenlijk verantwoordelijk om aan de capaciteitsbeperking te voldoen. Van logistieke bedrijven zou daarbij afnameflexibiliteit gevraagd worden net als in een individueel congestiemanagementcontract. Het verschil is dat de flexibiliteit mogelijk op andere tijden afgeroepen wordt (naar behoefte van mede gebruikers, en niet per se van het net), en dat er meetbare positieve effecten voor het logistieke bedrijf zijn (namelijk meer beschikbaar vermogen op andere tijden) en voor de overige partijen binnen het contract.

Een andere vorm van een collectieve oplossing is cable-pooling, waarbij afnemers en duurzame energiebronnen (een windpark of zonnepark) aangesloten worden achter een netaansluiting, en daardoor alle stroom die direct gebruikt kan worden niet meer over het net getransporteerd hoeft te worden.

Technisch potentieel

Collectieve oplossingen kunnen ervoor zorgen dat de piekvraag op het net wordt afgevlakt (peak shaving). Hierdoor kunnen netverzwaringen worden uitgesteld en kunnen logistieke bedrijven hun elektrificatieplannen, ondanks netcongestie, voortzetten. Collectieve contracten kunnen ook leiden tot een afnamereductie, want kunnen er ook voor zorgen dat beschikbare vermogens efficiënter worden benut (load shifting), waardoor meer mogelijk wordt binnen bestaande aansluitingen.

⁷⁹ <https://www.emissieautoriteit.nl/regelgeving/hernieuwbare-energie-voor-vervoer/ontwikkelingen-red3-in-nederland/emissiereductie-eenheden-ere>

Barrières en randvoorwaarden

Het overgaan naar een collectief contract is juridisch, technisch en organisatorisch complex, doordat er wordt samengewerkt met meerdere stakeholders in innovatieve constructies. Momenteel is dit maatwerk en doen verschillende organisaties, waaronder netbeheerders, nog onderzoek naar strategieën en voorwaarden om deze contractvormen breed uit te rollen. Dat valt buiten de scope van dit onderzoek.

Wat er technisch van logistieke bedrijven wordt gevraagd en onder welke randvoorwaarden, is vergelijkbaar met de eerdergenoemde maatregelen: via een EMS moeten de laadpunten slim worden aangestuurd, het inzetbare volume stroom moet behouden blijven tijdens de momenten dat de wagens op het depot staan, en mogelijke meerkosten moeten worden gedekt of vergoed.

6.6 Incentives om flexibiliteit te ontsluiten

Relevant potentieel voor flexibiliteit

Veruit de meest relevante maatregel om afnameflexibiliteit in de logistieke sector te genereren is het grootschalig inzetten van netbewust laden, waardoor naar schatting 70% van de logistieke bedrijven het laden van haar huidige en toekomstige vloot vanuit de piek naar de nachtelijke daluren kan verplaatsen. Hiermee zou **154 MW** aan afnameflexibiliteit gegenereerd kunnen worden. Voorwaarde is dat er in de nachtelijke uren voldoende netcapaciteit voor beschikbaar is. Aanvullend zou het slim inzetten van een bestaande batterij de druk tijdens de piekuren kunnen beperken. Als echter 's nachts voldoende GTV beschikbaar is, biedt een batterij geen aanvullende flexibiliteit. Daarnaast kan het mogelijk zijn dat er lokale synergieën zijn rondom energie-opwek en afname waardoor het interessant kan zijn om te verkennen hoe de energiehuishouding collectief georganiseerd kan worden, inclusief het mogelijke aanbieden van flexibiliteit. Omdat het meest concrete potentieel voor afnameflexibiliteit bestaat uit netbewust laden, richt deze sectie zich op incentives voor die maatregel.

Er bestaat interesse om flexibel te opereren

Voor de groei van de logistieke sector is het belangrijk dat het laden waar mogelijk binnen de daluren gefaciliteerd kan worden met flexibele contracten, waaronder blokstroomcontracten. Het gebruik van flexibele contracten in de logistieke sector is nog maar beperkt doorgedrongen. De geïnterviewde logistieke bedrijven met schaarste in GTV, zijn hier echter allemaal in geïnteresseerd.

Belangrijkste incentive: meer GTV buiten piekuren beschikbaar stellen

Voor het succesvol in de markt zetten van congestiemanagementcontracten is het belangrijk dat logistieke partijen voldoende vertrouwen hebben in het laadvermogen dat beschikbaar is. Het logistieke proces is voor bedrijven hun *core business* en de ritplanning is cruciaal. Logistieke partijen zullen in het algemeen over de komende jaren (veel) extra vermogen nodig hebben om hun groeiende laadvraag in te vullen. Beperkingen in GTV tijdens piekuren zullen dus bijna altijd gecompenseerd moeten worden met extra GTV op andere uren. Dit kan door **binnen congestiemanagementcontracten** niet alleen GTV te korten tijden vraagpieken maar ook **GTV 'terug te geven' buiten de pieken**. Nog aantrekkelijker zou het zijn als netbeheerders **congestiemanagementcontracten** aan zouden bieden in **combinatie met een blokstroomcontract**.

Bedrijven die bereid zijn om gedurende piekuren hun netafname op de bestaande aansluiting te verminderen zouden met voorrang een blokstroomcontract moeten kunnen krijgen, waardoor in de nachtelijke uren meer GTV beschikbaar komt. Aangezien logistiek bedrijven hiermee qua totaal laadvermogen erop vooruitgaan is de verwachting dat ze hier geïnteresseerd in zijn zonder extra financiële prikkel.

Versimpelen van congestiemanagementcontracten

Naast het borgen van laadzekerheid helpt het de bedrijven als de organisatie rondom het afsluiten van de congestiemanagementcontracten wordt versimpeld. De volgende organisatorische en contractuele prikkels kunnen hierbij helpen:

- **Ontwerp blokstroomcontracten speciaal voor de logistieke sector:** blokstroomcontracten zijn essentiële propositie voor de netbewuste groei van de logistieke sector. In de huidige blokstroomcontracten wordt het extra GTV tussen 0:00 – 6:00 aangeboden. Logistieke bedrijven zouden baat hebben bij het verruimen van deze periode naar bijvoorbeeld 21:00 tot 6:00, aangezien veel voertuigen om 21:00 al op depot staan. In het ontwerp zou ook kunnen worden gekozen om met meerdere ‘blokken’ te werken (bijvoorbeeld 150 kW extra tussen 21:00 – 0:00 en 300 kW extra tussen 0:00 – 6:00).
- **Congestiemanagement via tussenpartij:** veel logistieke bedrijven hebben (zeer) beperkte kennis van laadinfrastructuur, netbewust laden en de congestiemarkten of de energiehuishouding. Vooral in het MKB is er momenteel een gebrek aan kennis en capaciteit om naast de logistieke werkzaamheden zich te verdiepen in de energiemarkten, flexibele contracten en het slim inzetten daarvan. Partijen beseffen zich over het algemeen nog niet dat zij op termijn met hun voertuigen over een enorme flexvermogen beschikken, die zij ook in kunnen gaan zetten als batterij. Door de veelheid aan opties en nieuwe ontwikkelingen ontbreekt het de logistieke partijen aan overzicht van de mogelijke opties om hun beschikbaar vermogen uit te breiden en hun energiehuishouding financieel voordelig in te richten. Hierdoor lopen gesprekken met de netbeheerders op dit moment vaak vast. Om de toegankelijkheid van congestiemanagement te vergroten is het aan te bevelen om te onderzoeken of de markt versnelt ontsloten kan worden met behulp van gespecialiseerde tussenpartijen of ‘brokers’, die de laadbehoefte van de logistieke bedrijven koppelt aan de energiemarkt en de contracten vanuit de netbeheerders. Dit kan mogelijk vanuit de rol van CSP of vanuit een CPO worden ingevuld, of nieuw op te richten gespecialiseerde partijen.

Financiële prikkel

Zoals beschreven in dit hoofdstuk zijn voor netbewust laden en de netbewuste inzet van bestaande batterijen geen significante extra investeringen nodig. In het geval van batterijen moet rekening gehouden worden met gederfte opbrengsten door het beperkter kunnen handelen op energie- en onbalansmarkten.

Een financiële vergoeding kan helpen om logistieke bedrijven te bewegen om een congestiemanagementcontract te overwegen. Zij nemen namelijk (gevoelsmatig) risico's met de laadzekerheid, betreden een voor hen nieuwe markt en zullen qua planning en administratie meer moeten inregelen. Dit neemt niet weg dat laadzekerheid in daluren voorop staat (zie eerste aanbeveling hierboven), dat kan niet vervangen worden door een vergoeding.

Uit de interviews met de sector blijkt dat de logistieke partijen opereren met zeer beperkte winstmarges (2-3%). Energieverbruik voor de voertuigen vormen een aanzienlijk deel van de kosten voor deze partijen, over brandstofkosten wordt tot op de tiende cent onderhandeld. Prijsprikkels zijn daarom naar verwachting snel effectief als een stimulans om de flexibiliteit aan te bieden. Dit geldt echter alleen als aan de voorwaarde wordt voldaan dat laadzekerheid niet in het geding komt (zie eerste aanbeveling).

Uit het onderzoek is niet naar voren gekomen om wat voor bedragen dit zou gaan. Logistieke bedrijven zijn nog te beperkt bekend met congestiemanagementcontracten om een goede inschatting te kunnen maken. Dit zou nader onderzocht kunnen worden waarbij uit interviews signalen kwamen dat een vergoeding van 10% van de elektriciteitskosten een acceptabel uitgangspunt kan zijn. Bij een gemiddelde energieprijis (incl nettarieven en belastingen) van €185/MWh zou de vergoeding €18,5/MWh (€0,0185 per kWh) bedragen. Onder de aanname dat hiervoor twee uur flexibiliteit per dag gerealiseerd wordt op een totaal van 12 laaduren, vertaalt zich dit tot een vergoeding van €111/MWh aan flexibiliteit ($18,5 / (2/12)$). Een dergelijke vergoeding kan effectief zijn in combinatie met een congestiemanagementcontract waarin een hoger GTV in nachtelijke uren is opgenomen. Indien het mogelijk zou zijn om een standaard congestiemanagementcontract aan te bieden in combinatie met blokstroom is een financiële vergoeding niet nodig omdat bedrijven dan ruimte krijgen om hun elektrische vloot uit te breiden, wat een afdoende prikkel vormt.

7 Flexibiliteit in datacenters

Dit hoofdstuk verkent het potentieel voor afnameflexibiliteit bij datacenters. De belangrijkste kansen liggen bij het verplaatsen van rekenopdrachten in de tijd of het verplaatsen ervan naar andere datacenters (load shifting), en flexibel en energiezuinig koelen. Er bestaan verschillende typen datacenters, en de toepasbaarheid van de maatregelen verschilt per type. Datacenters kunnen wellicht voor netbeheerders relevante flexibiliteit leveren, maar beperkt in omvang. Binnen bestaande processen kan mogelijk enkele tientallen MW aan flexibiliteit worden ontsloten voor een relevante periode, wat neerkomt op een fractie van het totale aangesloten elektrische vermogen. Flexibel koelen is in theorie bij alle datacenters mogelijk, maar wordt momenteel beperkt door regelgeving. De kansen voor load shifting verschillen sterker, waarbij vooral kansen lijken te liggen bij (relatief kleine) enterprise datacenters, met zowel rekenopdrachten als IT-infrastructuur en apparatuur in eigen beheer. Het ontsluiten van deze flexibiliteit vergt maatwerk en een aanzienlijke inspanning.

7.1 Beschrijving van de sector

Nederland heeft zich de afgelopen jaren ontwikkeld tot één van de belangrijkste datacenter-hubs van Europa. Dit vanwege de centrale ligging van Nederland, en de uitzonderlijk sterke digitale infrastructuur, vooral de regio Amsterdam: het AMS-IX is één van 's werelds grootste internetknooppunten. Dit zorgt voor hoge connectiviteit en een hoge snelheid van gegevensoverdracht (een lage latency), en trekt veel partijen aan die hiervan gebruik willen maken. Die hoge connectiviteit, en de hoge landprijzen in de buurt van stedelijke regio's maakt Nederlandse locaties relatief duur om te ontwikkelen en onderhouden en daardoor duur voor klanten vergeleken met meer perifere regio's.

Datacenters in Nederland

Datacenters zijn locaties met veel IT-apparatuur waarin rekenopdrachten worden uitgevoerd. Er bestaan verschillende type datacenters, die zowel verschillen qua bedrijfsvoering, als in het type rekenopdrachten dat er wordt uitgevoerd. De drie hoofdtypen zijn:

1. **Colocatie datacenters:** datacenters die de infrastructuur bieden aan klanten om hun eigen IT-apparatuur neer te zetten. Zo hebben klanten toegang tot een internetverbinding, de benodigde stroom en wordt hun IT apparatuur gekoeld. De beheerder van het datacenter heeft een faciliterende rol en heeft geen controle over de rekenopdrachten die uitgevoerd worden.
2. **Enterprise datacenters:** datacenters in eigen bezit van bedrijven ten behoeve van de eigen IT-behoeften, inclusief lage-latency diensten dichtbij gebruikers. Denk aan banken of bedrijven met veel dataverkeer zoals grote webwinkels of Schiphol. Ook hebben veel (semi-)overheid organisaties één of meerdere eigen datacenters, zoals politie, belastingdienst,

defensie, of netbeheerders. Er zijn ook organisaties die zowel eigen datacenters hebben en gebruik maken van colocatie datacenters. De meeste enterprise datacenters zijn van beperkte omvang, met minder dan 0,5 MW IT-capaciteit.⁸⁰

3. **Hyperscale datacenters:** zeer grote locaties van internationale techbedrijven, gebouwd voor schaalbare cloud- en AI-diensten. Doorgaans wordt gesproken over een hyperscaler bij een IT-capaciteit vanaf 50 MW.⁸¹ In Nederland gaat het om de datacenters van Google en Microsoft. Typisch voor deze datacenters is dat ze door bedrijven worden gebruikt om de diensten die ze aanbieden aan hun klanten uit te voeren in hun eigen datacenters. De diensten zelf zijn zeer divers, en omvatten alle (zeer uiteenlopende) diensten die Google en Microsoft aanbieden.

In Nederland stonden in 2024 531 datacenters met een totale IT-capaciteit van 1.503 MW,⁸¹ wat neerkomt op ongeveer 2 GW totale elektrische capaciteit.⁸² De IT-capaciteit bestaat uit, 924 MW van 191 colocaties, 460 MW van twee hyperscalers en 119 MW IT-capaciteit van 338 enterprises.⁸³

Deze capaciteit is geconcentreerd rond de grote digitale knooppunten, met een zwaartepunt in en rond de Amsterdamse metropoolregio en clusters in onder andere Rotterdam–Den Haag, Brabant/Eindhoven, Groningen/Eemshaven en de regio Twente. Van de colocatie datacenters lag in 2024 73 procent in en rond Amsterdam. Onderstaande kaart toont de locaties van de 126 leden van brancheorganisatie Dutch Datacenter Alliance (DDA). Het geeft geen totaalbeeld van Nederland, voornamelijk omdat veel (kleinere) enterprise datacenters er niet op staan.



Figuur 7.1 – Geografische spreiding van de bij DDA aangesloten datacenters. Bron: DDA

⁸⁰ De IT-capaciteit is ongeveer 70 – 80% van de gebruikte elektrische capaciteit.

⁸¹ Cijfers van brancheorganisatie DDA, zie hier: [State of the Dutch Data Centers 2025 - Dutch Data Center Association](#)

⁸² De IT-capaciteit is ongeveer 70 – 80% van de gebruikte elektrische capaciteit. Met 1.503 MW aan IT-capaciteit was naar verwachting in 2024 dus ongeveer 2 GW GTV nodig om alle datacenters in bedrijf te houden. Het is onbekend of daar bovenop nog veel datacenters zijn die meer netcapaciteit en GTV beschikbaar hebben voor voorziene groei.

⁸³ Dutch Data Center Association – State of the Dutch Datacenters 2025

Gebruiksprofiel

Datacenters kennen doorgaans een redelijk vlak gebruiksprofiel: servers draaien 24/7. De IT-belasting, en daardoor ook het elektriciteitsverbruik, is relatief constant. De profielen van stroomgebruik en de processen waarvoor de stroom wordt gebruikt zijn vrij vergelijkbaar voor alle datacenters, maar de bedrijfsvoering en de type rekenopdrachten die worden uitgevoerd zijn zeer divers. De energievraag van datacenters bestaat ruwweg uit twee delen:

1. Elektriciteitsverbruik van ICT-apparatuur (servers, opslag, netwerk), circa 70 – 80% van het stroomgebruik.
2. Verbruik ten behoeve van facilitaire infrastructuur die het juiste werkklimaat levert (koeling, ventilatie, UPS-verliezen⁸⁴, verlichting), de overige 20 tot 30% van het stroomgebruik.

7.2 Selectie van maatregelen

De analyse zoals beschreven in dit hoofdstuk is gebaseerd op een serie interviews met datacenters en brancheorganisatie DDA. Het bouwt voort op het onderzoek 'Analyse systeemkansen energieflexibiliteit clouddiensten' van Dialogic, Entrance en PB7 in 2024.⁸⁵ Daarin worden zes processen genoemd die ingezet kunnen worden voor afnameflexibiliteit:

1. Time shifting van de load
2. Location shifting (geographical load balancing)
3. Het flexibel koelen van het datacenter.
4. Het inzetten van batterijen.
5. Het inzetten van hun UPS-systemen (*uninterrupted power supply*, directe noodstroom)
6. Het inzetten van back-up generatoren

In 2024 is er tussen Netbeheer Nederland en de Dutch Datacenter Association gesproken over de inzet van de noodstroompool van datacenters voor het ontlasten van het elektriciteitsnet, aan bod kwam dat het technisch mogelijk is om hiermee een mate van flexibiliteit te genereren. Deze gesprekken hebben destijds niet geleid tot een conclusie dat sprake is van voor netbeheerders relevante flexibiliteit die ook daadwerkelijk te ontsluiten kan worden. Om deze reden worden procesaanpassingen 5 & 6 niet meegenomen in dit onderzoek.

Bestaande batterijcapaciteit bij datacenters is beperkt. Het bijplaatsen van grootschalige batterijen bij datacenters om naast bovengenoemde maatregelen aanvullende flexibiliteit te leveren is mogelijk, net als batterijen in andere sectoren flexibiliteit kunnen leveren. Zoals uitgelegd in Sectie 1.3 is het plaatsen van nieuwe batterijen ten behoeve van afnameflexibiliteit geen onderdeel van deze studie,⁸⁶ en maatregel 4 wordt hier dan ook niet nader beschouwd.

⁸⁴ Verliezen die optreden doordat de systemen stand-by staan en gekoeld moeten worden, en verliezen die optreden bij de omzet van energie in de batterij-opslag van de UPS-systemen.

⁸⁵ Analyse systeemkansen energieflexibiliteit clouddiensten. Zie [link](#)

⁸⁶ Dit laat onverlet dat verwacht kan worden dat datacenters zullen investeren in batterijen om te kunnen groeien in netcongestiegebieden of ten behoeve van de bouw van nieuwe datacenters. In deze gevallen staat de batterij ten dienste van de eigen groeiambitie en wordt niet ingezet om flexibiliteit te ontsluiten voor het elektriciteitsnet waarmee (andere) partijen op de wachtlijsten voorzien kunnen worden van transportvermogen.

De rest van dit hoofdstuk richt zich op procesaanpassingen 1 t/m 3. Over deze maatregelen is gesproken met datacenter eigenaren; zowel enterprise als colocatie en hyperscaler.

In de volgende secties worden elk van de mogelijke flexmaatregelen besproken. Hierbij worden time shifting en location shifting samen geëvalueerd onder de sectie 'load shifting', naast flexibel koelen. Voor deze maatregelen wordt het flexibiliteitspotentieel geanalyseerd inclusief de barrières en randvoorwaarden om deze flexibiliteit te kunnen ontsluiten.

7.3 Flexpotentieel van load shifting

Bij zowel time shifting als bij location shifting wordt de IT-capaciteit op een locatie tijdelijk minder benut door de opdracht op een andere tijd of locatie uit te voeren. Het toepassen van load shifting heeft een multiplier effect op de totale flexibiliteit die wordt ontsloten: als er minder IT-capaciteit wordt gebruikt hoeft er óók minder gekoeld te worden, en is er theoretisch ook minder redundantie van de noodstroom nodig, die dus ergens anders voor ingezet zou kunnen worden.

Beschrijving van time shifting van de load en algemene observaties m.b.t. flexibiliteit

Door rekenopdrachten op een ander moment in de tijd plaats te laten vinden, kan er op aangestuurd worden om tijdens de congestie-momenten minder rekenopdrachten uit te voeren, en zo minder elektriciteit te gebruiken. Er zijn twee randvoorwaarden om dit mogelijk te maken:

- Rekenopdrachtgevers moeten hun data-verzoeken kunnen plannen, bijvoorbeeld door ze te bestempelen als tijds-gevoelig en minder tijdsgevoelig.
- De eigenaar van de IT-apparatuur waar de opdracht op wordt uitgevoerd heeft planbare beschikbaarheid van de IT-apparatuur op een later moment, zodat de rekenopdracht op een voorspelbaar ander moment uitgevoerd kan worden. Bij co-locations en enterprises is de opdrachtgever van de rekenopdracht ook de eigenaar van de IT-apparatuur. Bij hyperscalers hoeft dat niet zo te zijn.

In Nederland is bekend dat Google dit al heeft toegepast in de energiecrisis van 2022-2023, waarbij ze hun elektriciteitsgebruik verminderden tussen 17:00 – 21:00. Internationaal wordt time shifting soms toegepast:

- **Als propositie aan de klant:** Amazon spot instances (zie: [link](#)) biedt klanten korting aan op hun rekenopdrachten als ze deze uitvoeren tijdens momenten dat er nog ruimte is op de services. Dit wordt dus gestuurd op server-beschikbaarheid, maar zou ook op net-behoefte gestuurd kunnen worden. Dit wordt momenteel enkel in de Verenigde Staten aangeboden.
- **Optimalisatie van de eigen processen:** Sommige processen zijn minder tijdsgevoelig dan andere. In Amerika heeft Google datacenters waar ze aan demand side response doen voor niet-urgente rekenkracht, zoals het verwerken van Youtube videos of het het trainen van AI modellen. Google geeft aan dat het zo datacenters kan ontwikkelen op plekken met beperkte opwek of transmissie (zie: [blog](#)). Dat maakt de datacenters goedkoper, of überhaupt haalbaar, omdat er anders geen ruimte op het net voor ze beschikbaar zou zijn.

De duur van de flexibiliteit komt overeen met de computing periode van de rekenopdracht, die per keer verschilt. Om voor netbeheerders relevante afnameflexibiliteit te genereren moet het gaan om opdrachten, of bundels van opdrachten, met een dagelijkse duur van minimaal een uur tijdens de ochtend- en/of avondpieken in het elektriciteitsgebruik. Om hierin betrouwbare flex te leveren zijn

processen nodig die dagelijks of 24/7 worden uitgevoerd. Theoretisch is de periode van time shifting waarmee de rekenopdrachten naar achteren in de tijd geplaatst kunnen worden onbeperkt voor de rekenopdrachten die er voor in aanmerking komen, maar de tijdsgevoeligheid van de opdracht zal per keer verschillen. Het is van datacenters niet bekend welk deel van hun huidige opdrachten planbaar zijn.

Beschrijving van location shifting en algemene observaties m.b.t. flexibiliteit

Door de rekenopdracht bij een ander datacenter uit te laten voeren kan er lokaal minder stroom worden gebruikt, en dus gereageerd worden op de lokale behoeftes van het elektriciteitsnet. Dat kan een datacenter in Nederland zijn dat onder een ander onderstation valt, of een datacenter in het buitenland. De vereiste om dit te realiseren is dat er redundantie van IT-apparatuur op een andere locatie is, waar de rekenopdrachtgever beschikking over heeft.

Daarnaast geldt dat het verplaatsen van de rekenopdracht naar een ander datacenter kan resulteren in hogere latency (vertraging). Als de maximale latency enkele milliseconden bedraagt, er geen mogelijkheid is voor location shifting naar het buitenland. Als die enkele tientallen milliseconden bedraagt kan het wel. Als men bijvoorbeeld in Nederland een Teams-vergadering houdt, dan kan de vergadering zowel over een Nederlands Microsoft datacenter gaan (met zeer lage latency) of over een lers Microsoft datacenter, met latency van ~15 MS (zie: [link](#)), wat binnen de acceptabele bandbreedte voor latency valt.

Ook zijn er rekenopdrachten die vanwege specifieke (vaak juridische) redenen op een bepaalde locatie of in Nederland zelf uitgevoerd moeten worden. Denk hierbij aan banken die hun klantgegevens in Nederland moeten verwerken. In dat geval is location shifting naar een buitenlands datacenter ook niet mogelijk. In Nederland is bekend dat Google in 2022-2023 naast time-shifting ook location shifting heeft toegepast.

De duur waarop location shifting ingezet kan worden is lastig in te schatten, omdat het sterk afhankelijk is van beschikbare rekenkracht op andere servers. Als er permanente redundantie is ingebouwd is de duur in theorie onbeperkt, maar met dynamische beschikbaarheid van IT-capaciteit is het een stuk complexer. Mogelijk kan de duur dan worden opgerekt door gebruik te maken van een combinatie van location en time shifting; rekenopdrachten laten uitvoeren bij een andere locatie indien ruimte beschikbaar is, en zo niet dan worden de rekenopdrachten later uitgevoerd.

Een aandachtspunt bij deze maatregel is dat location shifting ten behoeve van congestie niet in moet resulteren in congestieverzwaring op de locatie waar de opdracht wordt uitgevoerd.

Flexpotentieel van load shifting per type datacenter met barrières en randvoorwaarden

Onder welke voorwaarden load shifting ontsluiten kan worden verschilt sterk per (type) organisatie, door zowel de organisatiestructuur als het type rekenopdrachten dat wordt uitgevoerd in de datacenters. Wanneer het technisch mogelijk is om de IT-opdrachten naar een ander moment of een andere locatie te verplaatsen hoeven hier mogelijk geen grote meerkosten mee gepaard te gaan, indien het betekent dat 'simpelweg' serverruimte anders wordt benut, maar nog steeds dezelfde rekenopdrachten uitgevoerd worden. Wanneer echter load shifting zou resulteren in bedrijfsschade, doordat rekenopdrachten onwenselijk vertraagd worden, of dat andere rekenopdrachten niet of later uitgevoerd moeten worden, zullen er hogere kosten mee gepaard gaan.

In deze paragraaf wordt het potentieel van load shifting per type datacenter verkend, en wat er nog in de weg staat om die potentie te ontsluiten.

Colocaties

Voor load shifting is het noodzakelijk om toegang te hebben tot het uitvoeren van de IT-opdrachten. Doordat colocaties enkel ruimte verhuren hebben zij geen invloed op de IT-opdrachten. Daarom is een nauwe samenwerking tussen de colocatie eigenaar en de klant nodig.

Het is besproken of dit vastgelegd zou kunnen worden in nieuwe contracten tussen het datacenter en de klant, maar de gesproken colocatie eigenaren stonden daar niet voor open. De verklaring is dat de colocaties in Nederland een gigantisch hoge connectiviteit hebben met lage latency. Zij beschouwen dat als een premium product, waar klanten ook een premium prijs voor betalen. Het type rekenopdrachten dat in dergelijke datacenters uitgevoerd wordt is tijd kritisch. Verzoeken om rekenopdrachten op een ander moment, of op een andere locatie met mogelijk meer latency, uit te laten voeren passen niet binnen de bedrijfsvoering van colocaties.

Echter is in die gesprekken ook genoemd dat er opnieuw geëvalueerd zou kunnen worden door de colocatie eigenaren om dergelijke contractvormen aan te bieden, wanneer uitbreiding of groei van datacenters alleen kan met non-firm energiecontracten. Het is voor deze organisaties belangrijk om te leren of er behoefte is aan zo'n propositie – mede omdat het alternatief uitbreiding of groei in het buitenland zou zijn.

Het is namelijk bekend dat voor sommige processen het wel mogelijk is om planmatig te opereren, zodat de organisatie tijdens congestie-piekuren minder rekenkracht nodig heeft. Denk hierbij aan universiteiten die grote modellen runnen. Er is geen bestaande inventarisatie van organisaties en processen die zich hiervoor lenen, en dus ook geen inventarisatie welk deel van de colocatie-klanten hiertoe in staat is. Wel is het zo dat het een goede afstemming vergt tussen de IT-afdeling en de afdeling die de rekenopdrachten uitzet, wat kansrijker is bij grotere organisaties.

Er moet ook rekening mee gehouden worden dat dit een propositie is die voornamelijk interessant is voor klanten die hun IT apparatuur toch al niet volledig uitnuttten, en er daarom al ruimte beschikbaar is om rekenopdrachten op een ander moment of andere locatie uit te voeren.

Het gebrek aan kennis omtrent de mogelijkheid en bereidwilligheid van klanten van colocaties om hun IT-apparatuur flexibel in te zetten lijkt nu een barrière te vormen bij het ontwikkelen en aanbieden van een dergelijk product. Om uit te vinden óf er klanten geïnteresseerd zouden zijn in flexibele datacenter rekenkracht zou er een colocatie pilot georganiseerd kunnen worden waar partijen zeer goedkoop hun IT-apparatuur kunnen neerzetten, maar enkel buiten de congestie-piekuren gebruiken. Zo'n pilot kan commerciële organisaties ook het vertrouwen bieden om dergelijke producten aan te bieden in de toekomst.

Er is dus een **mogelijk flexpotentieel in de toekomst** voor load shifting bij colocaties. Waarschijnlijk gaat dit om beperkte MW'en die moeilijk te identificeren zijn. Qua kosten moet er rekening mee gehouden worden dat de klanten minder betalen voor hun product (zoals bijvoorbeeld bij Amazon Webservices, waar klanten tot 90% minder betalen) en de colocaties nog wel winst moeten maken op hun aangeboden product: zowel de klant als de colocatie moeten vergoed worden.

Enterprise

Wanneer een organisatie één of meerdere eigen datacenters bezit, biedt dit in principe de mogelijkheid om bedrijfsbreed beleid toe te passen op het gebruik van het datacenter, inclusief de vraag of en in welke mate flexibiliteit kan worden ontsloten. Ruim driekwart van de enterprise datacenters zijn klein (<0,5 MW IT-apparatuur) en hebben een klein team dat het datacenter opereert. Het is mogelijk dat de hele organisatie gebruik maakt van het datacenter, en er dus vanuit verschillende teams rekenopdrachten komen. Dat maakt de organisatie van geharmoniseerde data-aansturing zeer complex, zeker voor een klein team. Kansrijker lijkt dit bij de 63 grotere enterprises, met >0,5 MW IT-apparatuur. Er bestaat een **mogelijk flexpotentieel van bestaande processen** bij bestaande enterprise datacenters. Hiervoor geldt hetzelfde als bij colocaties: er is geen inventarisatie van organisaties of processen die gemakkelijk kunnen flexibiliseren, en het vaststellen van het aantal MW aan flexibiliteit vergt nader onderzoek, ook naar de kosten van het ontsluiten ervan, die mogelijk voornamelijk bestaan uit personeelskosten.

Hyperscalers

De Nederlandse hyperscalers zijn Microsoft en Google, met datacenters in Middenmeer en Eemshaven. Elke hyperscaler locatie moet als een unieke kans worden beschouwd, omdat er verschillende processen plaatsvinden. Bij hyperscalers zijn taken gerelateerd aan services die zij aanbieden (zoals Teams of YouTube), waardoor hun data-taken makkelijker te bundelen en te categoriseren zijn. In gesprekken met Google en Microsoft is aangegeven dat enkele van de processen te flexibiliseren zijn, maar dat hier nu nog geen proces voor is ingericht en dat het onduidelijk is wat dit kan opleveren qua flexibiliteit. Toen Google in 2022-2023 enkele processen in zowel tijd als locatie verschoof ging dat om enkele megawatten en via een handmatig proces. Er lijkt een **theoretisch potentieel** te bestaan voor **enkele MW** aan processen die geflexibiliseerd kunnen worden bij hyperscalers. Deze datacenters zijn echter vaak al ver geoptimaliseerd, met taken die in verschillende datacenters uitgevoerd kunnen worden. Daardoor blijft minder ruimte over voor verdere optimalisatie. Door structureel processen te flexibiliseren wordt ook verdere ruimte voor optimalisatie verminderd, wat leidt tot indirecte kosten (opportunity costs). Het opgeven van deze optimalisatieruimte zal hoge vergoedingen vergen, waarbij het bepalen van de hoogte ervan maatwerk zal zijn.

AI-datacenters

Een aparte categorie om te benoemen zijn AI-datacenter, waarin grote modellen worden getraind. Dit zijn doorgaans geen tijd-kritische processen, waardoor ze uitermate geschikt zijn voor time-shifting van de load. AI-datacenters kunnen zowel enterprise als colocatie als hyperscale datacenters zijn.

Momenteel zijn er nog geen dedicated AI-datacenters in Nederland. Wel is de verwachting dat er enkele modellen al worden getraind op bestaande datacenters – dit zijn typische processen die nu al geflexibiliseerd kunnen worden wanneer ze zijn geïdentificeerd door netbeheerders. Daarnaast wordt wel gewerkt aan de ontwikkeling van AI-datacenters zoals een AI-fabriek in Groningen, waar de Nederlandse overheid €200 miljoen in investeert⁸⁷. Het is momenteel nog onbekend hoeveel MW dit datacenter is, noch hoeveel AI-servers er nu al staan in non-dedicated datacenters, noch wat er verder nog gepland staat aan AI datacenters. In de **toekomst bestaat er mogelijk potentieel voor time shifting** van de load bij AI-processen. Naar verwachting zal dit relatief duur zijn omdat de servers

⁸⁷ Rijksoverheid, “Nederland zet in op € 200 miljoen voor AI-fabriek in Groningen”. Zie [nieuwsbericht](#).

stil moeten staan, en dat niet opgevangen wordt door beschikbare rekenkracht op een ander moment of een andere locatie.

7.4 Flexpotentieel van flexibel koelen van het datacenter

Datacenters worden permanent gekoeld. Doordat vrijwel alle de energie die een datacenter ingaat wordt omgezet in thermische energie warmt een datacenter zonder koeling relatief snel op. Daarom wordt ongeveer 20 – 30% van het stroomgebruik in een datacenters ingezet voor koeling. Met 1.503 aan IT-apparatuur is de inschatting dat er ongeveer 300 – 450 MW aan koelcapaciteit is geïnstalleerd.

De temperatuur in een datacenter hoeft niet volledig constant te zijn voor de optimale prestatie en levensduur van de IT-apparatuur. Voor ieder type koeling en gebouw wordt doorgaans wordt een temperatuur range, vaak gebaseerd op internationale standaarden (zie: [ASHRAE Thermal Guidelines](#)). De meest gebruikte standaard is 18-27 °C. Bij colocaties zijn de temperatuur ranges contractueel vastgesteld, waarbij soms een extra veiligheidsmarge is ingebouwd, bijvoorbeeld door altijd tussen 22-26 °C te opereren met ruimte voor korte uitschieters. Wanneer de maximum temperatuur wordt overschreden bestaat de kans dat servers uitgaan waardoor het datacenter niet meer kan functioneren.

Er zijn verschillende manieren om datacenters te koelen. Grofweg kun je onderscheid maken tussen facility-side koeling (het koelen van de lucht of het water in de ruimte) en IT-side koeling (koeling dicht op of in de server). Deze benaderingen kunnen ook gecombineerd worden. Binnen beide hoofdgroepen wordt gekozen voor een warmtedrager, waarbij lucht en water de meest gebruikte zijn. Die keuze beïnvloedt onder andere de efficiëntie-indicatoren Power Usage Effectiveness (PUE) en Water Usage Effectiveness (WUE). In het algemeen hebben lucht/droge koelsystemen een lage WUE (weinig tot geen watergebruik), terwijl water of koeltoren-gebaseerde systemen vaak een lagere PUE kunnen geven maar met hoger watergebruik; exacte waarden hangen af van ontwerp, klimaat en bezettingsgraad.⁸⁸ Veel datacenters hebben verschillende bronnen voor de koeling. Zo kan bijvoorbeeld een deel van de koude worden onttrokken uit een warmte-koude opslag (WKO), en een deel uit de lucht.

Verminderen van koelcapaciteit tijdens de piekuren (voorkoelen)

Afnameflexibiliteit kan mogelijk gegenereerd worden door de temperatuur in het datacenter voor de verbruikspiek op het elektriciteitsnet terug te brengen naar de ondergrens (bijvoorbeeld 18 °C) waarna de koeling tijdelijk verlaagd of uitgezet wordt totdat de temperatuur weer terug is op de bovengrens. Bij datacenters die op (bijna) volle capaciteit runnen kan dat in enkele minuten zijn, maar er zijn ook datacenters waar het wel een halfuur kan duren.⁸⁹ Door de koelsystemen iets in capaciteit te verlagen kan gedurende een langere periode het elektriciteitsverbruik ietwat verlaagd worden. Het gaat hierbij om beperkte capaciteiten. Als een gemiddeld datacenter na 6 minuten de kritische temperatuur overschrijdt en er twee uur aan flex-behoefte is (120 minuten), dan kan de koelcapaciteit met slechts 5 procent naar beneden worden bijgesteld. Het theoretische flex-vermogen voor alle

⁸⁸ Een overzicht van technieken en indicatieve PUE-/waterafwegingen is te vinden in de RVO-brochure Duurzaam koelen van datacenters, zie: [Duurzaam koelen van datacenters](#).

⁸⁹ Wanneer koeling volledig uitvalt wordt in zeer korte tijd de maximale temperatuur overschreden bij de ondergrens als startpunt, zoals bijvoorbeeld blijkt uit failure tests van Schneider Electric. Zie: [Data Center Temperature Rise During Cooling System Outages](#).

datacenters in Nederland zou dan 15 – 23 MW zijn. Wat daadwerkelijk mogelijk is moet per locatie worden bepaald.

Een obstakel bij het inpassen van deze vorm van flex is een conflict met de energiebesparingsplicht, waar een maatregel (PH1) een setpoint van 27 °C voorschrijft bij gebruik van compressiekoeling of natte koeling voorschrijft⁹⁰, waardoor er geen temperatuurrange meer is. Zolang deze maatregel van toepassing is, is er geen mogelijkheid tot flexibilisering door variabele koeltemperatuur.

Gebruikmaken van energie-efficiënte koeling tijdens piekuren in hybride koelsystemen

Wat ook als een optie werd genoemd bij een interview is het slim gebruik maken van hybride koelsystemen, waar tussen met lucht-gebaseerde koeling en water-gebaseerde koeling afgewisseld kan worden, of tussen verschillende warmtebronnen. Tijdens uren met een hoge druk op het net kan er gestuurd worden op maximale inzet van de energie-efficiëntere koeling. Het is onbekend bij welk gedeelte van de datacenters in Nederland hybride koelsystemen aanwezig zijn. Ook is het onbekend in hoeverre dergelijke systemen als complement aan elkaar zijn geïnstalleerd of als substituu⁹¹.

- bij koel weer wordt buitenlucht gebruikt (droge/luchtkoeling);
- bij warm weer schakelt het systeem over op waterverdamping.

Conclusie betreffende het flexpotentieel in datacenters.

Het is nog onduidelijk wat het potentieel aan afnameflexibiliteit is van loadshifting en flexibel koelen. Op korte termijn kunnen mogelijk enkele tientallen MW'en worden ontsloten voor meerdere uren door bestaande processen te flexibiliseren. Er bestaan drie mogelijkheden om op korte termijn afnameflexibiliteit te ontsluiten bij datacenters in Nederland door bestaande processen aan te passen:

- (1) Load shifting bij grotere enterprise datacenters;
- (2) Load shifting bij grotere hyperscale datacenters, en;
- (3) bij hybride koelsystemen over te gaan op de energiezuinige koeling tijdens piekuren.

Hiernaast kunnen in de toekomst kansen ontstaan door:

- (4) Load shifting bij AI-datacenters;
- (5) Opereren binnen variabele temperatuurranges, en;
- (6) Load shifting bij colocaties.

Het potentieel zal nader moeten worden vastgesteld. Het ontsluiten ervan zal maatwerk vergen. Uit gevoerde gesprekken blijkt dat het nog onduidelijk is wat kansrijke rekenopdrachten zijn om load shifting toe te kunnen passen.

⁹⁰ RVO – Erkende maatregelenlijst 2023. Zie [link](#)

⁹¹ Een voorbeeld van een datacenter waar de koelsystemen als substituu^t zijn geïnstalleerd is AMS3, van Switch Datacenters, zie: [AMS3 - Switch Datacenters](#)

7.5 Incentives om flexibiliteit te ontsluiten

Uit gesprekken met datacenters blijkt dat zowel financiële als niet-financiële incentives nodig zijn om actief op zoek te gaan naar het potentieel tot afnameflexibiliteit en dit vervolgens daadwerkelijk te ontsluiten. Deze worden hieronder kort besproken.

Niet financiële incentives

Uit gesprekken met colocatie en hyperscale datacenters blijkt dat voor hen de belangrijkste incentive om op zoek te gaan naar mogelijke afnameflexibiliteit bestaat uit toegang krijgen tot extra of nieuwe netcapaciteit. Voor de bouw van nieuwe datacenters vormt schaarste in netcapaciteit een grote belemmering. Datacenters beschouwen dit als een belangrijkere prikkel dan een financiële vergoeding.

Financiële incentives

Elk van de kansen om afnameflexibiliteit te ontsluiten heeft een groot innovatief karakter waardoor het wenselijk is om eerst tests uit te voeren wat het financieel en organisatorisch vraagt om deze flexibiliteit te ontsluiten. Dan pas kan er een prijs aan worden verbonden. Naar verwachting zullen ten minste de kosten gedekt moeten worden, en zal er bij commerciële organisaties nog een redelijke opslag bij moeten komen. Onderstaande tabel geeft een kwalitatieve duiding van de financiële prikkel die nodig is.

#	Wanneer	Wat	Benodigde financiële prikkels
1	Nu	Load shifting bij grotere enterprise datacenters	Waarschijnlijk mogelijk tegen een beperkte vergoeding indien er sowieso al IT-rekenkracht beschikbaar was.
2	Nu	Load shifting bij grotere hyperscale datacenters	Waarschijnlijk mogelijk tegen een hoge vergoeding omdat het mogelijkheden tot optimalisatie van IT-apparatuur in de weg staat.
3	Nu	Bij hybride koelsystemen overgaan op de energiezuinige koeling tijdens piekuren.	Waarschijnlijk mogelijk tegen een beperkte vergoeding omdat het een simpele maatregel is zonder gevolgen voor andere bedrijfsprocessen.
4	Mogelijk in de toekomst	Load shifting bij AI-datacenters.	Waarschijnlijk mogelijk tegen een relatief hoge vergoeding, omdat processen echt later in de tijd klaar zullen zijn en investeringen minder snel worden terugverdiend.
5	Mogelijk in de toekomst	Opereren binnen variabele temperatuurranges	Waarschijnlijk mogelijk tegen een beperkte vergoeding.
6	Mogelijk in de toekomst	Load shifting bij colocaties	Waarschijnlijk mogelijk tegen een relatief hoge vergoeding, omdat een goedkoper product moet worden aangeboden en de colocatie zelf ook winst wil maken.