



Answering
tomorrow's
challenges
today

De netto maatschappelijke kostprijs van netcongestie

Vervolgonderzoek

Ministerie van Klimaat en Groene Groei
Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO)

Rotterdam, 21 augustus 2025

De netto maatschappelijke kostprijs van netcongestie

Vervolgonderzoek

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO)
Ministerie van Klimaat en Groene Groei (min KGG)

Rotterdam, 21 augustus 2025

Maurice Thijsen
Kurt Kreulen
Joost Gubbels

Inhoudsopgave

Management samenvatting	4
1 Inleiding.....	9
1.1 Achtergrond en aanleiding	9
1.2 Doel van het onderzoek	10
1.3 Tot stand komen van het onderzoek.....	11
1.4 Leeswijzer.....	12
2 Scope, definities en aannames	13
2.1 Onvervulde transportvraag en mitigerende maatregelen	14
2.2 Netto maatschappelijke kostprijs van netcongestie	16
2.3 Indirecte effecten van netcongestie	20
3 Methodologie	21
3.1 Definieren van sectorale verbruiksprofielen.....	21
3.2 Bepalen jaarlijkse inzet van mitigerende maatregelen per sector	25
3.3 Berekenen van de sectorale netto maatschappelijke kostprijs van netcongestie	36
3.4 Verkennen van de indirecte maatschappelijke welvaartseffecten van netcongestie	41
4 Resultaten	42
4.1 Directe maatschappelijke effecten van netcongestie	42
4.2 Indirecte maatschappelijke effecten van netcongestie	56
5 Conclusies en aanbevelingen	60
6 Bronnenlijst.....	65
Bijlage	66
A. Detailomschrijving van maatregelen	66
B. Gedetailleerde resultaten	68

Management samenvatting

Aanleiding

Netcongestie wordt een steeds groter knelpunt voor zowel de Nederlandse economie als de energietransitie. Door netcongestie kunnen bedrijven zich minder vaak in Nederland vestigen, hun activiteiten uitbreiden, elektrificeren of duurzame elektriciteit terug leveren. Dit veroorzaakt maatschappelijke schade.

In eerder onderzoek brachten wij de ‘bruto’ maatschappelijke kostprijs van netcongestie in kaart¹, uitgaande van een situatie waarin bedrijven geen actie ondernemen bij (de aankondiging van) transportbeperkingen. In de praktijk nemen bedrijven maatregelen om netcongestie tegen te gaan door bijvoorbeeld flexibele oplossingen in te zetten. Dit onderzoek, uitgevoerd door Ecorys in opdracht van RVO en het Ministerie van Klimaat en Groene Groei, richt zich daarom op de ‘netto’ maatschappelijke kostprijs van netcongestie: **de maatschappelijke schade die overblijft nadat rekening is gehouden met de mitigerende maatregelen die bedrijven nemen als reactie op (de aankondiging van) transportbeperkingen.**

Onderzoeksdoel en scope

Dit onderzoek heeft als doel om de maatschappelijke schade (Euro) te kwantificeren van één megawattuur (MWh) elektriciteit die niet geleverd kan worden als gevolg van netcongestie, waarbij rekening gehouden wordt met de mitigerende maatregelen die bedrijven (kunnen) nemen om deze schade te beperken.

Wij hebben onder andere onderzocht:

- welke mitigerende maatregelen bedrijven kunnen inzetten om transportbeperkingen tegen te gaan (zoals vraagverschuiving, batterijen, aggregaten, zonnepanelen en energiehubs);
- wat de kosten en effectiviteit van deze maatregelen zijn;
- hoe de maatschappelijke schade van netcongestie verschilt tussen sectoren en tussen afname- en invoedingscongestie;
- wat de indirecte maatschappelijke effecten zijn van aanhoudende netcongestie.

De maatschappelijke schade is inzichtelijk gemaakt middels een sectorale impactanalyse waarbij we voor het kwantificeren van de schade twee hoofdcomponenten hebben meegenomen.

¹ Zie: [Studie maatschappelijke kosten netcongestie | Rapport | Rijksoverheid.nl](#)

- **Gemiste toegevoegde waarde** – de economische waarde (als maatstaf voor maatschappelijke welvaart) die bedrijven hadden kunnen genereren met behulp van elektriciteit uit het stroomnet, indien er geen sprake was geweest van netcongestie.
- **Gemiste verduurzamingsbaten** – het achterwege blijven van verduurzaming (emissiereductie) doordat bedrijven niet kunnen elektrificeren vanwege een tekort aan transportcapaciteit.

Beperkingen van de scope van dit onderzoek

De maatschappelijke gevolgen van netcongestie zijn breder dan alleen gemiste economische toegevoegde waarde en verminderde of vertraagde decarbonisatie. De gevolgen van netcongestie raken ook domeinen die moeilijk in euro's zijn uit te drukken, maar maatschappelijk van groot belang zijn. Denk bijvoorbeeld aan het stilvallen van woningbouwprojecten met als gevolg verminderde toegang tot betaalbare woonruimte en een negatief effect op leefbaarheid. Of denk aan essentiële publieke voorzieningen, zoals ziekenhuizen of politiebureaus, die zich niet kunnen vestigen/uitbreiden vanwege een gebrek aan netcapaciteit.

Deze voorbeelden illustreren dat een analyse die zich uitsluitend richt op gemiste toegevoegde economische waarde tekortschiet. Ze kan zelfs leiden tot misleidende conclusies. Zo laat een zuiver economische vergelijking bijvoorbeeld zien dat de gemiste toegevoegde waarde van de tabaksindustrie hoger ligt dan die van ziekenhuizen. Als men deze cijfers letterlijk zou interpreteren, zou men kunnen concluderen dat netcongestie bij de tabaksindustrie maatschappelijk schadelijker is dan bij ziekenhuizen. Een dergelijke conclusie druist uiteraard in tegen ons gevoel voor maatschappelijke prioriteit.

In dit onderzoek is gekozen om uitsluitend te richten op toegevoegde waarde en decarbonisatie omdat over deze twee dimensies relatief betrouwbare en publieke data beschikbaar zijn, wat een consistente en navolgbare analyse mogelijk maakt. Het kwantificeren van bredere maatschappelijke effecten, zoals de relatie tussen netcongestie en veiligheid of gezondheid, vereist aanvullend en methodologisch complex onderzoek.

Belangrijkste bevindingen

Mitigerende maatregelen kunnen de maatschappelijke schade door netcongestie aanzienlijk verminderen.

We schatten dat een grootschalige en efficiënte inzet van mitigerende maatregelen de maatschappelijke schade door netcongestie gemiddeld met 29% kan verminderen. Dit komt met name doordat deze maatregelen bedrijven in staat stellen om, ondanks netcongestie, toch maatschappelijke waarde te blijven creëren in de vorm van toegevoegde waarde. De gemiddelde maatschappelijke schade daalt daarmee van ongeveer bruto €3500/MWh naar netto €2500/MWh² niet geleverde elektriciteit. De omvang van deze posten bestaan grotendeels uit de toegevoegde waarde die een bedrijf had kunnen genereren per eenheid elektriciteit.

² Gebaseerd op de gemiddelden van de onderzochte kostprijsposten ('gemiste toegevoegde waarde' en 'gemiste verduurzamingsbaten') en de onderzochte scenario's ('huidige' en 'toekomstgerichte' energieverbruik door bedrijven).

Mitigerende maatregelen blijken vooral effectief voor sectoren waarvan het energieverbruik flexibel in de tijd kan worden verschoven én die relatief veel toegevoegde waarde genereren per verbruikte MWh elektriciteit, zoals de professionele dienstverlening. In sommige van deze sectoren leidt de inzet van dergelijke maatregelen tot een aanzienlijke verlaging van de maatschappelijke schade.

Aan de andere kant sorteren mitigerende maatregelen minder effect voor energie-intensieve sectoren met inflexibele, volcontinue processen, die sterk afhankelijk zijn van een constante elektriciteitstoevoer. Dit geldt bijvoorbeeld voor productiegerichte sectoren waarin processen moeilijk zijn te onderbreken of te verschuiven, zoals de zware industrie. Om uit te breiden zonder netverzwaring zouden deze bedrijven veel of kostbare mitigerende maatregelen nodig hebben om de bedrijfscontinuïteit te waarborgen bij netcongestie.

Netverzwaring biedt een structurele oplossing voor netcongestie en is het meest kostenefficiënt, maar kent lange doorlooptijden. Hierdoor kunnen mitigerende maatregelen vooral op korte termijn verlichting bieden.

Op basis van onze schattingen blijkt dat netverzwaring in de meeste gevallen de meest kostenefficiënte structurele oplossing is voor netcongestie. Echter, naast dit kostenvoordeel kent netverzwaring een belangrijk nadeel: de langere doorlooptijd. Hierdoor komt er pas op de lange termijn extra transportcapaciteit beschikbaar, terwijl mitigerende maatregelen sneller resultaat opleveren.

Voor veel sectoren is het daarom aantrekkelijker om mitigerende maatregelen in te zetten dan passief netcongestie te ondergaan in afwachting van netverzwaring. Bij het bepalen van een passende oplossingsstrategie moet dan ook niet alleen worden gekeken naar de kosten per MWh, maar ook naar de snelheid waarmee extra capaciteit beschikbaar komt. Hoe langer netcongestie aanhoudt, hoe meer maatschappelijke schade zich ophoopt in de vorm van gemiste economische toegevoegde waarde en vertraagde decarbonisatie. **De snelheid van implementatie draagt daardoor direct bij aan maatschappelijke waarde³.**

Aanbevelingen

Ontwikkel als Rijksoverheid een gerichte sectorale aanpak binnen het Landelijk Actieprogramma Netcongestie om flexibiliteit te stimuleren.

Daarvoor is het nodig om sectoren te categoriseren op basis van ten minste twee kenmerken: het type energieverbruiksprofiel (bijvoorbeeld continu of piekgericht verbruik) en de waardecreatie per verbruikte eenheid elektriciteit (uitgedrukt in euro per MWh). Vooral sectoren met een piekgericht of verschuifbaar elektriciteitsgebruik kunnen relatief eenvoudig flexibiliteit inzetten, zonder dat dit hun bedrijfsvoering ingrijpend verstoort.

Communiceer als netbeheerder proactief naar bedrijven waar en wanneer netverzwaringen plaatsvinden, zodat zij gericht (tijdelijke) mitigerende maatregelen kunnen afwegen.

Netbeheerders communiceren momenteel doorgaans via investeringsplannen over waar en wanneer netverzwaringen plaatsvinden, maar deze informatie bereikt bedrijven mogelijk niet altijd tijdig of duidelijk genoeg⁴. Om bedrijven beter te ondersteunen bij het nemen van

³ Zie ook: [Ecorys: 'Versnelde netinvesteringen zouden miljarden aan maatschappelijke waarde opleveren' | Netbeheer Nederland](#)

⁴ Zie ook: [Ecorys: 'Opties voor verbetering van de ACM-toets op de investeringsplannen' | ACM](#)

(tijdelijke) mitigerende maatregelen is het essentieel om de communicatie over de planning van netverzwaringen scherper en gericht te maken. Dit betekent dat netbeheerders proactief en afgestemd op de behoeften van bedrijven moeten communiceren, zodat zij tijdig inzicht hebben in waar en wanneer extra capaciteit beschikbaar komt.

Concreet kan dit bijvoorbeeld door het versturen van gerichte nieuwsbrieven of e-mailupdates per regio, het organiseren van webinars waarin de planning en gevolgen worden toegelicht, en het inzetten van lokale accountmanagers die bedrijven persoonlijk kunnen informeren en adviseren. Ook het aanbieden van interactieve kaarten waarop geplande netverzwaringen en tijdlijnen inzichtelijk zijn, helpt bedrijven om een goed beeld te krijgen van de situatie.

Door op deze manier beter en directer te communiceren, kunnen bedrijven hun eigen businesscase maken en weloverwogen beslissingen nemen over het inzetten van flexibiliteit of andere oplossingen. Dit draagt bij aan een effectievere aanpak van netcongestie en het beperken van maatschappelijke schade.

Breng als netbeheerder de maatschappelijke impact van netcongestie per regio inzichtelijk.

In het kader van de gezamenlijke inspanningen van netbeheerders en overheden om het programmeren van netverzwaringen integraal en doelgericht aan te pakken, adviseren wij om de sectorale kostprijzen uit het onderzoek als uitgangspunt te gebruiken voor het opstellen van regionale kostenkengetallen. Door deze sectorale kostprijzen te combineren met de geografische spreiding van economische sectoren ontstaat een beeld van de maatschappelijke schade die netcongestie per regio veroorzaakt, zowel in termen van gemiste economische toegevoegde waarde als vertraagde decarbonisatie. Dit inzicht stelt netbeheerders in staat om regio's te identificeren waar deze maatschappelijke impact van netcongestie het grootst is. Op basis hiervan kunnen investeringen in netverzwaringen gericht worden gepland en getimed. Hierbij dient genuanceerd te worden dat de daadwerkelijke maatschappelijke impact omvangrijker is dan in dit onderzoek is benaderd. Andere sociale maatschappelijke posten kunnen ook een belang dienen bij de voorgestelde regionale identificatie (zie voorgaande reflectie op de beperkingen van de scope van dit onderzoek).

Investeer in onderzoek naar de bredere maatschappelijke effecten van netcongestie, zoals de gevolgen voor woningbouw, veiligheid, gezondheid, werkgelegenheid en ruimtelijke ordening.

Hoewel deze indirecte effecten vaak moeilijk kwantificeerbaar zijn, is het van groot belang ze toch op een systematische en transparante manier mee te wegen in besluitvorming. Dit kan bijvoorbeeld door scenarioanalyses of het gebruik van kwalitatieve maatschappelijke waarderingsmethoden. Door deze bredere maatschappelijke waarden mee te nemen, kunnen beleidsmakers een meer gebalanceerde afweging maken tussen verschillende belangen en zo bijdragen aan rechtvaardige en effectieve oplossingen voor netcongestie.

Praktische relevantie van onze onderzoeksresultaten

De resultaten van dit onderzoek geven op macroniveau inzicht in hoe netcongestie het economische groeivermogen en het verduurzamingspotentieel van Nederland beïnvloedt.

Door te schatten wat het de maatschappij kost wanneer bedrijven geen toegang hebben tot voldoende elektriciteit, laten we zien welke maatschappelijke schade er kan ontstaan als de netinfrastructuur achterblijft bij de vraag. De praktische relevantie hiervan is tweeledig.

Voor *beleidsmakers, netbeheerders* en *ACM* biedt het onderzoek een onderbouwd kwantitatief kader om de urgentie van netverzwaring en de inzet van mitigerende maatregelen beter te duiden. Het helpt om de maatschappelijke waarde van extra netcapaciteit concreter te maken, en daarmee onderbouwde keuzes te maken bij de ruimtelijke inpassing van netinfrastructuur of het prioriteren van netinvesteringen en netaansluitingen. Daarnaast kunnen de inzichten worden ingezet als input voor bredere maatschappelijke kosten-batenanalyses, bijvoorbeeld wanneer keuzes nodig zijn over welke vormen van bedrijvigheid het meest waardevol zijn (maatschappelijk economisch gezien) om te faciliteren binnen de huidige netcapaciteit.

Voor *bedrijven* helpt het onderzoek om de maatschappelijke context van netcongestie beter te begrijpen. Hoewel het onderzoek geen individuele businesscases doorrekent, maakt het wel duidelijk welke soorten bedrijvigheid relatief veel economische waarde toevoegen, en welke mitigerende maatregelen in algemene zin tot hogere of lagere maatschappelijke kosten leiden. Dit kan bedrijven helpen om hun eigen strategieën ten aanzien van elektrificatie, flexibiliteit en investeringen in context te plaatsen en het gesprek met overheden of netbeheerders beter te voeren.

Onze studie biedt geen gedetailleerde inzichten in bredere maatschappelijke effecten van netcongestie op regionaal of bedrijfsniveau.

Onze analyse richt zich op sectoren, en is dus niet één-op-één te vertalen naar individuele bedrijven of specifieke regio's. Dit heeft gevolgen voor de praktische toepasbaarheid van onze resultaten. Zo wordt netverzwaring niet bepaald op sectorniveau, maar vanuit een geografisch perspectief; wat betekent dat netverzwaring niet wordt bepaald op basis van de behoeften of belangen van één of meerdere specifieke sectoren (zoals alleen de industrie of landbouw), maar wordt afgestemd op de capaciteit en knelpunten van het elektriciteitsnet binnen specifieke geografische gebieden of locaties, ongeacht welke sectoren daar al dan niet actief zijn.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond en aanleiding

Netcongestie komt steeds vaker voor op het Nederlandse elektriciteitsnet. Dit ontstaat wanneer de vraag naar transportvermogen (hetzij voor invoeding, hetzij voor afname) groter is dan de beschikbare capaciteit in een bepaald deel van het net. Hierdoor kunnen netgebruikers onvoldoende elektriciteit afnemen of invoeden, wat leidt tot een onvervulde transportvraag. Netcongestie remt de groei en elektrificatie van (nieuwe) bedrijfsactiviteiten en dwingt tot [curtailment](#) van de inzet van hernieuwbare energiebronnen. Dit brengt maatschappelijke kosten met zich mee.

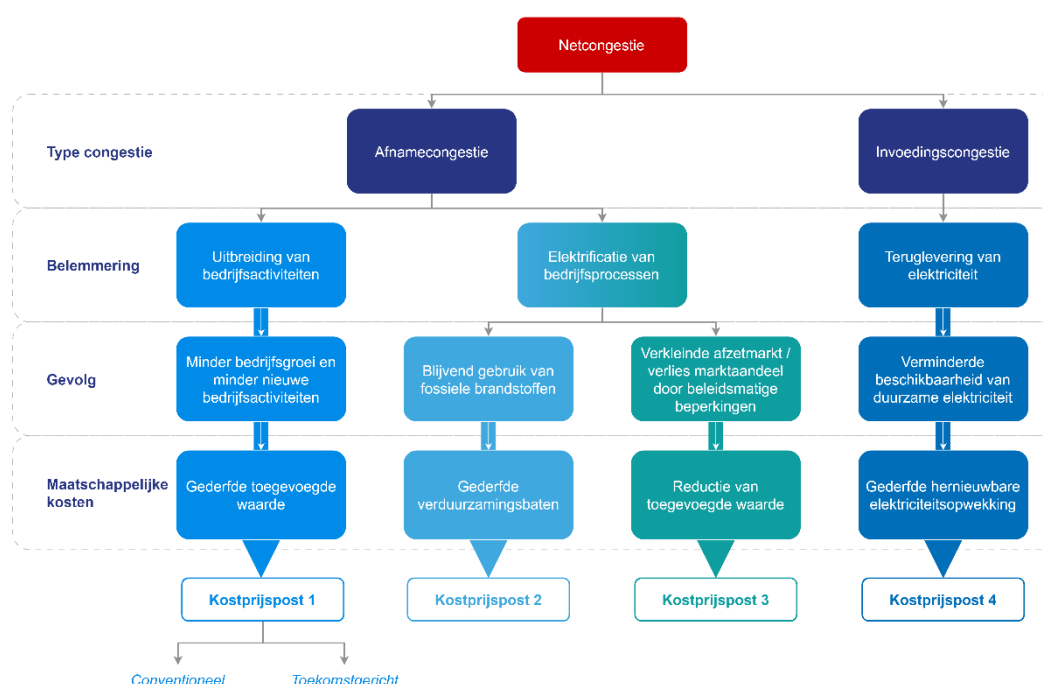
Eerder onderzoek door Ecorys⁵ bracht de bruto maatschappelijke kostprijs van netcongestie in kaart in opdracht van het ministerie van Economische Zaken (min. EZK) en Klimaat en Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). Deze is nader uitgesplitst in vier kostprijsposten (zie figuur 1.1), en omvat de maatschappelijke schade in termen van gederfde toegevoegde waarde (kostprijspost 1) en gederfde verduurzamingsbaten (kostprijspost 2), reductie van de toegevoegde waarde (kostprijspost 3⁶) en gederfde hernieuwbare elektriciteitsproductie (kostprijspost 4) wanneer één MWh elektriciteit niet geleverd of ingevoed kan worden aan netgebruikers als gevolg van netcongestie. Daarbij werd aangenomen dat netgebruikers volledig werden blootgesteld aan netcongestie en de netcongestie passief ondergaan. Vanuit economische rationale zullen netgebruikers handelen op netcongestie, om de effecten op hun bedrijfsactiviteiten zo veel mogelijk te beperken.

Hierdoor ontstaat de noodzaak om vast te stellen wat de maatschappelijke kostprijs is van netcongestie, wanneer netgebruikers mitigerende maatregelen zouden nemen om de gevolgen van netcongestie zoveel mogelijk te beperken. Deze kostprijs, die rekening houdt met dat netgebruikers mitigerende maatregelen nemen, noemen we de netto maatschappelijke kostprijs van netcongestie.

⁵ Ecorys (2024). Maatschappelijke kostprijs van netcongestie. [Link](#).

⁶ Deze kostprijspost is kwalitatief benaderd in het onderzoek.

Figuur 1.1: Overzicht maatschappelijke (bruto) kostprijsposten netcongestie (afkomstig uit Ecorys, 2023)



1.2 Doel van het onderzoek

Dit onderzoek bouwt voort op de eerder onderzochte bruto maatschappelijke kostprijs. Door te verkennen welke mitigerende maatregelen netgebruikers nemen om de gevolgen van netcongestie te verminderen, en de kosten van deze mitigerende maatregelen te ramen, corrigeren we de bruto- naar een netto maatschappelijke kostprijs van netcongestie. Deze correctie wordt uitgevoerd voor kostprijspost 1, 2 en 4 (omdat deze kwantitatief zijn benaderd in het voorgaande onderzoek). De netto maatschappelijke kostprijs wordt nader uitgewerkt en gedifferentieerd per typen bedrijvigheid, waarbij rekening wordt gehouden met afname- dan wel invoedingscongestie.

Daarbij verkennen we welke mitigerende maatregelen netgebruikers kunnen nemen, en welke kosten samenhangen met de inzet van deze maatregelen. Daarnaast onderzoeken we welke mitigerende maatregelen, vanuit een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA), het meest wenselijk zijn en de laagste (opportunitets)kosten met zich meebrengen tijdens periodes van netcongestie en hoe deze zich verhouden ten opzichte van de referentie waarbij het net wordt verzwaard. Ten slotte onderzoeken we een selectie van belangrijke indirecte effecten van netcongestie op het welvaartspeil van de maatschappij. Deze effecten volgen uit bijv. veranderingen in het energieverbruik van actoren (als gevolg van netcongestie), denk hierbij aan de impact op werkgelegenheid en de concurrentiepositie van bedrijven.

De onderzoeksvraag en deelvragen van dit onderzoek luiden als volgt:

Onderzoeksvraag:

Wat is de maatschappelijke netto kostprijs van netcongestie, waarbij één MWh elektriciteit niet geleverd kan worden als gevolg van netcongestie?

Deelvragen:

1. Welke mitigerende maatregelen nemen netgebruikers en wat zijn de samenhangende kosten?
2. Wat zijn de verschillen in de kostprijs tussen verschillende type bedrijvigheid, en tussen afname- en invoedingscongestie?
3. Welke mitigerende maatregelen zijn vanuit een MKBA-perspectief het meest aantrekkelijk, en hoe verhouden zij zich ten opzichte van de referentie netverzwareng?
4. Wat zijn belangrijke indirecte effecten van netcongestie?

De resultaten van dit onderzoek dragen bij aan een beter begrip van de maatschappelijke impact van netcongestie. Door de bruto- en netto maatschappelijke kostprijs tegen elkaar af te zetten kunnen we een bandbreedte verkennen die beschrijft wat de impact is wanneer netgebruikers wel én niet handelen op netcongestie. De bandbreedte van de bruto- en netto maatschappelijke kostprijs van netcongestie helpt bij het beantwoorden van vragen over de mate en locatie van netcongestie, de impact op afnemers en de waarde van oplossingen voor netcongestie.

Het onderzoek naar de netto maatschappelijke kostprijs van netcongestie is niet allesomvattend, maar vormt een bouwsteen die bijdraagt aan het in kaart brengen van de maatschappelijke kosten van netcongestie. De maatschappelijke kostprijs van netcongestie geeft een beeld van de maatschappelijke impact, uitgedrukt in termen van gemiste toegevoegde waarde en decarbonisatie, wanneer één eenheid elektriciteit niet geleverd kan worden als gevolg van netcongestie (c.q. Euro per MWh). Om een schatting te maken van de absolute maatschappelijke kosten (in Euro) van netcongestie is aanvullende analyse nodig waarbij de locatie en omvang van de netcongestie in de berekening wordt meegenomen⁷.

1.3 Tot stand komen van het onderzoek

Het onderzoek en de onderliggende analyses zijn uitgevoerd door Ecorys. Het onderzoek is uitgezet door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) en het ministerie van Klimaat en Groene Groei (min. KGG). Op verschillende momenten is het onderzoek afgestemd met een klankbordgroep bestaande uit afgevaardigden van de Autoriteit Consument en Markt (ACM), Netbeheer Nederland, Energie-Nederland, de Nederlandse Vereniging Duurzame Energie, Alliander en VNO-NCW.

⁷ Zie bijvoorbeeld de congestieonderzoeken van netbeheerders: [Uitkomsten congestieonderzoeken: hier en daar extra ruimte voor teruglevering | Netbeheer Nederland](#)

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de scope, definities en aannames van het onderzoek uiteengezet. Hoofdstuk 3 beschrijft de methodologie die wordt gehanteerd om de netto maatschappelijke kostprijs van netcongestie te berekenen. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van het onderzoek gepresenteerd, gevolgd door een conclusie van de bevindingen en aanbevelingen voor vervolgonderzoek in hoofdstuk 5.

2 Scope, definities en aannames

Dit hoofdstuk beschrijft de scope van het onderzoek en de gehanteerde definities en aannames. Dit helpt om duidelijk te maken wat wel en niet in het onderzoek wordt meegenomen. Daarbij is het belangrijk om definities en aannames vast te leggen, zodat het onderzoek eenduidig te volgen is en reproduceerbaar is. De onderstaande punten vatten de reikwijdte van dit onderzoek samen. Elk punt wordt in meer detail behandeld in dit hoofdstuk.

- In deze studie onderzoeken we hoe netcongestie leidt tot een onvervulde transportvraag bij netgebruikers en hoe dit vervolgens resulteert in maatschappelijk welvaartsverlies.
- De focus ligt op het kwantificeren van de directe welvaartseffecten en milieueffecten van netcongestie, zoals gederfde toegevoegde waarde en verduurzamingsbaton – we maken hierbij gebruik van kostprijsposten 1 en 2, kostprijspost 3 (verlies/krimp van toegevoegde waarde) laten we buiten beschouwing omdat deze niet gekwantificeerd is. Overige indirecte welvaartseffecten van netcongestie worden uitsluitend kwalitatief door ons gevangen in dit rapport.
- Het onderzoek richt zich op maatschappelijke kostprijzen (kosten per volume-eenheid), niet op kostenbedragen. We beschikken niet over gegevens om het jaarlijkse volume van netcongestie te schatten, dus we richten ons op de kostprijs per MWh netcongestie.
- We verfijnen onze bruto kostprijschattingen door de inzet van mitigerende maatregelen mee te nemen, zodat we naar een ‘netto’ kostprijs bewegen.
- We onderzoeken een reeks mitigerende maatregelen, waaronder zowel technische als gedragsmaatregelen, onderverdeeld in substitutie- en adaptatiegerichte maatregelen. Wij baseren ons hierbij grotendeels op studie van [CE Delft \(2024\)](#).
- Voor het modelleren van de inzet van mitigerende maatregelen beperken we ons tot publiek beschikbare gegevens over o.a. het jaarlijks elektriciteitsverbruik (en bijhorend profiel) van economische sectoren.
- We berekenen netto maatschappelijke kostprijzen van netcongestie voor verschillende typen bedrijvigheid door de economische sector indeling te volgen conform de SBI-categorisering van het CBS.
- Bij het bepalen van de inzet van mitigerende maatregelen doen we geen uitspraken over de mate waarin netgebruikers binnen hun aansluiting kunnen ingroeien of hun aansluitingslimiet kunnen overschrijden door gebruik te maken van restructuur op het net. Dit komt doordat we niet beschikken over gegevens over de benuttingsgraad van aansluitingen in de tijd voor (groepen van) netgebruikers. Afhankelijk van het gemodelleerde verbruiksprofiel ligt het verbruik van een bedrijf tegen het gecontracteerde transportvermogen (GTV) aan gedurende de volledige bedrijfsperiode, of alleen tijdens piekuren. Bij uitbreiding of elektrificatie zijn mitigerende maatregelen nodig op de momenten waarop het verbruik het GTV benadert of overschrijdt.
- Aannames die gehanteerd zijn in het voorgaande onderzoek over de bruto maatschappelijke kostprijs zijn ook van toepassing in dit onderzoek, waarvan de belangrijkste aannames zijn; de lineaire marginale productiviteit van elektriciteitsconsumptie, en de toekomstige te elektrificeren energiemix van sectoren.

2.1 Onvervulde transportvraag en mitigerende maatregelen

Wanneer bedrijven om welke reden dan ook meer elektriciteit nodig hebben, maar netcongestie dit belemmert, spreken we van een **onvervulde transportvraag**⁸. Dit betekent dat de groeiende elektriciteitsbehoefte van een netgebruiker niet kan worden vervuld vanwege beperkingen in de transportcapaciteit van het elektriciteitsnet.

Bedrijven kunnen hiermee te maken krijgen wanneer ze willen uitbreiden, ergens willen toetreden of zich willen vestigen, willen verduurzamen door middel van elektrificatie, of een combinatie hiervan. Toch leidt netcongestie niet altijd tot een onvervulde transportvraag. Sommige netgebruikers kunnen namelijk op alternatieve manieren in hun elektriciteitsbehoeften voorzien, zonder direct gebruik te maken van het net, of door minder gebruik te maken van het net. We noemen dit **mitigerende maatregelen** – (tijdelijke) oplossingen waarmee bedrijven elektriciteit verkrijgen zonder noodzakelijkerwijs afhankelijk te zijn van het net⁹. In dit onderzoek kijken we naar de mitigerende maatregelen die bedrijven zelf kunnen treffen. Deze maatregelen vallen onder te verdelen in twee categorieën:

- **Substitutiemaatregelen**: het vervangen van bestaande energiebronnen en infrastructuur.
- **Adaptatiemaatregelen**: het aanpassen van energieverbruik en -beheer aan de beperkingen van het elektriciteitsnet.

2.1.1 Substitutie

Substitutie houdt in dat bestaande energiebronnen en infrastructuur worden vervangen door alternatieven die minder of helemaal niet afhankelijk zijn van het overbelaste elektriciteitsnet. Een belangrijke substitutiemaatregel bij netcongestie is het gebruik van lokale en alternatieve energieopwekking, wat op verschillende manieren kan worden gerealiseerd:

- **Zonnepanelen (+ directe lijn¹⁰)**: door zonnepanelen te installeren, kunnen bedrijven hun eigen elektriciteit opwekken en zo hun afhankelijkheid van het net verminderen.
- **Windturbines (+ directe lijn⁶)**: net als zonnepanelen bieden windturbines een duurzame energiebron waar bedrijven zichzelf direct op kunnen aansluiten.
- **Diesel aggregaat**: dieselaggregaten kunnen als (tijdelijke) oplossing dienen om de netafhankelijkheid van netgebruikers te verkleinen.
- **Gecombineerde warmte- en krachtingsinstallaties (WKK)**: deze systemen wekken zowel elektriciteit als warmte op, en kunnen ingezet worden om energie direct te consumeren zonder tussenkomst van het elektriciteitsnet.
- **Energieopslag**: directe opslag in en consumptie uit batterijen of andere vormen van energieopslag kan de belasting van het net verminderen.

⁸ Preciezer geformuleerd ontstaat een onvervulde transportvraag als gevolg van netcongestie uitsluitend wanneer een netgebruiker op bepaalde momenten het met de netbeheerder overeengekomen maximum van zijn aansluiting – het gecontracteerd transportvermogen (GTV) – bereikt en daardoor geen extra transportvermogen kan afnemen.

⁹ Bij de afweging om al dan niet te investeren in mitigerende maatregelen, speelt ook mee dat de duur van de wachttijd voor transportcapaciteit op veel plekken onbekend is. Netbeheerders hebben inmiddels op diverse locaties aangegeven dat de wachttijden fors zijn opgelopen, maar vaak ontbreekt er concrete informatie over hoe lang het precies duurt voordat er weer ruimte beschikbaar komt. Deze onzekerheid maakt het voor bedrijven lastig om in te schatten of en in hoeverre mitigerende maatregelen zinvol zijn. Deze onzekerheid drukt het handelingsperspectief van bedrijven.

¹⁰ Een directe lijn in een wind- of zonne-opstelling achter de meter betekent dat de opgewekte elektriciteit direct van de opwekbron (bijvoorbeeld windturbine of zonnepanelen) naar een bedrijf of installatie wordt geleverd, zonder tussenkomst van het openbare elektriciteitsnet.

2.1.2 Adaptatie

Adaptatiemaatregelen helpen bedrijven hun energieverbruik aan te passen aan de beperkingen van het elektriciteitsnet waardoor de behoefte aan transportcapaciteit verminderd. Dit kan op verschillende (elkaar aanvullende) manieren:

- **Flexibel energieverbruik & sturing-achter-de-meter:** via demand-side response (DSR) schema's kunnen netgebruikers hun energieverbruik afstemmen op signalen van het net, bijvoorbeeld via prijsprikkels of directe aansturing door de netbeheerder. Denk hierbij aan load shifting (verschuiven van netgebruik in de tijd) en/of peakshaving (verminderen van piekbelasting). Het capaciteitsbeperkend contract (CBC) in dit rijtje maatregelen is een geschikte contractvorm om dergelijke flexibiliteit te ontsluiten bij netgebruikers.
- **Elektriciteitsbesparing:** door elektrisch-efficiënte technologieën en processen in te zetten, kunnen bedrijven hun totale energieverbruik verlagen en zo de druk op het net verminderen.
- **Cable Pooling:** het combineren van zonne- en windenergie op één netaansluiting verhoogt het rendement op die aansluiting en verkleint de behoefte aan extra netinfrastructuur.
- **Energiehubs:** groepen van netgebruikers kunnen hun energieverbruik en -opwekking op elkaar afstemmen met als doel de tot hun beschikbare transportcapaciteit te vergroten. Voor een dergelijk samenwerkingsverband is een groepstransportovereenkomst nodig zodat partijen daadwerkelijk lokaal (piek)verbruik en invoeding kunnen gaan afstemmen op elkaar.
- **Capaciteitsbeperkend contract:** contractvorm waarbij netgebruikers hun energieverbruik en -opwekking aanpassen op de beschikbare ruimte op het elektriciteitsnet en daarvoor een marktconforme vergoeding ontvangen van de netbeheerder.

2.1.3 Overzicht van mitigerende maatregelen in huidig onderzoek

Onze keuze voor mitigerende maatregelen is grotendeels gebaseerd op bestaande literatuur. Als primaire bron gebruiken we de studie van CE Delft (2024)¹¹, die een overzicht biedt van mitigerende maatregelen, hun inzetpotentieel en kosten. De onderstaande tabel toont de geselecteerde maatregelen en categoriseert deze langs de as van substitutie en adaptatie, en op basis van of de maatregelen vooral technisch of gedragsmatig van aard zijn¹².

¹¹ [Oplossingen voor netcongestie bij bedrijven](#)

¹² Technische maatregelen kunnen het elektriciteitsnet ontlasten zonder het verbruiksprofiel van een gebruiker te wijzigen terwijl gedragsmatige maatregelen gericht zijn op het aanpassen van het verbruik (zowel in tijd als volume) van netgebruikers.

Tabel 2.1: Overzicht en categorisering van mitigerende maatregelen

Maatregel	Substitutie	Adaptatie	Technisch	Gedragmatig
Zonnepanelen	✓		✓	
Windturbines	✓		✓	
Diesel aggregaat	✓		✓	
WKK	✓		✓	
Flexibel energieverbruik		✓		✓
Energieopslag (batterij)	✓	✓	✓	
Elektriciteitsbesparing		✓	✓	✓
Cablepooling		✓	✓	
Energiehub		✓	✓	✓
Capaciteitsbeperkend contract (CBC) ¹³		✓		✓

2.2 Netto maatschappelijke kostprijs van netcongestie

Van bruto naar netto raming van de maatschappelijke kostprijs van netcongestie

Omdat er geen publieke data beschikbaar zijn over de jaarlijkse omvang van de onvervulde transportvraag in de Nederlandse economie, richten we ons *niet* op het inschatten van de totale maatschappelijke kosten van netcongestie. In plaats daarvan schatten we de **kostprijs van netcongestie**. De maatschappelijke kostprijs geeft een schatting van de welvaartsimpact wanneer er een eenheid elektriciteit (MWh) niet geleverd kan worden als gevolg van netcongestie (P; prijs). De maatschappelijke kostprijs houdt dus **geen rekening met de omvang en de momenten waarop netcongestie plaatsvindt** (Q; kwantiteit, volume). Onze kostprijzen kunnen worden gebruikt om de totale maatschappelijke kosten van netcongestie te berekenen, mits er betrouwbare en relevante cijfers beschikbaar zijn over het volume van de netcongestie (ofte wel de onvervulde transportvraag) in een bepaald gebied gedurende bepaalde tijdsperiodes. In sectie 4.1.4 laten we aan de hand van enkele fictieve voorbeelden zien hoe met onze kostprijzen gerekend kan worden om absolute kosteninschattingen van netcongestieschade te maken.

In eerder onderzoek schatten we **de bruto kostprijs**. In dit onderzoek houden we echter rekening met de mogelijke inzet van mitigerende maatregelen door netgebruikers, waardoor de kostprijs anders uit kan vallen. We noemen deze kostprijs **de netto kostprijs**. Naast de inzet van mitigerende maatregelen, zijn er nog andere aannames die verfijnd kunnen worden om een nauwkeuriger beeld te krijgen van de netto kostprijs van netcongestie. Dit betreft onder andere de marginale productiviteit van elektriciteitsconsumptie, de samenstelling van de energiemix van sectoren en bedrijven, en de kwantificering van maatschappelijke impact (d.w.z. de manier waarop de maatschappelijke impact van netcongestie gedefinieerd wordt¹⁴). Deze aannames worden in dit onderzoek niet nader verfijnd.

¹³ Er bestaan diverse contractvormen naast capaciteitsbeperkingscontracten (CBC) die gericht zijn op het flexibiliseren van het elektriciteitssysteem. Vooralsnog zijn alleen kostenkengetallen beschikbaar voor CBC's, afkomstig uit een studie van CE Delft (2024). In vervolgonderzoek kan uitgebreider worden gekeken naar andere contractvormen of combinaties daarvan als mogelijke mitigerende maatregel tegen netcongestie.

¹⁴ In dit onderzoek definiëren we maatschappelijke impact van netcongestie in termen van gemiste toegevoegde waarde en gemiste verduurzamingsbaten (decarbonisatie).

Tabel 2.2: Verschil tussen de bruto en netto kostprijs en kosten van netcongestie.

	Bruto	Netto
Maatschappelijke kostprijs (Euro per MWh)	Het welvaartsverlies per MWh aan onervulde transportvraag als gevolg van netcongestie.	Het welvaartsverlies per MWh aan onervulde transportvraag als gevolg van netcongestie, waarbij rekening wordt gehouden met mitigerende maatregelen. In deze studie richten wij ons op het schatten van deze netto kostprijs.
Maatschappelijke kosten (Euro)	Het totale welvaartsverlies door netcongestie op een specifiek netonderdeel. Dit is de som van alle MWh aan onervulde transportvraag gedurende een bepaalde periode [Q] vermenigvuldigd met de (bruto) maatschappelijke kostprijs [P] van netcongestie.	Zie bruto, maar dan gecorrigeerd voor de mitigerende maatregelen die netgebruikers nemen als reactie op (de aankondiging van) netcongestie.

Marginale productiviteit van elektriciteitsconsumptie

Net als in eerder onderzoek naar de kostprijs van netcongestie gaan we ervan uit dat elke verbruikte MWh elektriciteit evenredig bijdraagt aan de toegevoegde waarde van een bedrijf. In werkelijkheid ligt dit genuanceerder, omdat de [marginale productiviteit van elektriciteitsverbruik](#) per sector kan verschillen. Vervolgonderzoek is nodig om de marginale productiviteit van elektriciteit per sector of type bedrijvigheid beter vast te stellen. Dit helpt om nauwkeurig te bepalen welke toegevoegde waarde bedrijven genereren of welk verlies ze lijden bij extra of gemist elektriciteitsverbruik.

Sectorale energiemix

In dit onderzoek hanteren we dezelfde aannames als in het vorige onderzoek naar de kostprijs van netcongestie met betrekking tot de energiemix van verschillende sectoren. We werken opnieuw met twee scenario's: één gebaseerd op conventionele bedrijfsprocessen en één op toekomstgerichte bedrijfsprocessen. In het scenario van [conventionele bedrijfsprocessen](#) wordt uitgegaan van de huidige energiemix per sector, zoals vastgesteld op basis van CBS-data uit 2023. In het scenario van [toekomstgerichte bedrijfsprocessen](#) veronderstellen we dat het energieverbruik van aardgas, benzine, diesel en LPG grotendeels is vervangen door elektriciteit. De mate waarin bedrijven daadwerkelijk elektrificeren beïnvloedt de omvang van de schade die de maatschappij ondervindt bij netcongestie. Vervolgonderzoek is nodig om per sector of type bedrijvigheid beter te bepalen hoe de energiemix van bedrijven zich precies zal ontwikkelen.

Maatschappelijke wenselijkheid is een breed begrip

De maatschappelijke wenselijkheid van bedrijvigheid¹⁵ gaat verder dan alleen de toegevoegde waarde die het genereert en de verduurzaming van de bedrijfsprocessen. Bijvoorbeeld, de tabaksindustrie creëert weliswaar veel toegevoegde waarde, maar diens producten hebben een negatief effect op de gezondheid van consumenten. Aan de andere kant, een ziekenhuis levert ook economische toegevoegde waarde, maar een stuk minder dan de tabaksindustrie.

Vanuit een maatschappelijk perspectief kan de tabaksindustrie als minder wenselijk worden beschouwd dan een ziekenhuis, omdat de schadelijke gevolgen van tabaksconsumptie voor de gezondheid van de samenleving de economische voordelen van die sector overschaduwden. Het kwantificeren van deze tabak-gerelateerde gezondheidsschade en het vertalen ervan naar monetaire eenheden gekoppeld aan energieverbruik ligt echter buiten de scope van dit onderzoek. Het maken van zo'n koppeling is bovendien methodologisch problematisch: gezondheidsschade laat zich niet eenvoudig toerekenen aan het specifieke energieverbruik van een sector, laat staan per megawattuur (MWh) aan netcongestie.

Ons onderzoek richt zich met name op [het effect van netcongestie op het vermogen van bedrijven toegevoegde waarde te kunnen \(blijven\) genereren en te de carboniseren via elektrificatie](#), en laat ethische overwegingen buiten beschouwing. Dit is gedaan om de complexiteit van de analyse behapbaar te houden. In vervolgonderzoek zou aandacht kunnen worden besteed aan andere aspecten van menselijk welzijn en hoe netcongestie daar mogelijk invloed op heeft.

¹⁵ De 'maatschappelijke wenselijkheid van bedrijvigheid' is een politiek beladen en normatief begrip, dat zich moeilijk objectief en universeel laat vaststellen. Desondanks is er gepoogd dit begrip te formaliseren in het [maatschappelijk prioriteringskader](#), opgesteld door de netbeheerders en de Autoriteit Consument & Markt (ACM). Dit kader geeft richting aan de toewijzing van vrijkomend transportvermogen in gebieden met transportschaarste, waarbij bepaalde typen bedrijven onder voorwaarden voorrang kunnen krijgen. Het doel is om schaarse netcapaciteit in te zetten op een wijze die de maatschappij zoveel mogelijk ten goede komt.

Tekstbox I: Maatschappelijke kostprijzen van netcongestie en de rentabiliteit van mitigerende maatregelen

Het verschil tussen de bruto en netto maatschappelijke kostprijs van netcongestie hangt samen met hoe netgebruikers reageren op netcongestie.

De bruto maatschappelijke kostprijs gaat uit van een situatie waarin netgebruikers geen mitigerende maatregelen nemen en dus de volledige economische schade van netcongestie ondervinden. De netto maatschappelijke kostprijs daarentegen houdt rekening met het effect van mitigerende maatregelen die worden ingezet om deze schade te beperken.

Mitigerende maatregelen verlagen doorgaans de maatschappelijke kosten van netcongestie, omdat ze helpen om (een deel van) de gederfde toegevoegde waarde als gevolg van netcongestie te voorkomen. Tegelijkertijd brengen deze (tijdelijke) oplossingen ook eigen maatschappelijke kosten¹⁶ met zich mee. Denk bijvoorbeeld aan investeringen in noodvoorzieningen of aanpassingen in bedrijfsprocessen. Deze kosten worden in de context van de huidige studie als maatschappelijk beschouwd omdat de middelen die hiervoor worden ingezet, in een situatie zonder netcongestie waarschijnlijk productiever hadden kunnen worden aangewend¹⁷. Puur economisch bekeken zorgt de inzet van mitigerende maatregelen ervoor dat economische actoren afwijken van hun optimale productie- of consumptiekeuzes; dit kan leiden tot verlies van allocatieve efficiëntie. Met andere woorden: als er op tijd voldoende netcapaciteit was geweest, hadden deze middelen elders in de economie meer waarde kunnen genereren – zij het op korte termijn.

Wanneer de kostenbesparingen door mitigatie worden afgezet tegen de extra kosten die deze maatregelen met zich meebrengen, resulteert dit in de meeste gevallen in een lagere maatschappelijke kostprijs dan zonder mitigatie – de netto kostprijs ligt dus vaak lager dan de bruto kostprijsvariant. Dat komt omdat de maatschappelijke kosten van mitigerende maatregelen meestal lager zijn dan de gederfde toegevoegde waarde die zou ontstaan zónder deze maatregelen.

In deze studie zijn per sector aannames gedaan over de inzet van mitigerende maatregelen bij het bepalen van de netto maatschappelijke kostprijs. Deze aannames worden toegelicht in sectie 3.2. Hierbij is niet expliciet gekeken naar de financiële haalbaarheid (rentabiliteit) van maatregelen op sector- of bedrijfsniveau. Ook de technische haalbaarheid wordt door ons slechts op hoofdlijnen beschouwd. Beide factoren zijn sterk afhankelijk van de specifieke omstandigheden van individuele bedrijven en laten zich daarom lastig generaliseren.

De keuzes die bedrijven maken over het wel of niet toepassen van mitigerende maatregelen – gebaseerd op hun businesscase en technische mogelijkheden – beïnvloeden uiteindelijk de werkelijke maatschappelijke kostprijs van netcongestie. Als bedrijven bepaalde maatregelen niet kunnen betalen of technisch niet kunnen uitvoeren, dan verschuift de kostprijs voor die bedrijven van de netto richting de bruto inschatting (zie ook de volgende figuur).

In deze studie doen we dus géén uitspraken over de financiële aantrekkelijkheid van mitigerende maatregelen voor individuele bedrijven. Of bedrijven wel of geen maatregelen nemen, en in welke mate, zou onderwerp moeten zijn van aanvullend onderzoek. In dat geval kan nauwkeuriger worden vastgesteld wat de daadwerkelijke maatschappelijke kostprijs van netcongestie is. Onze verwachting is dat deze ergens tussen de netto- en bruto-inschatting zal liggen.



2.3 Indirecte effecten van netcongestie

Netcongestie heeft niet alleen directe gevolgen voor bedrijven, maar ook aanzienlijke indirecte effecten op macro-economisch niveau. Indirecte effecten zijn gevolgen van netcongestie op de economie die niet rechtstreeks voortkomen uit de netcongestie zelf, maar via tussenliggende factoren of kettingreacties ontstaan. Deze indirecte effecten volgen uit de veranderingen in de toegang en het verbruik van energie van economische actoren. Deze effecten kunnen de bredere economie beïnvloeden en hebben vaak langdurige implicaties. In dit onderzoek kijken we alleen kwalitatief naar deze indirecte effecten van netcongestie.

¹⁶ De kosten van mitigerende maatregelen worden niet alleen gedragen door de directe betrokkenen, maar hebben bredere economische effecten die via markten en prijzen neerslaan in de hele maatschappij. Mitigerende maatregelen kunnen leiden tot een inefficiënte inzet van arbeid en kapitaal, wat resulteert in hogere productiekosten, verminderde concurrentiekracht en uitgestelde investeringen. Deze effecten kunnen op hun beurt leiden tot prijsstijgingen en lagere werkgelegenheid, met een vermindering van de maatschappelijke welvaart als gevolg. Een ander voorbeeld betreft de kosten die door netbeheerders worden gemaakt, in het kader van congestiemanagement. Hoewel deze kosten in eerste instantie bij de netbeheerder liggen, worden ze uiteindelijk doorberekend in de nettarieven en daarmee gedragen door alle afnemers.

¹⁷ De kern van de redenering is gebaseerd op het concept van opportunity costs. Middelen die worden ingezet voor mitigerende maatregelen hadden in een situatie zonder netcongestie elders in de economie kunnen worden ingezet voor productievere of waardevollere activiteiten. Bijvoorbeeld: als een bedrijf moet investeren in een batterij om toch te kunnen produceren bij netcongestie, dan zijn die investeringsmiddelen niet meer beschikbaar voor innovatie, uitbreiding van productiecapaciteit, of andere strategische doeleinden die op lange termijn meer economische waarde hadden kunnen genereren.

3 Methodologie

Om de inzet van mitigerende maatregelen mee te wegen in de berekening van de maatschappelijke kostprijs van netcongestie, moeten we eerst inzicht krijgen in het elektriciteitsverbruik van verschillende typen netgebruikers. Dit betekent dat we per sector een typisch **verbruiksprofiel** vaststellen. Een verbruiksprofiel is een weergave van het energieverbruik van een netgebruiker, of een groep netgebruikers, in de tijd. Dit inzicht stelt ons in staat om aannames te maken over de frequentie van transportschaarste gedurende het jaar, evenals de omvang van de totale jaarlijkse onvervulde transportvraag. Op basis hiervan kunnen we bepalen wat de jaarlijkse benodigde inzet is voor mitigerende maatregelen per sector. Via kengetallen vertalen we deze inzet van maatregelen naar de netto maatschappelijke kostprijs van netcongestie.

3.1 Definiëren van sectorale verbruiksprofielen

Voor het definiëren van sectorale verbruiksprofielen maken we gebruik van **profielarchetypen**. Dit zijn versimpelde verbruiksprofielen die de werkelijke karakteristieken van het verbruiksprofiel van bedrijven benaderen. Voor iedere sector definiëren we, op basis van deze profielarchetypen, een verbruiksprofiel. Met dit sectorale verbruiksprofiel stellen we vervolgens vast wat de onvervulde transportvraag is per sector als gevolg van netcongestie. Dit gebruiken we vervolgens om de inzet van mitigerende maatregelen mee te bepalen.

3.1.1 Profielarchetypen

Het energieverbruik van netgebruikers in de tijd bepaalt in hoeverre zij te maken krijgen met netcongestie en in welke mate zij mitigerende maatregelen kunnen nemen om dit te omzeilen. Omdat wij geen directe data hebben over het energieverbruiksprofiel van bedrijven, maken we gebruik van zogenoemde profielarchetypen. Hiermee modelleren we per sector hoe een typisch verbruiksprofiel eruitziet voor een gemiddeld bedrijf binnen die sector.

Profielarchetypen zijn abstracties van werkelijke profielen: ze bestaan niet letterlijk, maar benaderen de werkelijkheid. Ze zijn ontworpen volgens het principe van wederzijdse exclusiviteit en collectieve uitputting. Dit betekent dat elk werkelijk verbruiksprofiel altijd binnen één van de drie archetypen valt en niet in meerdere tegelijk kan voorkomen. We onderscheiden drie profielarchetypen: *vlak*, *tafelberg* en *gepiekt*. Elk archetype heeft specifieke ontwerpparameters, waardoor we enige flexibiliteit hebben om de profielen te verfijnen en beter af te stemmen op de realiteit.

Bedrijven kunnen hun bedrijfsprocessen niet uitbreiden of elektrificeren wanneer zij netcongestie ervaren. Daarbij gaan we er van uit dat bedrijven enkel netcongestie ervaren wanneer zij de limieten van hun aansluiting (lees: gecontracteerde transportvermogen, GTV) bereiken. Wanneer en hoe vaak bedrijven tegen de limiet van hun aansluiting aanlopen verschilt per profielarchetype en is nader beschreven in [Tabel 3.2](#).

Het gebruik van profielarchetypen biedt het voordeel van een praktische en efficiënte manier om netcongestie te analyseren. Het verzamelen van bottom-up microdata over het energieverbruik van individuele bedrijven zou veel tijd kosten en het is de vraag of dit opweegt tegen de toename die het zou bieden in de nauwkeurigheid van onze kostprijsramingen.

Tabel 3.1: Overzicht profielarchetypen

Profiel-archetype	Omschrijving	Parameters
Vlak	Het vlakke profiel wordt gekenmerkt door een constant energieverbruik gedurende het hele etmaal. Dit is typisch voor sectoren en bedrijven met een stabiele, continue productie, zoals bepaalde industriële processen en datacenters. Als een bedrijf zijn maximale gecontracteerde transportvermogen volledig benut en door netcongestie niet kan uitbreiden, ervaart het gedurende de gehele congestieperiode hinder, aangezien er geen dal momenten zijn waarop de belasting tijdelijk afneemt.	n.v.t.
Tafelberg	Het tafelbergprofiel wordt gekenmerkt door een relatief gelijkmatig energieverbruik tijdens werkuren (meestal tussen 09:00 en 17:00 uur). Dit profiel komt vaak voor bij kantoren en winkels die overdag op volle capaciteit draaien, maar 's avonds en in het weekend gesloten zijn waardoor het netgebruik dan aanzienlijk afneemt. Wij veronderstellen dat bedrijven die willen uitbreiden, maar waarvan het gecontracteerde transportvermogen volledig benut is en er sprake is van netcongestie, gemiddeld 8 uur per etmaal last hebben van congestie (uitgaande van een werkdag van 8 uur).	Lengte van een werkdag*
Gepiekt	Het gepiekte profiel wordt gekenmerkt door korte, maar (zeer) hoge pieken in energieverbruik. Dit profiel komt vaak voor bij bedrijven met intermitterende productieprocessen of bij evenementen met een tijdelijke, maar intensieve energievraag. Als een bedrijf zijn maximale contracteerde transportvermogen volledig benut, dan is dit enkel tijdens de korte periodes van hoge energievraag (piek). Deze kunnen sterk variëren en zijn afhankelijk van de bedrijfsactiviteiten.	Duur van de piek**

* tot 24u, anders veranderd het profiel in een vlak profielarchetype.

** tot 8u, anders veranderd het profiel in een tafelberg profielarchetype.

3.1.2 Koppelen van SBI-sectoren aan profielarchetypen

Iedere SBI-sector koppelen we aan een representatief profielarchetype. Om deze profielkoppeling te maken, maken we gebruik van verbruiksprofielen uit het Energy Transition Model (ETM)¹⁸. Voor het bepalen van welke SBI-sector aan welk profielarchetype gekoppeld doorlopen we drie stappen:

Stap 1 – sectorkoppeling: Welke ETM sector komt overeen met welke SBI-sector?

Stap 2 – bepalen 24-uursprofiel: Hoe ziet het gemiddelde energieverbruik van een sector eruit gedurende een etmaal?

Stap 3 – profielkoppeling: welk profielarchetype past het best op het 24-uursprofiel van een SBI-sector?

¹⁸ Quintel (2025). [Energy Transition Model](#)

Stap 1: Sectorkoppeling

Het ETM hanteert een andere sectorindeling dan de SBI-categorisering van het CBS. Om de sectorkoppeling te maken, keken we naar de kernactiviteiten van de SBI-sectoren. Bijvoorbeeld, de ETM-sector Industry_food wordt gekoppeld aan de SBI-sectoren 10 (Voedingsmiddelenindustrie), 11 (Drankenindustrie) en 12 (Tabaksindustrie), omdat deze sectoren zich allemaal bezighouden met de productie van eenmalige consumptiegoederen (eetwaren, drinkwaren, genotsmiddelen). De volledige koppeling tussen de ETM-output en de SBI-sectoren is te vinden in [Tabel 6.1: Koppeling van ETM output en SBI sectoren](#) in de bijlage, die een overzicht biedt van alle verbruiksprofielen per sector.

Stap 2: Bepalen 24-uursprofiel

Na de sectorkoppeling wordt voor elke SBI-sector een representatief gemiddeld elektriciteitsverbruik- en/of aanbodprofiel voor één etmaal opgesteld middels het ETM-model. Dit profiel geeft inzicht in het typische netgebruikersgedrag van de sector gedurende een gemiddelde dag. Het profiel wordt vervolgens vertaald naar een profielarchetype dat de beste fit laat zien met de data.

Om recht te doen aan de grote veranderingen in de manier waarop we energie consumeren in een duurzamer en autonomer wordende economie, werken we met twee scenario's: het [huidige](#) en het [toekomstgerichte](#) scenario. Het huidige scenario wordt gekenmerkt door een conventionele energiemix, die nog grotendeels uit fossiele brandstoffen bestaat. Het toekomstgerichte scenario houdt rekening met de verwachte ontwikkelingen in energieverbruik en -opwekking op basis van vastgesteld en voorgenomen beleid.

Voor het huidige scenario maken we gebruik van het IP2024 Klimaatambitie (KA) scenario voor het jaar 2025 in het ETM. Ook maken we in dit scenario gebruik van de [conventionele kostprijzen](#) (Ecorys, 2024). Voor het toekomstgerichte scenario is het KEV 2024-scenario voor 2030 als uitgangspunt genomen. Verder maken we in dit scenario gebruik van de [toekomstgerichte kostprijzen](#) uit voorgaand onderzoek (Ecorys, 2024).

Stap 3: Profielkoppeling

Voor het toewijzen van profielarchetypen aan SBI-sectoren gebruiken we een gecombineerde aanpak van data-analyse en expert judgment¹⁹. De algoritmische methode biedt een snelle en expliciete manier om profielen te koppelen²⁰. De voorwaarden voor de algoritmische methode zijn getoetst met de klankbordgroep. De algoritmische methode houdt niet altijd rekening met de verschillen tussen bedrijfsprocessen binnen sectoren. Daarom voeren we een expertmatige nacontrole uit. Wanneer uit deze beoordeling blijkt dat het verbruik van een sector door meer dan één profielarchetype kan worden beschreven, voegen we een tweede, passend archetype toe aan de analyse. Door de on vervulde transportvraag per sector te berekenen op basis van meerdere profielarchetypen, ontstaat een bandbreedte.

¹⁹ Voor het opstellen van sectorale verbruiksprofielen is gebruikgemaakt van de expertise van het onderzoeksteam. Verder is in eerdere studies Ecorys uitvoerde voor netbeheerders gevalideerd dat specifieke verbruiksprofielen representatief zijn voor bepaalde typen bedrijven.

²⁰ De algoritmische toewijzing van profielarchetypen aan SBI-sectoren gebeurt volgens de volgende logica: het tafelbergprofiel wordt toegewezen wanneer meer dan 60% van het totale dagelijkse elektriciteitsverbruik plaatsvindt tussen 07:00 en 19:00 uur; het gepiekte profiel wordt toegepast als het profiel niet als tafelberg wordt geclassificeerd en de maximale uurwaarde op een dag minimaal 1,5 keer zo hoog is als de minimale waarde; en het vlakke profiel geldt wanneer geen van bovenstaande criteria van toepassing is.

3.1.3 Benaderen van de onvervulde transportvraag

Op basis van het toegewezen profielarchetype bepalen we per sector hoeveel uur per dag een bedrijf te maken heeft met een onvervulde transportvraag (OTV). Dit geldt in situaties waarin het bedrijf zijn gecontracteerde transportvermogen volledig heeft benut en zich bevindt in een gebied waar netcongestie is afgekondigd door de netbeheerder.

Voor bedrijven met een vlak of tafelbergprofiel bedraagt de congestiefactor 100% van het totaal aantal bedrijfsuren. Bij een gepiekt profiel is deze lager dan 100%, omdat we veronderstellen dat bedrijven buiten de verbruikspiek voldoende ruimte hebben voor ingroei in hun verbruik. Het aantal congestie uren per dag bepaalt hoelang mitigerende maatregelen nodig zijn. Hierbij is het belangrijk te benadrukken dat de benodigde inzet van maatregelen niet gelijkstaat aan de daadwerkelijke inzet, aangezien de technische grenzen van maatregelen een beperkende factor vormen. Voor elke sector berekenen we de maximaal haalbare inzet van maatregelen, welke nader wordt toegelicht in sectie 3.2. Blijft er ondanks deze inzet nog onvervuld transportvraag over, dan wordt dit toegewezen aan een restpost (*residuele OTV*).

De onderstaande tabel geeft een overzicht van onze veronderstellingen over het aantal bedrijfsuren per sector en de berekening van het aantal congestie uren per jaar. Voor sectoren met een gepiekt profiel gaan we ervan uit dat het piekverbruik zich voornamelijk in de ochtend en avond voordoet, met een gemiddelde duur van twee uur per piek²¹ – deze veronderstelling is getoetst bij de klankbordgroep.

Tabel 3.2: Bepaling congestiefactor per profielarchetype

Profiel-archetype	Werkdagen	Bedrijfsuren per dag	Bedrijfsuren per jaar	Congestie-uren per dag	Congestie-uren per jaar	Congestiefactor*
Vlak	365	24	8 760	24	8 760	100%
Tafelberg	260	8	2 080	8	2 080	100%
Gepiekt	365	16	5 840	4	1 460	25%

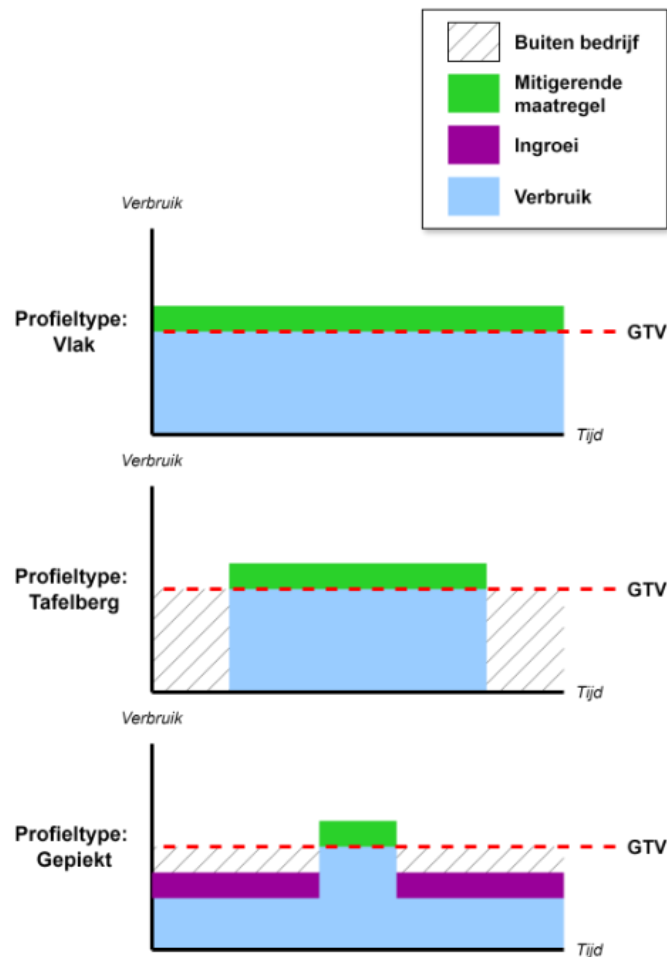
* Bij de vlakke en tafelbergprofielen gaan we ervan uit dat het elektriciteitsverbruik van een gebruiker constant is en continu op de contractuele limiet van de aansluiting ligt (congestiefactor = 100%). Dit betekent dat de netgebruiker voortdurend te maken heeft met transportschaarste. We nemen daarbij aan dat gebruikers met dit type verbruiksprofiel nooit meer elektriciteit kunnen afnemen dan binnen hun gecontracteerde transportvermogen (GTV), ook al zou er buiten piekuren technisch gezien mogelijk nog restruimte beschikbaar zijn op de betrokken netdelen. Er is in deze gevallen dus geen ruimte voor ingroei van het verbruik of tijdelijke overschrijding van de aansluitingslimiet. Om uitbreiding van het elektriciteitsverbruik toch mogelijk te maken in dergelijke gevallen, moeten mitigerende maatregelen tijdens de volledige bedrijfsduur worden ingezet. Om in ons model rekening te houden met de mogelijkheden voor ingroei en benutting van restruimte, is het gepiekte profielarchetype geïntroduceerd. Bij dit profiel treedt transportschaarste uitsluitend op tijdens congestie uren (oftewel: piekmomenten). Buiten deze momenten is er wel voldoende ruimte op het net (congestiefactor < 100%) om ingroei of extra verbruik toe te staan. In dit scenario hoeven mitigerende maatregelen dan ook alleen ingezet te worden tijdens momenten van piekbelasting.

De onderstaande figuur toont een stilistische weergave van drie profielarchetypen en laat zien hoe hun vorm invloed heeft op zowel de inzet van mitigerende maatregelen als de ruimte voor ingroei binnen de bestaande aansluiting van netgebruikers. Te zien is dat de mate waarin het verbruik het gecontracteerd transportvermogen (GTV) benadert of overschrijdt, bepalend is voor de zogenoemde **congestiefactor**. Deze factor geeft aan welk deel van het totale elektriciteitsverbruik zich tegen de contractuele limiet bevindt, en dus direct blootstaat aan trans-

²¹ Op basis van het dagelijkse activiteitenritme van huishoudens en bedrijven kan worden gesteld dat het piekverkeer op het elektriciteitsnet gemiddeld verdeeld is over twee duidelijke momenten van elk ongeveer twee uur: één in de ochtend, wanneer bedrijven opstarten en kantoren, werkplaatsen en productielijnen gelijktijdig in bedrijf worden genomen, en één in de avond, wanneer huishoudens massaal elektriciteit verbruiken en bedrijven hun installaties nog niet volledig hebben afgeschakeld, wat leidt tot een overlappingsmoment in netbelasting.

portschaarste. Verbruik boven deze limiet wordt aangemerkt als on vervulde transportvraag (OTV). Deze OTV kan worden opgevangen door mitigerende maatregelen. Wanneer dat niet volledig lukt, dan komt deze vraag te vervallen. In dat laatste geval leidt dit tot maatschappelijke schade in de vorm van misgelopen toegevoegde waarde en/of gemiste verduurzamingsbaten.

Figuur 3.1: Schematische weergave van de drie profielarchetypen



3.2 Bepalen jaarlijkse inzet van mitigerende maatregelen per sector

Vanuit economische logica kunnen we stellen dat bedrijven altijd hun beschikbare middelen zullen inzetten om toegevoegde waarde te blijven creëren. Wanneer zij te maken krijgen met beperkte netcapaciteit, ligt het voor de hand dat zij (tijdelijke) oplossingen zoeken om hiermee om te gaan. Dit is economisch rationeel zolang de kosten van blootstelling aan netcongestie hoger zijn dan die van (tijdelijke) maatregelen. Het is dan ook onwaarschijnlijk dat bedrijven volledig passief blijven en netcongestie simpelweg ondergaan.

In onze analyse gaan we ervan uit dat bedrijven verschillende mitigerende maatregelen kunnen inzetten om de gevolgen van netcongestie tijdelijk te verzachten. Denk hierbij aan vraagrespons (zoals energiebesparing of sturing achter de meter), batterijopslag, direct verbruik van

opgewekte energie (hernieuwbaar of fossiel), of combinaties van deze oplossingen. Op basis van expertgesprekken binnen de klankbordgroep en ons eigen deskundige oordeel hebben we per sector bepaald welke maatregelen technisch en operationeel toepasbaar zijn.

Hoewel deze maatregelen bedrijven in staat stellen om (deels) hun economische activiteiten voort te zetten tijdens netcongestie, beschouwen wij de kosten ervan als **maatschappelijke opportunity costs**. Dat wil zeggen: de middelen (zoals kapitaal, arbeid of technologie) die worden ingezet voor deze noodmaatregelen hadden in principe ook aan andere, mogelijk productievere, doeleinden besteed kunnen worden. Zelfs als een maatregel op zichzelf tot welvaartsgroei leidt, blijft er een gemiste kans bestaan op een alternatief met méér maatschappelijk rendement. Vanuit kostenoptiek moet die gemiste meeropbrengst worden meegewogen. Binnen deze analyse beschouwen we alle middelen die worden ingezet om congestie op te vangen als maatschappelijke kosten, omdat zij in de huidige situatie voortkomen uit de noodzaak om acute knelpunten op te vangen, en daarmee alternatieve toepassingen verdringen.

Voorts gaan we er in dit onderzoek van uit dat bedrijven deze mitigerende maatregelen maximaal inzetten om onvervulde transportvraag tijdelijk op te lossen, binnen de bestaande technische en operationele beperkingen. Financiële randvoorwaarden (zoals rentabiliteit of bedrijfsspecifieke businesscases) laten we buiten beschouwing, omdat het opnemen hiervan de analyse ondoenlijk complex zou maken. Dit zou immers vragen om zeer gedetailleerde, bedrijfsinterne gegevens die op sectorniveau niet beschikbaar zijn. Zoals eerder toegelicht (zie Tekstbox I), zal de mate waarin bedrijven in de praktijk daadwerkelijk mitigerende maatregelen inzetten uiteindelijk bepalen of de maatschappelijke kostprijs van netcongestie dichter ligt bij de bruto- of de netto schatting.

3.2.1 Welke mitigerende maatregelen kunnen sectoren inzetten

Om te bepalen welke mitigerende maatregelen per sector ingezet kunnen worden tegen netcongestie, is gebruikgemaakt van expert judgment. Op basis daarvan zijn twee maatregelen-sets opgesteld die bedrijven kunnen inzetten om de impact van netcongestie te beperken: een **smalle set** en een **brede set**.

Mitigerende maatregelen per sector

Voor elke mitigerende maatregel is eerst, op basis van expert judgment, vastgesteld welke randvoorwaarden gelden voor implementatie. Denk hierbij bijvoorbeeld aan de beschikbaarheid van voldoende ruimte voor het plaatsen van windturbines of zonnepanelen.

Vervolgens is beoordeeld of een typisch bedrijf binnen een sector aan deze randvoorwaarden kan voldoen. Als dat het geval is, gaan we ervan uit dat de sector in principe in staat is om de maatregel toe te passen. Zowel de randvoorwaarden als de sectorbeoordelingen zijn voorgelegd aan, en gevalideerd door, de klankbordgroep.

Tabel 3.3 geeft een overzicht van de algemene randvoorwaarden en de sectorbeoordeling. Bijlage Tabel 6.2 bevat een gedetailleerde koppeling van mitigerende maatregelen aan SBI-sectoren.

Tabel 3.3: Overzicht van de algemene randvoorwaarde voor de inzet van mitigerende maatregelen

Mitigerende maatregel	Algemene voorwaarden	Sector inzet
Substitutie		
Zonnepanelen	Voldoende ruimte beschikbaar op daken en/of grond.	Alle sectoren beschikken over voldoende dak en/of grondoppervlakte om zonnepanelen op te installeren.
Windturbines	Voldoende ruimte beschikbaar op grond.	Geschikt voor sectoren die zich (ver) buiten de gebouwde omgeving bevinden: zoals industrie en landbouw*.
Dieselaggregaat	Maximaal 500 uur van dieselaggregaat per jaar inzetbaar zonder milieuvergunning.	Geschikt voor alle sectoren.
WKK**	Simultane afname van zowel elektriciteit als warmte.	Geschikt voor sectoren die simultaan (grote hoeveelheden) elektriciteit en warmte afnemen: industrie en landbouw.
Adaptatie		
Flexibel energieverbruik	Productieproces van bedrijf moet gemakkelijk op- en afschakelbaar zijn.	Geschikt voor sectoren met een gepiekt profiel. Beperkt geschikt voor sectoren met een tafelberg profiel.
Batterij	Geen noemenswaardige beperkingen.	Geschikt voor alle gepiekte en tafelberg sectoren.
Elektriciteitsbesparing	Geen noemenswaardige beperkingen.	Geschikt voor alle sectoren.
Cable pooling	Alleen toepasbaar bij invoeding van elektriciteit op het net.	Geschikt voor energie producerende sectoren.
Energiehubs	Geschikt voor locaties waar bedrijven dicht bij elkaar gevestigd zijn.	Geschikt voor sectoren actief op bedrijventerreinen (buiten stedelijk): logistiekparken en industriële complexen.
Capaciteitsbeperkingscontract (CBC)	Bedrijf moet in staat zijn om op afroep/contractueel het elektriciteitsverbruik tijdelijk te verlagen of stop te zetten zonder directe gevolgen voor de productie.	Geschikt voor sectoren met flexibel en onderbreekbaar verbruik. Niet geschikt voor sectoren met een volcontinu productieproces of (extreem) hoge leveringszekerheidseisen.

* Voor de realisatie van windturbines (en in mindere mate ook zonneparken op land) is niet alleen fysieke ruimte nodig, maar moet de locatie ook binnen een aangewezen RES-zoekgebied vallen. Deze gebieden zijn schaars en worden via regionale energiestrategieën (RES) vastgesteld. Zonder toewijzing in een RES of de juiste vergunningen is plaatsing vaak niet mogelijk, ongeacht beschikbare grond. De beschikbaarheid en planning van RES-zoekgebieden vallen buiten de scope van dit onderzoek.

** Warmtekrachtkoppelingen (WKK's) worden in ons model niet beschouwd als noodstroomvoorzieningen, zoals dieselaggregaten. Dit veronderstellen we mede omdat WKK's vanuit businesscase-overwegingen voldoende draaiuren moeten maken om economisch rendabel te zijn. Wanneer een WKK regelmatig of zelfs dagelijks draait als onderdeel van een reguliere energievoorziening, is de [500-uurgrens](#) niet van toepassing (deze normering is alleen van toepassing op noodstroom). In tegenstelling tot dieselaggregaten worden WKK's daarom niet beperkt tot 500 uur per jaar in onze modelberekeningen.

Een smalle versus een brede maatregelen set

In dit onderzoek maken we onderscheid tussen twee sets mitigerende maatregelen die sectoren kunnen inzetten om de gevolgen van netcongestie te verminderen: een [smalle](#) set en een [brede](#) set.

De netbeheerders uit de klankbordgroep geven aan dat twee specifieke maatregelen – de dieselaggregaat en de batterij – aanzienlijk vaker door bedrijven worden toegepast dan andere mitigerende maatregelen. Dit komt waarschijnlijk doordat deze maatregelen gemakke-

lijker te implementeren zijn dan andere, vanuit technisch (bijv. elektriciteitsbesparing is niet altijd mogelijk), organisatorisch (bijv. E-hub vraag om nadere afstemming) en/of financieel (bijv. WKK vraagt om grote investeringen) oogpunt. Om de praktijkervaringen recht te doen, rekenen we zowel de smalle als de brede set van mitigerende maatregelen door om de netto maatschappelijke kostprijs van netcongestie te berekenen. De smalle set omvat de maatregelen ‘aggregaat op diesel’ en de ‘batterij’, die vaker worden toegepast en vermoedelijk eenvoudiger in te passen zijn voor bedrijven. De brede set bevat alle andere maatregelen die bedrijven kunnen inzetten, maar die waarschijnlijk moeilijker te integreren zijn. Voor beide sets gelden dezelfde algemene randvoorwaarden voor sectoren, zoals beschreven in de voorgaande sectie (zie Tabel 3.3).

3.2.2 Kosten van mitigerende maatregelen

De kosten van de verschillende mitigerende maatregelen die wij gebruiken, zijn afkomstig uit CE Delft (2024) en zijn berekend op basis van publieke bronnen en data uit diverse praktijkcases. Zowel de investeringskosten (CAPEX) als de operationele kosten (OPEX) zijn in de berekening meegenomen. De gepresenteerde kosten zijn werkelijke kosten, exclusief subsidies zoals de SDE++ en de EIA.

De focus ligt op de kosten per betrokken energie-eenheid (€/MWh). In de context van deze studie betreft dit elke MWh die tijdens momenten van schaarste niet direct van het elektriciteitsnet hoeft te worden afgenomen, maar op een alternatieve manier wordt verkregen. Dit kan bijvoorbeeld door lokale productie en consumptie zonder tussenkomst van het net, of door loadshifting en energiebesparing, waardoor deze MWh tijdens piekmomenten van netcongestie niet meer van het net hoeft te worden getrokken.

In deze analyse richten we ons uitsluitend op de kostenkant van de vergelijking. De economische baten, zoals inkomsten- en omzetstromen voor bedrijven die voortkomen uit de betreffende assets, vallen buiten de scope van dit onderzoek²² (zie ook Tekstbox I). De kengetallen in de volgende tabel geven een gemiddelde inschatting weer; de kosten van maatregelen op het niveau van een individueel bedrijf kunnen hier dus van afwijken.

²² Of een mitigerende maatregel rendabel is voor een bepaald bedrijf (oftewel: of de baten de kosten overstijgen) is geen vraagstuk binnen dit onderzoek. Wij richten ons puur op het inzichtelijk maken van de algemene kosten die gepaard gaan met het omzeilen van netcongestie door de inzet van een maatregel. Deze inzetkosten beschouwen we als maatschappelijk, gebaseerd op het opportuniteitsprincipe: de middelen die aan een maatregel worden besteed, kunnen niet meer voor andere, mogelijk productievere, maatschappelijke doeleinden worden ingezet.

Tabel 3.4 **Overzicht van kostenkengetallen voor mitigerende maatregelen**

Mitigerende Maatregel	Kostprijs (€/MWh)	Bron
Zonnepanelen	75,20	SDE++ OT
Windturbines	74,30	SDE++ OT
Diesel aggregaat	460	CE Delft (2022)
WKK	85	Trinomics (2020)
Flexibel energieverbruik/sturing-achter-de-meter	22,50	CE Delft (2024)*
Energieopslag (Batterij) ²³	395	CE Delft (2024)*
Elektriciteitsbesparing	-	CE Delft (2024)*
Cable pooling	10	CE Delft (2024)*
Energiehub	15	CE Delft (2024)*
Capaciteitsbeperkingscontract (CBC) ¹⁵	465**	CE Delft (2024)*

* De weergegeven kostenkengetallen zijn gebaseerd op het rapport 'Oplossingen voor netcongestie bij bedrijven' (CE Delft, 2024). Waar het rapport een bandbreedte aan kosten hanteert per maatregel, is in dit onderzoek telkens het gemiddelde van deze bandbreedte genomen om de complexiteit van het scenario ontwerp (in sectie 3.3.) te beperken.

** Het kostenkengetal voor het CBC geldt uitsluitend voor verbruikers met afnamecongestie.

Kosten van combinaties van maatregelen

Sectoren kunnen verschillende combinaties van mitigerende maatregelen inzetten om netcongestie te verminderen. Omdat de situatie per bedrijf sterk verschilt, is het moeilijk te voorspellen welke specifieke maatregelen of combinaties daarvan daadwerkelijk geïmplementeerd zullen worden. Bedrijven hebben namelijk uiteenlopende omstandigheden en beperkingen, zoals beschikbare ruimte, budget en technische haalbaarheid.

Gezien deze variabiliteit en de onzekerheid over welke configuraties van maatregelen in de praktijk het meest effectief en uitvoerbaar zullen zijn, hebben we ervoor gekozen om voor de berekening van de kosten van mitigerende maatregelen op sectorniveau gemiddelden te gebruiken. Door te werken met deze gemiddelden, kunnen we een redelijk nauwkeurig beeld schetsen van de totale kosten van het implementeren van mitigerende maatregelen voor een sector, zonder ons te verliezen in de variabiliteit van individuele bedrijfskeuzes.

Kosten van netverzwaring

Om een integrale maatschappelijke kostenafweging rond netcongestie te kunnen maken, moeten de kosten van onvervulde transportvraag en de inzet van mitigerende maatregelen worden afgezet tegen de investeringskosten van netverzwaring.

Netverzwaring is, in tegenstelling tot de meeste mitigerende maatregelen, een structurele oplossing voor het netcongestie probleem. Voor de kosten van netverzwaring gebruiken we kengetallen uit het rapport van CE Delft (2024b)²⁴. De kostenbedragen zijn te zien in de volgende tabel. In de praktijk kunnen deze kosten echter sterk variëren, afhankelijk van lokale omstandigheden en bestaande infrastructuur.

²³ Capaciteitsbeperkende contracten (CBC's) gaan gepaard met relatief hoge implementatiekosten, waarbij de kostenrange bovendien groot is. Deze brede spreiding weerspiegelt de onderliggende variatie in productieprocessen die onderbroken moeten worden, wat sterk verschilt tussen sectoren. Het onderbreken van productie is over het algemeen kostbaar. Ook batterijen zijn relatief dure maatregelen tegen netcongestie, vooral door de hoge aanschafprijzen. Daarnaast dragen jaarlijkse operationele kosten en energieverliezen bij aan de relatief hoge inzetkosten.

²⁴ Het effect van het stagneren van de groei van warmtenetten, CE Delft (2024b)

Het elektriciteitsnet is hiërarchisch opgebouwd uit verschillende netvlakken, waarbij lagere netvlakken (zoals het laagspanningsnet, LS) worden omsloten door hogere netvlakken (zoals middenspanning, MS, en hoogspanning, HS). Dit betekent dat een capaciteitsvraag op een lager netvlak doorgaans ook leidt tot extra belasting op de hogere vlakken. Met andere woorden: een uitbreiding van het LS-net kan ook aanpassingen vereisen op het MS- en mogelijk zelfs het HS-net. Deze doorwerking is unidirectioneel: uitbreidingen op hogere netvlakken veroorzaken géén extra belasting op de onderliggende niveaus. Volgens CE Delft (2024) werkt een verzwaring op het LS-net volledig door naar het MS-net, en voor 80% door naar het HS-net. Deze doorwerking wordt veroorzaakt door de gelijktijdigheid van piekverbruik op de verschillende netvlakken. Uitbreidingen op het hoogste netvlak (EHS/HS-station) worden volgens CE Delft echter niet beïnvloed door aanpassingen op lagere niveaus.

De kosten per MW-uitbreiding per netvlak verschillen daardoor aanzienlijk. Voor het LS-net wordt een kostenniveau van circa €1 miljoen per MW gehanteerd. Voor het MS/HS-net bedragen de kosten naar schatting ongeveer €650.000 per MW.

Om dit te vertalen naar een bedrag per MWh berekenen we eerst de jaarlijkse kapitaallast van netuitbreidingen²⁵, wat voor LS-net **€35.127 per MW per jaar** is, en voor MS/HS-net **€21.720 per MW per jaar**. Vervolgens gaan we er van uit dat de betreffende netonderdelen (kabels, stations) 33% van het jaar op volledige capaciteit draaien²⁶. Dus de kosten per MW netcapaciteit worden verdeeld over 2.891 uren in een jaar. De kosten per MWh voor het verzwaren van het LS-net komen dan uit op **12,16 €/MWh** netverzwaring. Voor het verzwaren van het MS/HS-net komen de kosten uit op **5,57 €/MWh**.

Tabel 3.5 Kosten voor netverzwaring verdeeld over verschillende netvlakken (bron: CE Delft, 2024b)

Netvlak	Gelijktijdige kosten per MVA-verzwaring [€/MW] (CE Delft, 2024)	Kosten per MWh [€/MWh]
EHS/HS-station	0	0
HS-kabel	80.000	0,92
HS/MS-station	129.000	1,49
MS-net (MS-T + MS-D)	272.000	3,16
MS/LS	167.000	1,94
LS-net	400.000	4,65

Toelichting kosten: De kosten per MWh voor netverzwaring zijn cumulatief opgebouwd, omdat een capaciteitsuitbreiding op een lager netvlak (zoals het LS-net) ook verzwaring op de bovenliggende netvlakken vereist. Zo leidt een uitbreiding op het LS-net automatisch tot aanpassingen op het MS-net en deels ook op het HS-net. De in de tabel opgenomen waarden per netvlak moeten daarom bij elkaar worden opgeteld om de totale kosten per MWh netverzwaring te bepalen bij een lager netvlak. Voor een LS-uitbreiding bedraagt de som van alle relevante niveaus bijvoorbeeld €12,16 per MWh (0,92 + 1,49 + 3,16 + 1,94 + 4,65).

Uitstoot van mitigerende maatregelen

Sommige mitigerende maatregelen brengen naast implementatiekosten ook CO₂-uitstootkosten met zich mee. De twee maatregelen die deze uitstoot veroorzaken, zijn de diesel aggregaat en warmtekrachtkoppeling (WKK). Voor de WKK gebruiken we de emissiefactor van een gasgestookte WKK in de tuinbouw, zoals vermeld in de voorlopige correctiebedragen 2025 uit de SDE- en SCE-regelingen.

²⁵ We gaan uit van een maatschappelijke discontovoet van 2,25% ([Discontovoet | RWSeconomie.nl](#)), en een gemiddelde afschrijvingstermijn van elektriciteitsnetonderdelen van 50 jaar ([Functioneel Ontwerp Vesta MAIS 5.0](#)).

²⁶ ACM (2021). *Zienswijzen ontwerp codebesluit congestiemanagement*, [link](#)

Voor de uitstoot van fossiele brandstoffen, zoals het dieselaggregaat, baseren we ons op het rapport 'Laden voor logistiek bij beperkte netcapaciteit' van de Nationale Agenda Laadinfrastructuur²⁷. Dit rapport geeft aan dat bij een dieselprijs van €1,84/L, de brandstofkosten voor de elektriciteit €0,46/kWh (€460/MWh) zijn. Daarnaast is bekend dat de emissiefactor voor diesel 3,256 kgCO₂/L is. De berekening van de uitstoot van het dieselaggregaat gebeurt in twee stappen. Eerst berekenen we hoeveel diesel nodig is per MWh: 460/1,84, wat resulteert in 250 L/MWh. Vervolgens berekenen we de uitstoot per MWh: 250 * 3,256, wat uitkomt op 814 kgCO₂/MWh.

Voor de maatschappelijke CO₂-prijs gebruiken we de prijsgegevens van het Centraal Planbureau en het Planbureau voor de Leefomgeving (CPB & PBL, 2016), die voor 2015 een prijsbandbreedte van €60 tot €300 en voor 2030 van €100 tot €500 rapporteren. Om de CO₂-prijs voor 2023 te berekenen, interpoleren we tussen deze twee referentiejaar. We doen dit door een samengesteld jaarlijks groeipercentage (CAGR) te gebruiken, waarbij we ervan uitgaan dat de CO₂-prijs zich volgens een constante groeifactor ontwikkelt van 2015 tot 2030. Ten slotte berekenen we het gemiddelde van de geïnterpoleerde prijsbandbreedte, wat resulteert in een prijsschatting van €288,4 per ton CO₂ (gecorrigeerd voor inflatie).

Tabel 3.6: Overzicht CO₂ uitstoot coëfficiënten mitigerende maatregelen

Mitigerende Maatregel	Uitstoot (tCO ₂ /MWh)	Bron
Fossiele brandstof	0,814	CE Delft (2022)
WKK	0,5801	Voorlopige Correctiebedragen 2025, SDE- en SCE-regelingen

3.2.3 Inzetpotentie van mitigerende maatregelen

De **inzetpotentie** van mitigerende maatregelen verwijst naar het vermogen en de effectiviteit van verschillende oplossingen om vraag- en afnamepieken te reduceren, en daarmee netcongestie te verminderen²⁸. Dit concept omvat zowel het volume als het tijdsaspect van de maatregelen. Het volume, ofwel het technisch potentieel, beschrijft de totale hoeveelheid vermogen die een maatregel kan leveren op elk gegeven moment. Het tijdsaspect betreft de periode of momenten waarin een maatregel effectief kan worden ingezet.

De methodologie voor het bepalen van de inzetpotentie, zoals beschreven in het rapport van CE Delft (2024), is gebaseerd op prognoses, praktijkvoorbeelden en inzichten uit eerdere studies en interviews. Het rapport maakt onderscheid tussen drie niveaus van inzetpotentie:

- **Technisch potentieel:** de maximale theoretische bijdrage van een maatregel.
- **Oplosbaar potentieel:** het potentieel dat daadwerkelijk benut kan worden, binnen de technische en economische grenzen.
- **Realisatiepotentieel:** het deel van het oplosbare potentieel dat in de praktijk haalbaar is, rekening houdend met verschillende implementatiebeperkingen.

²⁷ CE Delft (2022). *Laden voor logistiek bij beperkte netcapaciteit*.

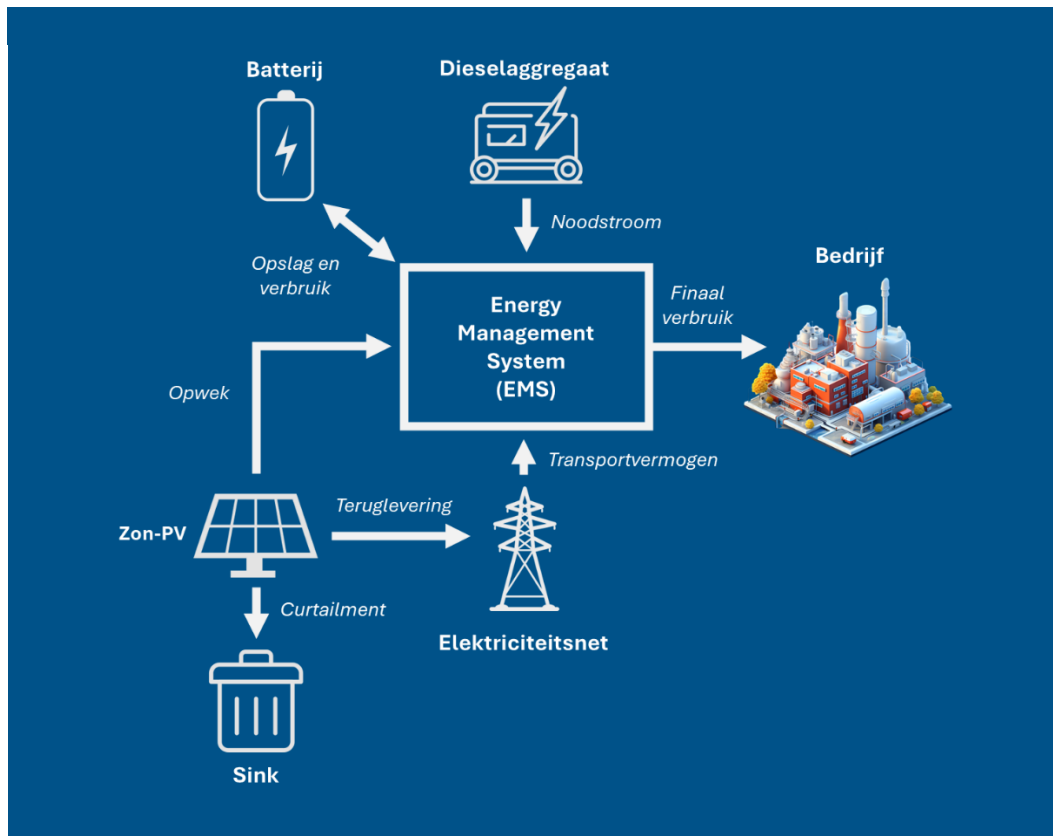
²⁸ Een inzetpotentie van 100% betekent dus dat de betreffende maatregel volledig kan voorzien in de onvervulde transportvraag van een netgebruiker.

In deze studie richten we ons specifiek op het realisatiepotentieel van maatregelen, zoals gedefinieerd in het rapport van CE Delft (2024). Dit geeft inzicht in de mate waarin een maatregel daadwerkelijk bijdraagt aan het verlichten van netcongestie, rekening houdend met praktische en economische beperkingen. Het is belangrijk op te merken dat er overlap of interactie bestaat tussen de inzet van verschillende maatregelen, waardoor hun potentiële impact niet eenvoudigweg bij elkaar opgeteld kan worden (zie tekstbox II).

Tekstbox II: De bedrijfsspecifieke samenstelling van maatregelconfiguraties

De inzet van een bepaalde maatregel hangt af van de mate waarin andere maatregelen binnen een bedrijf of sector worden toegepast. Zo beïnvloedt elektriciteitsbesparing bijvoorbeeld het gebruik van batterijen, omdat een lager energieverbruik de noodzaak voor opslag kan verminderen. Vanwege dergelijke interactie-effecten is het niet juist om de impact of inzet van maatregelen simpelweg bij elkaar op te tellen. Factoren zoals de precieze samenstelling van het beschikbare maatregelenportfolio, de specifieke aard van bedrijfsactiviteiten en de mate waarin bedrijven hun energieverbruik onderling afstemmen, bepalen uiteindelijk hoe en in welke mate maatregelen kostenoptimaal worden ingezet. Bedrijven die deze synergiën optimaal benutten, kunnen de meest kosteneffectieve maatregelen strategisch in te zetten om netcongestie zo efficiënt als mogelijk is te verminderen. Tegelijkertijd hebben niet alle bedrijven de kennis, capaciteit of middelen om deze synergiën optimaal te benutten. In sommige gevallen worden maatregelen dus suboptimaal ingezet, waardoor transportschaarste op een minder efficiënte manier wordt opgelost dan mogelijk zou zijn. Omdat wij geen gedetailleerde informatie hebben over hoe maatregelen in verschillende bedrijven precies op elkaar inwerken, kiezen we ervoor om te werken met één gemiddelde kostprijs en één gemiddelde inzetpotentie per sector. Door te werken met deze gemiddelden veronderstellen we dat de verschillen tussen bedrijven – van bedrijven die hun maatregelen optimaal inzetten tot bedrijven die dit minder efficiënt doen – elkaar grotendeels opheffen. Dit impliceert dat de verdeling van efficiënt en inefficiënt gebruik binnen een sector in grote lijnen symmetrisch is, wat wij als een veilige aanname beschouwen. Vervolgonderzoek zou nodig zijn om deze veronderstelling te toetsen en een beter beeld te krijgen van de werkelijke inzet van maatregelen binnen sectoren.

De onderstaande figuur toont, in gestileerde vorm, hoe verschillende maatregelen gecombineerd kunnen worden om de afhankelijkheid van een bedrijf of bedrijvenpark van het elektriciteitsnet te verminderen. De samenstelling van zo'n maatregelenpakket kan sterk variëren, afhankelijk van de specifieke situatie en behoeften. Omdat er geen statistische gegevens beschikbaar zijn over hoe deze combinaties in de praktijk worden toegepast, werken we in dit rapport met vereenvoudigde gemiddelde waarden ten aanzien van implementatiekosten en mate van inzet.



Tabel 3.7: Overzicht inzetpotenties mitigerende maatregelen

Maatregel	Inzetpotentie	Bron
Zonnepanelen	10%*	SDE++ OT model**
Windturbines	27%*	SDE++ OT model**
Dieselaggregaat	6% – 34%***	Besluit activiteiten leefomgeving
WKK	100%	Team analyse
Flexibel energieverbruik/sturing-achter-de-meter	30%	CE Delft (2024)
Energieopslag (Batterij)	30%	CE Delft (2024)
Elektriciteitsbesparing	11,7%	European Energy Efficiency Directive
Cable pooling	75%	CE Delft (2024)
Energiehub	75%	CE Delft (2024)
Capaciteitsbeperkingscontract (CBC)	50%	CE Delft (2024)

* Voor wind- en zonne-energie gaan we ervan uit dat ze tot aan hun inzetpotentie regelbaar kunnen worden aangestuurd binnen het energiedeelsysteem waarvan ze deel uitmaken.

** Voor de mitigerende maatregelen zonnepanelen en windturbines hebben we het SDE++ OT-model gebruikt. Voor zonnepanelen is uitgegaan van de meest voorkomende vorm: *fotovoltaïsche zonnepanelen (PV) met een vermogen ≥ 15 kWp en < 1 MWp, gebouwgebonden (net = 50%)*. In dit model hebben deze panelen een vollasturenwaarde van 840, wat neerkomt op circa 10% van het totaal aantal uren in een jaar. Voor windturbines is uitgegaan van de categorie 'Wind op land, hoogtebeperkt, $\geq 7,0$ en $< 7,5$ m/s', wat de inzet door bedrijven betreft. Deze categorie heeft 2.390 vollasturen per jaar, wat ongeveer 27% van het jaarlijks totaal aan uren is.

*** Daarnaast toont het Besluit activiteiten leefomgeving (BAL) van de Rijksoverheid aan dat er geen emissiegrenswaarden gelden voor stookinstallaties, zoals dieselaggregaten, zolang deze maximaal 500 uur per jaar in bedrijf zijn. Voor deze grens hebben we een flexibele inzetpotentie voor de diesel aggregaat vastgesteld, afhankelijk van het profielarchetype: vlak profiel (6%), tafelbergprofiel (24%), gepiekt profiel (34%).

Tekstbox III: illustratief voorbeeld van de inzet van mitigerende maatregelen

Als we bijvoorbeeld een zuivelproducent uit de sector '10 Voedingsmiddelenindustrie' nemen, zien we dat de zuivelindustrie mogelijk verschillende mitigerende maatregelen kan inzetten om netcongestie te verminderen.

Een van de mogelijkheden is het installeren van zonnepanelen op de daken van de zuivelfabriek. Dit levert op zonnige dagen een aanzienlijke hoeveelheid eigen stroom, waardoor de afhankelijkheid van het elektriciteitsnet direct vermindert. Daarnaast kunnen er op het fabrieksterrein windturbines worden geplaatst, waardoor er ook op windere en minder zonnige dagen duurzame energie beschikbaar is. De overtollige energie die tijdens daluren of in het weekend wordt opgewekt, kan opgeslagen worden in een batterij, voor later gebruik of om terug te leveren aan het net.

Bij hoge netbelasting – bijvoorbeeld in de vroege avond – kan de fabriek tijdelijk overschakelen op de opgeslagen energie in de batterij of een noodaggregaat dat op fossiele brandstoffen draait. Dit noodaggregaat is ontworpen om piekmomenten op het net op te vangen en verstoringen te voorkomen, waardoor er altijd stroom beschikbaar is.

Daarnaast speelt elektriciteitsbesparing een belangrijke rol. Door bijvoorbeeld verouderde koelinstallaties te vervangen door energiezuinige modellen en ledverlichting met slimme lichtschema's te installeren, kan het stroomverbruik worden verlaagd, wat de druk op het net vermindert.

Tot slot kan de zuivelfabriek deelnemen aan een lokale energiehub, waar meerdere bedrijven in de regio hun duurzaam opgewekte energie delen. Door de opgewekte stroom lokaal te benutten, wordt er minder energie via het net getransporteerd, wat de efficiëntie van de beschikbare netcapaciteit verhoogt en helpt netcongestie structureel te verminderen. In zo'n hub kunnen bedrijven hun verbruiks- en opwekprofielen optimaliseren, zodat het gezamenlijke energieprofiel minder netcapaciteit vereist.

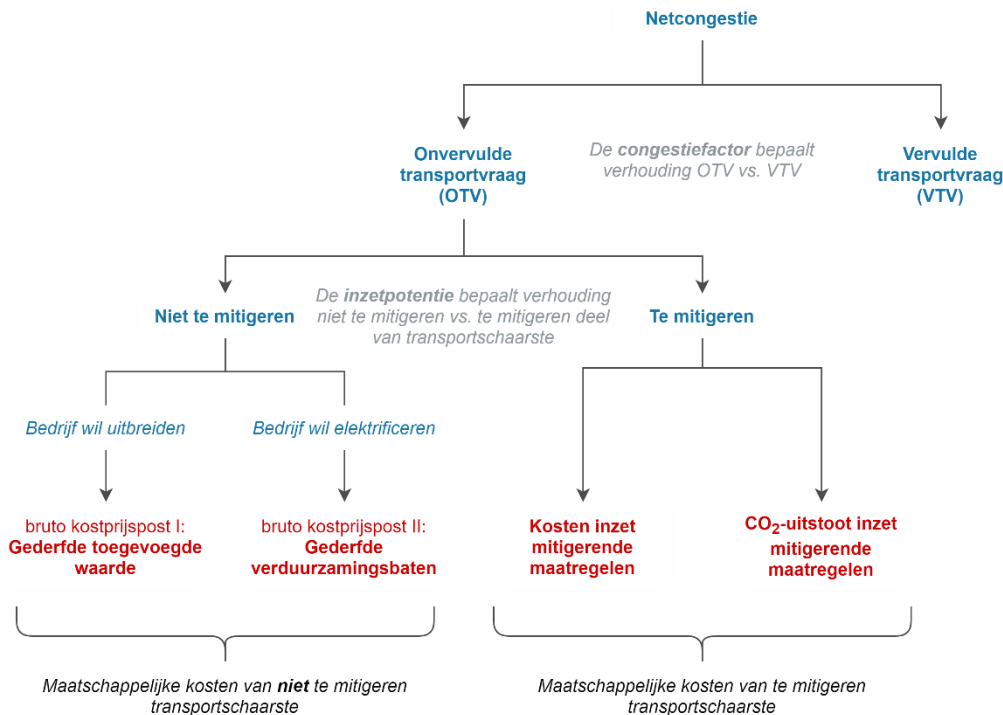
3.3 Berekenen van de sectorale netto maatschappelijke kostprijs van netcongestie

Op basis van het toegewezen verbruiksprofielarchetype bepalen we per sector welk deel van het netgebruik van een bedrijf gemiddeld kan worden voorzien van transportvermogen (de vervulde transportvraag) en welk deel onvervuld blijft (OTV). Dit baseren we op de congestiefactor, die aangeeft welk deel van het netgebruik in een situatie van netcongestie daadwerkelijk tegen de netcapaciteitslimiet aanloopt (zie sectie 3.1).

Vanuit de OTV van een sector bepalen we, op basis van de gemiddelde inzetpotentie van de beschikbare maatregelenportefeuille, welk deel van de OTV kan worden gemitigeerd en welk

deel niet. Deze verhouding tussen het mitigeerbare en niet-mitigeerbare deel²⁹ dient vervolgens als Schaling coëfficiënt in de formule voor het berekenen van de netto maatschappelijke kostprijs van netcongestie.

Figuur 3.2: Conceptuele weergave van de netto kostprijsberekening



De formule van de netto maatschappelijke kostprijs bestaat uit drie onderdelen.

- Maatschappelijke kosten van niet te mitigeren transportschaarste als gevolg van netcongestie wanneer bedrijf wil uitbreiden (gederfde toegevoegde waarde);
- Maatschappelijke kosten van niet te mitigeren transportschaarste als gevolg van netcongestie wanneer bedrijf wil elektrificeren (gederfde verduurzamingsbaten³⁰);
- Maatschappelijke kosten van te mitigeren transportschaarste als gevolg van netcongestie (de kosten van implementatie en bijbehorende CO₂-uitstoot van de mitigerende maatregelen portfolio, kortweg MMP).

De berekening van de maatschappelijke kosten van de onvervulde transportvraag wanneer een bedrijf zijn processen wil **uitbreiden** luidt:

²⁹ We gaan ervan uit dat de uitbreidings- en elektrificatiebehoefte van netgebruikers geleidelijk toeneemt, oftewel continu verandert, en niet in vaste stappen of sprongen (discreet). Wanneer financiële of technische beperkingen ertoe leiden dat de onvervulde transportvraag (OTV) niet volledig kan worden opgelost met mitigerende maatregelen (met andere woorden: wanneer er sprake is van niet-mitigeerbare OTV), veronderstellen we dat een bedrijf slechts een deel van zijn extra transportbehoefte zal kunnen realiseren. De netto kostprijs in ons model heeft daarom betrekking op marginale veranderingen in OTV. Deze aanname betekent dat we geen rekening houden met 'alles-of-niets' scenario's, zoals voorstelbaar is bij een woningbouwproject waarbij het hele project wordt stopgezet als niet aan de volledige benodigde transportvraag kan worden voldaan. In ons model gaan we er dus van uit dat netgebruikers bij beperkte mitigeerbaarheid hun plannen gedeeltelijk kunnen doorzetten.

³⁰ De gederfde verduurzamingsbaten worden nader toegelicht in de voorgaande rapportage 'Maatschappelijke kosten netcongestie' (Ecorys 2024). De verduurzamingsbaten zijn gebaseerd op de schaduwprijs van CO₂ uitstoot zoals vastgesteld door het CPB. In deze schaduwprijs worden de kosten voor een ton CO₂ gelijkgesteld aan de efficiënte kosten voor het vermijden van uitstoot gegeven de Europese doelstellingen

$$A = (1 - \text{gemiddelde inzetpotentie MMP (\%)}) * \text{gederfde toegevoegde waarde} \left(\frac{\text{EUR}}{\text{MWh}} \right)$$

De berekening van de maatschappelijke kosten van de onervulde transportvraag wanneer een bedrijf zijn processen wil **elektrificeren** luidt:

$$B = (1 - \text{gemiddelde inzetpotentie MMP (\%)}) * \text{gederfde verduurzamingsbaten} \left(\frac{\text{EUR}}{\text{MWh}} \right)$$

De maatschappelijke kosten van het inzetten van een (tijdelijke) **mitigerende maatregelen portfolio** (MMP) wordt als volgt berekend:

$$C = \text{inzetpotentie MMP (\%)} * (\text{implementatiekosten van MMP} + \text{kosten CO2 uitstoot van MMP}) \left(\frac{\text{EUR}}{\text{MWh}} \right)$$

In het geval van **bedrijfsuitbreiding** wordt de netto maatschappelijke kostprijs van netcongestie dan:

$$MKNC_{\text{netto,uitbreiding}} = \text{congestiefactor} * (A + C)$$

In het geval van **elektrificatie** wordt de netto maatschappelijke kostprijs van netcongestie:

$$MKNC_{\text{netto,elektrificeren}} = \text{congestiefactor} * (B + C)$$

Tekstbox IV: Rekenvoorbeeld - Netto maatschappelijke kostprijs van netcongestie in de Elektrotechnische industrie

Voorbeeldcasus: een bedrijf opererend in de Elektrotechnische industrie wil op korte termijn uitbreiden, maar krijgt hiervoor geen extra transportcapaciteit toegewezen vanwege netcongestie. Om deze uitbreiding toch mogelijk te maken, besluit het bedrijf volledig in te zetten op mitigerende maatregelen. Op basis van deze situatie berekenen we de netto maatschappelijke kostprijs van netcongestie, gebruikmakend van sectorale gegevens voor deze specifieke sector. Deze netto kostprijs kan in een vervolganalyse – in combinatie met informatie over het volume en de duur van de netcongestie – worden gebruikt om de totale maatschappelijke kosten van netcongestie in deze casus te bepalen.

Kenmerken van de voorbeeldcasus:

- Sector: Sector 26 – Elektrotechnische industrie
- Bruto kostprijs (Post 1: gederfde toegevoegde waarde): € 6.304,59 per MWh
- Profielarchetype & congestiefactor: Tafelberg, 100% congestieuren
- Gemiddelde kostprijs en inzetpotentie van beschikbare mitigerende maatregelen (brede set):
 - Kosten: € 211,36 per MWh
 - Inzetpotentieel: 26%
- CO₂-kostprijs van het maatregelenportfolio: € 31,90 per MWh

Resultaat:

Op basis van bovenstaande gegevens komt de netto maatschappelijke kostprijs uit op € 4.729 per MWh. De inzet van mitigerende maatregelen leidt in dit voorbeeld dus tot een maatschappelijke kostenverlaging van circa 25% ten opzichte van de bruto kostprijs.

Kostprijsbandbreedte

Om de onzekerheid die inherent is aan het schatten van de maatschappelijke kostprijs van netcongestie beter te weerspiegelen, kiezen we ervoor om bepaalde aannames op te splitsen. Dit resulteert in een vertakking van de kostprijsberekeningen, wat leidt tot meerdere kostprijsinschattingen per sector. Deze inschattingen worden uiteindelijk samengevoegd om een **kostprijsbandbreedte** per sector te berekenen, die tot op zekere hoogte recht doet aan de onzekerheid die in onze veronderstellingen ligt.

Zoals eerder beschreven, maken we onderscheid tussen huidig energieverbruik en toekomstig energieverbruik. Daarnaast werken we voor sommige sectoren met profieltoewijzing op basis van zowel een algoritme als expert judgment. Verder maken we onderscheid tussen een smalle en een brede set van beschikbare mitigerende maatregelen.

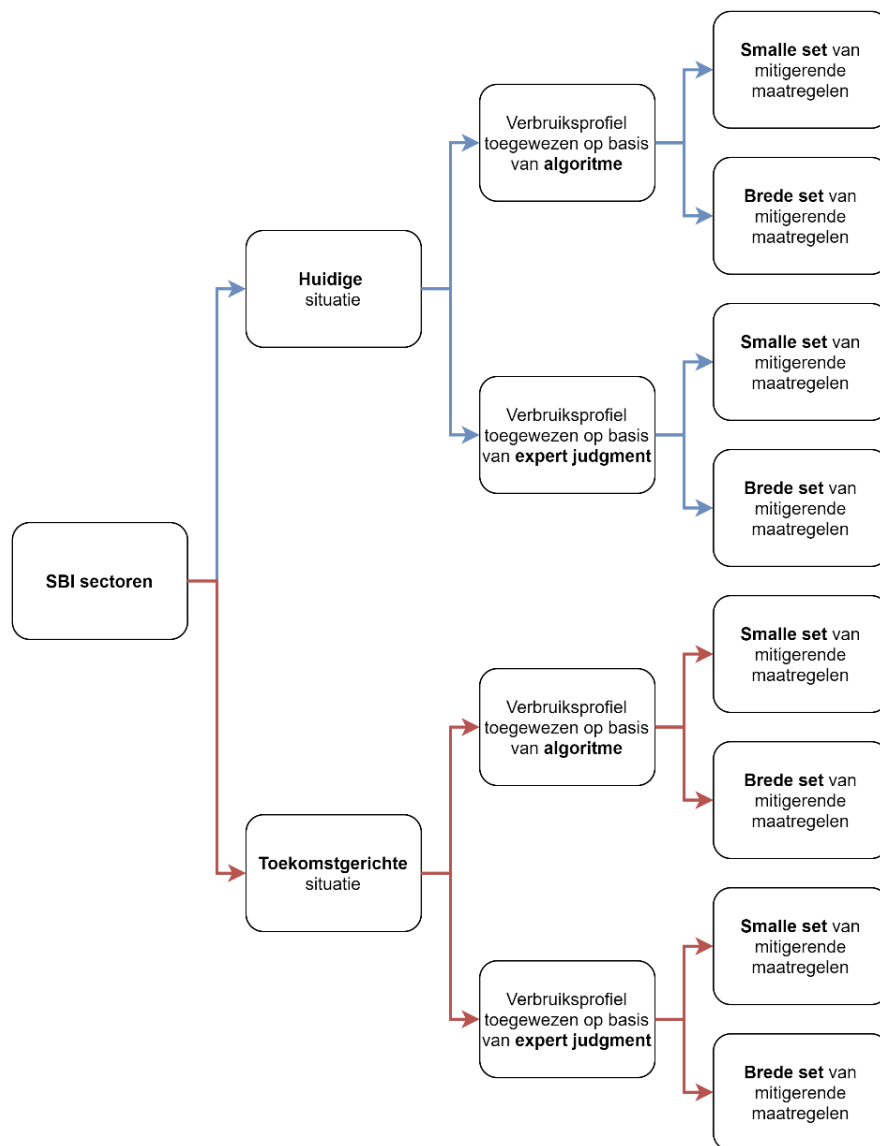
Ook werken we met verschillende **bruto maatschappelijke kostprijsposten** (zie ook [Ecorys, 2024](#)):

- **Post I – gedeerde toegevoegde waarde:** geldt voor situaties waarin bedrijven hun activiteiten willen uitbreiden.
- **Post II – gedeerde verduurzamingsbaten:** is van toepassing op bedrijven die willen elektrificeren (onder de aanname dat de economische output van het bedrijf gelijk blijft).

In de praktijk zal een bedrijf vaak zowel uitbreiden als elektrificeren, wat betekent dat de werkelijke economische schade binnen de bandbreedte van deze twee bruto kostprijsposten zal liggen.

Hierdoor berekenen we maximaal 16 kostprijschattingen per sector, die vervolgens worden gebruikt om een bandbreedte te bepalen op basis van de minimale en maximale waarden van de output.

Figuur 3.3: Vertakking in kostprijschattingen per sector voor een bepaalde kostprijspost



3.4 Verkennen van de indirecte maatschappelijke welvaartseffecten van netcongestie

In deze studie onderscheiden we de indirecte maatschappelijke effecten van netcongestie in drie impactgebieden:

- **De structurele kenmerken van de economie:** in dit impactgebied onderzoeken we hoe netcongestie de verdeling van productiefactoren (zoals arbeid, kapitaal en kennis) beïnvloedt en welke structurele veranderingen dit teweegbrengt in de economie. We reflecteren op de verschuiving van productiviteit tussen regio's en sectoren, evenals de impact op de (internationale) concurrentiepositie van bedrijven en de algehele economie.
- **Het verloop van de energietransitie:** in dit gebied reflecteren we op de effecten van netcongestie op de implementatie van hernieuwbare energieprojecten (zoals wind- en zonneparken) en de langetermijnpact ervan op de benodigde CO₂-reductie en de snelheid van de energietransitie.
- **De samenstelling van de fysieke leefomgeving:** hier kijken we naar de invloed van netcongestie op de ruimtelijke ordening en het grondgebruik in Nederland. We reflecteren op hoe de beperkte netcapaciteit de locatiekeuze van bedrijven beïnvloedt, wat leidt tot veranderingen in het landschap, de beschikbaarheid van ruimte (ondergronds en bovengronds) en de ontwikkeling van de fysieke infrastructuur, zoals energieopslag en netverzwaringen.

Per impactgebied bespreken we de verwachte ontwikkelingen als gevolg van (aanhoudende) netcongestie. Hiermee proberen we een zo compleet mogelijk beeld te schetsen van de manier waarop netcongestie zowel op korte als lange termijn het welvaartspeil van de Nederlandse bevolking kan beïnvloeden.

4 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van ons onderzoek gepresenteerd. Sectie 4.1 gaat nader in op de directe maatschappelijke effecten van netcongestie. Vervolgens worden in sectie 4.2 de indirecte maatschappelijke effecten van netcongestie kwalitatief beschreven.

4.1 Directe maatschappelijke effecten van netcongestie

In deze sectie worden de directe maatschappelijke effecten van netcongestie gepresenteerd. Deze effecten zijn uitgesplitst naar drie hoofdcomponenten: gedeerde toegevoegde waarde (kostprijspost 1), gedeerde verduurzamingsbaten (kostprijspost 2) en gedeerde hernieuwbare elektriciteitsproductie (kostprijspost 4). Daarbij wordt telkens een vergelijking gemaakt tussen de *bruto* en *netto* maatschappelijke kostprijs.

De resultaten worden gevisualiseerd in zogenoemde *dumbbell-figures*, die de spreiding van de kostprijsposten per sector laten zien. Op de x-as staat de kostprijs in euro per MWh; de y-as toont de verschillende sectoren. Elke sector heeft één of meerdere waarde-ranges voor netto kostprijzen (grijze staven met blauwe punten) en een bijbehorende bruto kostprijs (rode punten). Dankzij deze opzet is het eenvoudig om verschillen te analyseren – zowel tussen sectoren als tussen bruto en netto kosten binnen dezelfde sector.

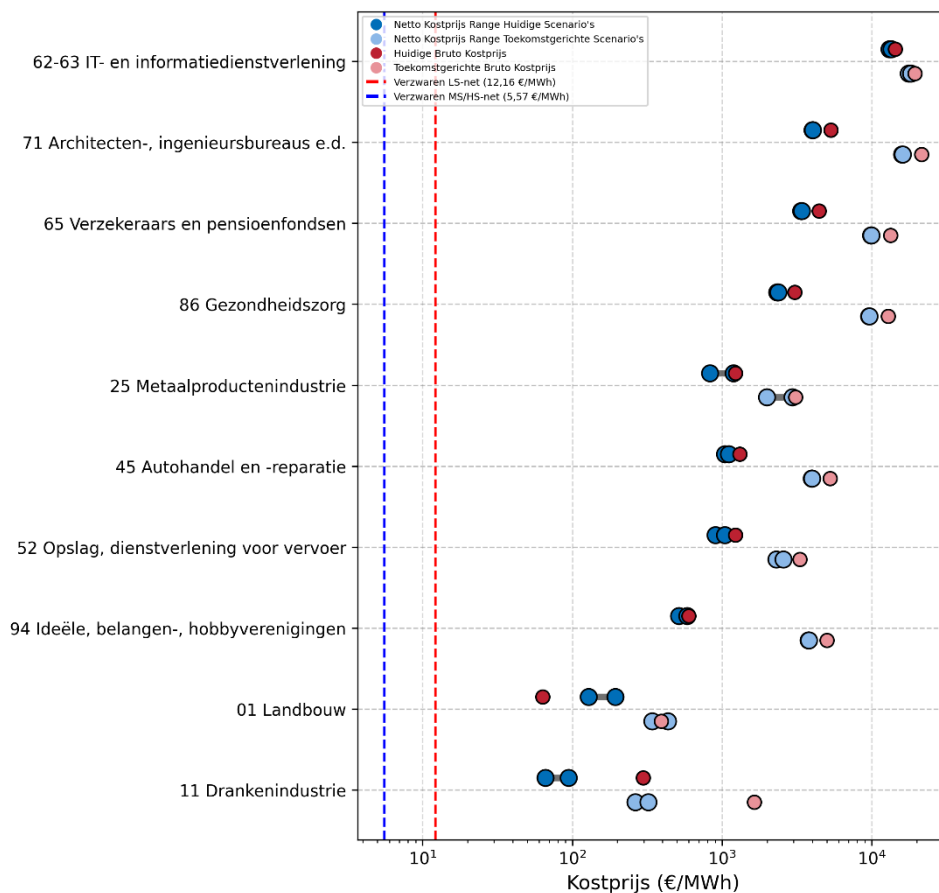
Let op: de x-as van Figuur 4.1 is logaritmisch. Dit betekent dat de afstand tussen waarden exponentieel toeneemt, wat helpt om grotere spreiding in data overzichtelijk weer te geven. Voor een compleet overzicht van de netto maatschappelijke kostprijzen per sector wordt verwezen naar Tabel 6.4 in de bijlage.

4.1.1 Kostprijspost 1 - gedeerde toegevoegde waarde

Figuur 4.1 toont de maatschappelijke kostprijzen voor gedeerde toegevoegde waarde voor een selectie van 10 sectoren, zowel in het huidige als in het toekomstgerichte scenario. Figuur 6.1 in de bijlage toont de maatschappelijke kostprijzen voor de gedeerde toegevoegde waarde voor alle sectoren. De netto maatschappelijke kostprijzen (blauwe punten) liggen vaak lager dan de bruto kostprijzen (rode punten). Dit duidt erop dat mitigerende maatregelen voor veel sectoren effectief zijn in het beperken van maatschappelijke schade, met name gedeerde toegevoegde waarde. Dit effect is het sterkst zichtbaar bij sectoren met een *gepiekt profiel*, zoals de voedingsmiddelenindustrie. Dergelijke sectoren beschikken over relatief veel mitigerende opties die bovendien kostenefficiënt kunnen worden ingezet.

Dat geldt echter niet voor alle sectoren. Voor sectoren met een relatief lage bruto maatschappelijke kostprijs en een *tafelberg- of vlak profiel* is het effect van mitigerende maatregelen beperkter. In sommige gevallen liggen de netto kostprijzen zelfs hoger dan de bruto kostprijzen. Dit betekent dat de kosten voor het inzetten van mitigerende maatregelen in die gevallen hoger zijn dan de maatschappelijke kosten van het passief ondergaan van netcongestie.

Figuur 4.1: Dumbbell-figuur voor kostprijspost 1 – gedeefde toegevoegde waarde (logaritmische x-as)



De verticale stippellijnen in de figuur geven de gemiddelde kosten van netverzwaring weer. Ze fungeren als referentiepunt om de maatschappelijke kostprijzen per sector mee te vergelijken. Ligt de netto maatschappelijke kostprijs van een sector rechts van deze lijn, dan betekent dit dat de maatschappelijke kosten in dat geval lager zouden zijn geweest met een structurele netverzwaring in plaats van het inzetten van (tijdelijke) mitigerende maatregelen. In zulke situaties zijn mitigerende maatregelen dus relatief minder efficiënt, en was netverzwaring maatschappelijk bekeken de meer wenselijke oplossing. Omgekeerd geldt: ligt de netto maatschappelijke kostprijs van een sector links van de gemiddelde netverzwarkosten, dan zijn mitigerende maatregelen de voordeligere keuze. In deze gevallen vormen zij een efficiënt alternatief voor het uitbreiden van het net.

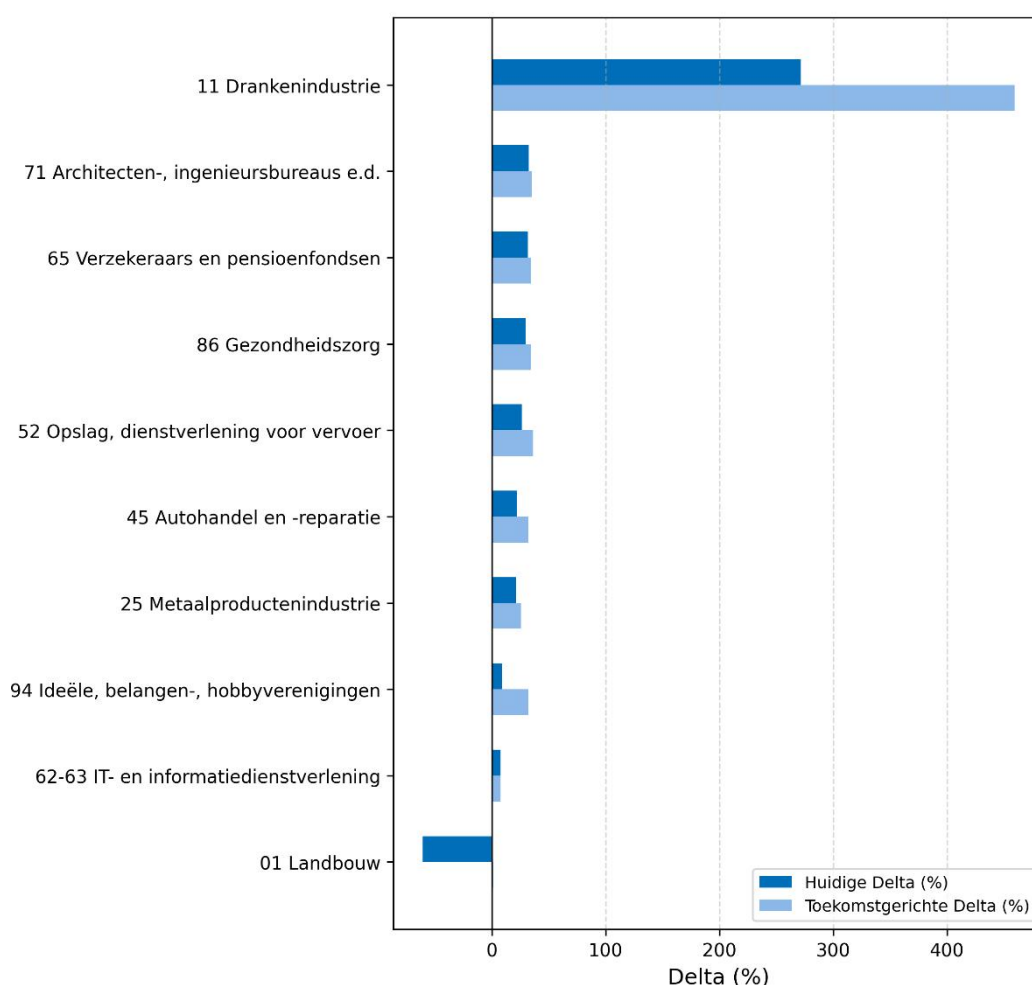
De onderstaande figuur laat de verschillen zien tussen de bruto en netto maatschappelijke kostprijzen per sector. Op de x-as is de zogeheten *Delta* weergegeven: deze drukt in procenten uit hoe groot het verschil is tussen de bruto en netto kostprijs van een sector³¹. Een positieve Delta (bijvoorbeeld +100%) betekent dat de bruto kostprijs twee keer zo hoog is als de netto kostprijs. In zo'n geval leidt de inzet van mitigerende maatregelen tot een halvering van de maatschappelijke schade (gemeten in gemiste toegevoegde waarde). Kortom, hoe hoger (positief) de Delta, hoe effectiever de mitigatie.

³¹ Deze berekenen we als volgt: (bruto kostprijs – netto kostprijs) / netto kostprijs

Een negatieve Delta (minder dan 0%) geeft aan dat de bruto kostprijs lager is dan de netto kostprijs. Dit wijst erop dat het nemen van mitigerende maatregelen in die sector juist leidt tot een verhoging van het totale maatschappelijke kostenplaatje. Zulke situaties doen zich bijvoorbeeld voor in sectoren waar de waardecreatie per verbruikte eenheid elektriciteit relatief laag is, en waar tegelijkertijd veel of kostbare mitigerende maatregelen nodig zijn om bedrijfscontinuïteit bij netcongestie te waarborgen.

Te zien in de figuur is dat in toekomstscenario's, waarin bedrijfsprocessen verder zijn geëlektrificeerd, de verschillen vaak groter zijn dan in het huidige scenario. Dit suggereert dat mitigerende maatregelen in de toekomst een toenemende effectiviteit kunnen hebben, doordat de inzetmogelijkheden en het optimaliseringspotentieel ervan dan toenemen.

Figuur 4.2: Relatief verschil tussen bruto- en netto kostprijspost 1 – gedeelde toegevoegde waarde



Uit de data in Tabel 4.1 blijkt dat de gemiddelde bruto maatschappelijke kostprijs in het huidige scenario uitkomt op € 2.450 per MWh, terwijl de netto kostprijs gemiddeld € 1.859 per MWh bedraagt. In het toekomstgerichte scenario stijgen deze waarden fors, naar respectievelijk € 7.934 per MWh (bruto) en € 5.448 per MWh (netto). Dit duidt erop dat de maatschappelijke kostprijs van netcongestie in de toekomst hoger zal komen te liggen. De verklaring hiervoor ligt in de verdergaande elektrificatie van bedrijfsprocessen in het toekomstscenario. Naarmate meer industriële processen afhankelijk worden van elektriciteit, neemt ook de gevoeligheid voor netcongestie toe, en daarmee de maatschappelijke schade ervan. De

mediaanwaarden bevestigen dit beeld: ook hier liggen de netto kostprijzen consistent lager dan de bruto kostprijzen, in zowel het huidige als het toekomstgerichte scenario. De standaarddeviatie is bovendien groter in het toekomstscenario, wat wijst op een toegenomen spreiding in de maatschappelijke kostprijzen tussen sectoren. Dit suggereert dat de impact van netcongestie in de toekomst sterker zal verschillen per sector of bedrijfstype.

Tabel 4.1: Beschrijvende statistieken voor kostprijspost 1 – gedeefde toevoegde waarde

Beschrijvende statistieken	Huidig Scenario – Bruto (€/MWh)	Huidig Scenario – Netto (gemiddelde van de range) (€/MWh)	Toekomstgericht Scenario – Bruto (€/MWh)	Toekomstgericht Scenario – Netto (gemiddelde van de range) (€/MWh)
Gemiddelde	€ 2 450	€ 1 859	€ 7 934	€ 5 448
Mediaan	€ 1 226	€ 1 021	€ 4 913	€ 3 691
St. Dev	€ 3 131	€ 2 455	€ 9 228	€ 5 582
Min	-	€ 44	€ 163	€ 160
Max	€ 14 340	€ 13 297	€ 49 931	€ 22 898

4.1.2 Kostprijspost 2 - gedeefde verduurzamingsbaten

De volgende figuur toont de maatschappelijke kostprijzen voor gedeefde verduurzamingsbaten per sector in het huidige scenario³². Opvallend is dat in veel gevallen de netto maatschappelijke kostprijzen hoger liggen dan de bruto kostprijzen. Dit wijst erop dat het nemen van mitigerende maatregelen, wanneer deze uitsluitend gericht zijn op het realiseren van verduurzamingsbaten (decarbonisatie), maatschappelijk gezien vaak duurder is dan het passief ondergaan van netcongestie. Dit komt onder andere doordat een aantal van deze maatregelen, zoals het inzetten van dieselgeneratoren en WKK's, fossiele emissies veroorzaken. Dit betekent dat het aanpakken van congestie via mitigerende maatregelen paradoxaal genoeg meer CO₂-uitstoot kan veroorzaken dan niets doen. Daarmee dragen ze dus maar beperkt bij aan het reduceren van CO₂-uitstoot.

De verklaring voor deze bevinding is dat de monetaire waardering van CO₂-uitstoot relatief laag is wanneer deze wordt afgezet tegen de kosten van veel mitigerende maatregelen. In deze analyse hanteren we een schaduwprijs van € 288,4 per ton uitgestoten CO₂, gebaseerd op prijsgegevens van Rijkswaterstaat (2023)³³. Wanneer een mitigerende maatregel meer kost om te implementeren dan het bedrag per ton vermeden CO₂ (zoals bepaald op basis van de gehanteerde CO₂-schaduwprijs), en/of wanneer de maatregel leidt tot extra fossiele uitstoot (bijv. dieselgeneratoren), dan wordt deze binnen de kaders van onze analyse als maatschappelijk inefficiënt beschouwd. Met andere woorden: het vermijden van emissies via mitigerende maatregelen brengt in veel gevallen hogere maatschappelijke kosten met zich mee dan het tijdelijk accepteren van die uitstoot, wanneer we uitgaan van de gehanteerde waarderingsgrondslag. Het is hierbij wel van belang te benadrukken dat mitigerende

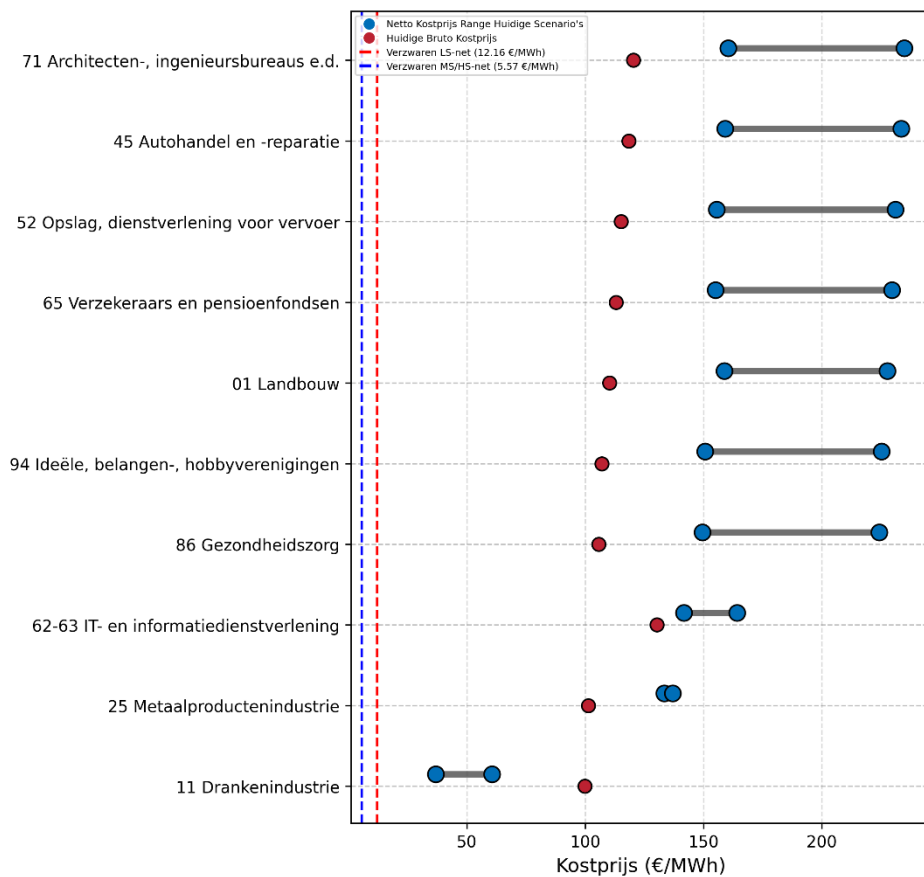
³² Voor kostprijspost 2 is het toekomstgerichte scenario niet van toepassing. Deze kostprijspost beschrijft de maatschappelijke kosten die ontstaan wanneer een bedrijf als gevolg van netcongestie niet kan verduurzamen, met name door elektrificatie (zie Figuur 1.1). In het huidige scenario is deze dynamiek relevant: bedrijven proberen hun processen te elektrificeren binnen een nog grotendeels conventionele energiemix. In het toekomstscenario daarentegen wordt verondersteld dat de energiemix al volledig is verduurzaamd en geëlektrificeerd. Daardoor ontbreekt in dat scenario de aanleiding voor deze specifieke kostenpost: er is dan geen 'gemiste verduurzaming' meer te berekenen.

³³ Voor een gedetailleerde omschrijving van hoe deze schaduwprijs tot stand is gekomen zie: [Maatschappelijke kosten van netcongestie](#) (Ecorys, 2024)

maatregelen in de praktijk **niet primair bedoeld zijn voor CO₂-reductie, maar voor het waarborgen van de continuïteit van de elektriciteitsvoorziening**³⁴ (zie ook Tekstbox V).

Wanneer we de berekende maatschappelijke kostprijzen vergelijken met de kosten van netverzwaring (aangeduid met de verticale gestippelde lijnen in de volgende grafiek), blijkt dat de kosten van netverzwaring voor alle sectoren lager liggen dan de bruto maatschappelijke kostprijs. Dit wijst erop dat netverzwaring een maatschappelijk efficiëntere strategie is om elektrificatie en daarmee decarbonisatie mogelijk te maken.

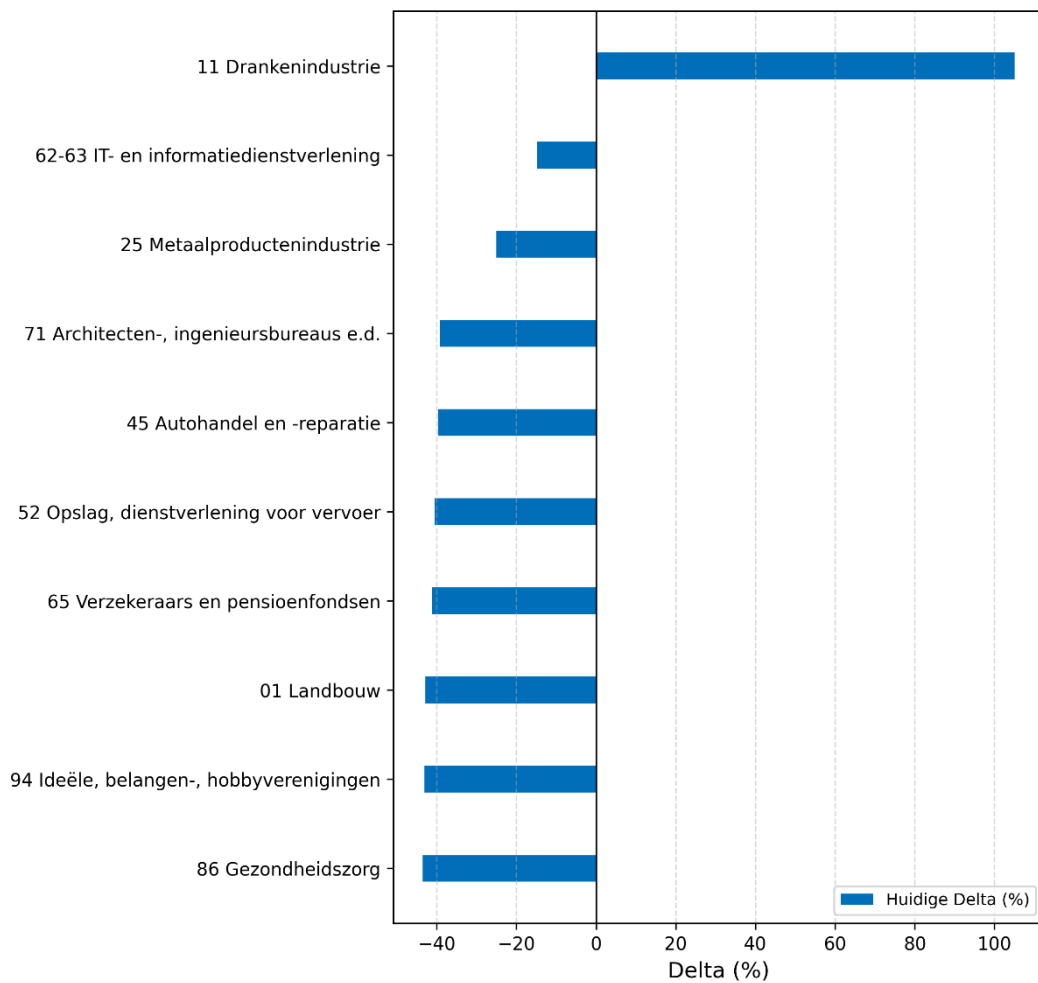
Figuur 4.3 Dumbbell-figuur kostprijspost 2 – gedeerde verduurzamingsbaten



De verschillen tussen de bruto- en netto maatschappelijke kostprijzen worden toegelicht in de onderstaande figuur. We zien dat enkele sectoren maatschappelijk gezien kunnen profiteren van de baten van verduurzaming bij het toepassen van mitigerende maatregelen. Voor veel andere sectoren blijkt het echter maatschappelijk minder rendabel om dergelijke maatregelen te nemen, wanneer we uitsluitend kijken naar verduurzaming (decarbonisatie) via elektrificatie.

³⁴ Mitigerende maatregelen zijn primair bedoeld om de continuïteit van elektriciteitslevering te borgen tijdens momenten van netcongestie. Dat deze maatregelen daardoor indirect kunnen bijdragen aan verduurzaming is een positieve bijkomstigheid, maar niet het hoofddoel. De inzet van maatregelen zorgt voor additionele kosten voor het realiseren van elektrificatie. Bij voldoende netcapaciteit zouden deze maatregelen niet nodig zijn geweest. Echter, het beoordelen van mitigerende maatregelen uitsluitend op hun verduurzamingsmerites is oneerlijk, omdat hun voornaamste functie het overbruggen van netbeperkingen is en niet het direct realiseren van verduurzaming.

Figuur 4.4 Relatief verschil tussen netto en bruto kostprijs 2 (gederde verduurzamingsbaten) per sector



Uit de gegevens in Tabel 4.2 blijkt dat de gemiddelde bruto maatschappelijke kostprijs €110 per MWh bedraagt, terwijl de gemiddelde netto kostprijs hoger ligt op €169 per MWh. Ook de mediaanwaarden tonen dit patroon: de mediaan van de bruto kostprijs bedraagt €105 per MWh, tegenover een mediaan van €183 per MWh aan netto kostprijs. Dit verschil onderstreept dat het toepassen van mitigerende maatregelen in veel gevallen leidt tot hogere maatschappelijke kosten – in ieder geval wanneer deze uitsluitend gericht zijn op het realiseren van verduurzamingsbaten. Toch laat de spreiding in de data zien dat dit niet voor alle sectoren geldt. Zo is de minimumwaarde van de bruto kostprijs €100 per MWh, terwijl de laagste netto kostprijs uitkomt op slechts €49 per MWh. Dit suggereert dat er, volgens onze modelberekeningen, enkele sectoren zijn waar mitigerende maatregelen juist wél kosteneffectief kunnen bijdragen aan decarbonisatie (zie ook **Error! Reference source not found.** in de Bijlage).

Tabel 4.2: Beschrijvende statistieken voor kostprijspost 2 – gedeelde verduurzamingsbaten

Beschrijvende statistieken	Huidig Scenario – Bruto (€/MWh)	Huidig Scenario – Netto (gemiddelde van de range) (€/MWh)
Gemiddelde	€ 110	€ 169
Mediaan	€ 105	€ 183
St. Dev	€ 14	€ 44
Min	€ 100	€ 49
Max	€ 152	€ 221

Tekstbox V: Nuancering van het verschil tussen bruto- en nettokostprijzen bij gemiste verduurzamingsbaten (kostprijspost 2)

Hoewel onze modelanalyse laat zien dat het vermijden van CO₂-uitstoot via mitigerende maatregelen in veel gevallen duurder lijkt dan het tijdelijk accepteren van die uitstoot, vraagt deze uitkomst om belangrijke nuancering.

Allereerst is de gehanteerde CO₂-schaduwprijs (€288,40 per ton) gebaseerd op gangbare maatschappelijke waarderingsmethoden, maar de daadwerkelijke schade van broeikasgasemissies op lange termijn is onzeker. Recente inzichten uit de klimaatwetenschap wijzen erop dat deze schade mogelijk aanzienlijk hoger ligt, zeker wanneer factoren als biodiversiteitsverlies, kantelpunten (tipping points) en mondiale ongelijkheid worden meegewogen. Dat betekent dat de maatschappelijke baten van het voorkomen van CO₂-uitstoot ook (veel) hoger kunnen zijn dan in deze analyse wordt aangenomen.

Daarnaast zijn alle kosten die gepaard gaan met mitigerende maatregelen in dit onderzoek beschouwd als maatschappelijke kosten, onder de aanname dat die middelen elders productiever ingezet hadden kunnen worden. Hoewel dat vanuit een efficiëntieperspectief te verdedigen is, is het ook een strenge benadering. In de praktijk kunnen sommige maatregelen bijdragen aan bredere maatschappelijke waarde, bijvoorbeeld door investeringen in systeemflexibiliteit, betrouwbaarheid of digitalisering te stimuleren. Zulke maatregelen functioneren dan niet slechts als tijdelijke oplossing, maar dragen bij aan een toekomstbestendig en robuust energiesysteem. In zo'n geval ligt de werkelijke maatschappelijke kostprijs mogelijk lager, en verandert ook de conclusie over hun efficiëntie. Daarbij is het essentieel om te onderkennen dat mitigerende maatregelen in de praktijk niet primair zijn bedoeld voor CO₂-reductie, maar voor het waarborgen van de continuïteit van de elektriciteitsvoorziening. Oftewel: deze maatregelen richten zich op het beschikbaar houden van netcapaciteit, niet op wat er vervolgens met die elektriciteit wordt gedaan.

Bedrijven of netbeheerders zullen in de praktijk zelden besluiten om een maatregel níét te nemen op basis van een geschatte CO₂-kostprijs van enkele tientallen euro's per MWh, wanneer de potentiële schade door stilgevallen productie, contractbreuk of klantverlies vele malen groter is. Het beoordelen van maatregelen uitsluitend op basis van zijn bijdrage aan een doel waarvoor het niet is ontworpen (CO₂-reductie) leidt dan ook vaak tot een verkeerd beoordelingskader. Dat kan tot misleidende conclusies leiden, zeker als men vergeet dat deze maatregelen primair ontworpen zijn voor leveringszekerheid en niet voor emissiereductie.

4.1.3 *Kostprijspost 4 - gedeerde hernieuwbare elektriciteitsopwekking*

Kostprijspost 4 richt zich op de maatschappelijke kosten voor de sector: energieproducenten van duurzame energie³⁵. De beschrijvende statistieken voor deze kostprijscomponent zijn weergegeven in Tabel 4.3.

De gemiddelde netto maatschappelijke kostprijs van gedeerde hernieuwbare elektriciteitsopwekking bedraagt €105 per MWh. De bruto kostprijzen variëren van €0 tot €121 per MWh, afhankelijk van het type concurrentie op het net. Wanneer duurzame invoeders concurreren met andere duurzame opwek (zoals zon-PV of wind), bedraagt de maatschappelijke kostprijs €0 per MWh, omdat er geen extra decarbonisatie plaatsvindt. In geval van concurrentie met fossiele elektriciteitsproductie, bedraagt de kostprijs €121 per MWh, omdat de gedeerde productie dan leidt tot het mislopen van verduurzamingsbaten.

Voor het MS/HS-net, waarop grootschalige duurzame energieproducenten meestal zijn aangesloten, bedragen de kosten voor netverzwaring gemiddeld €67 per MWh³⁶. Dit vormt een belangrijk referentiepunt: in veel gevallen ligt de netto maatschappelijke kostprijs (gemiddeld €105 per MWh) boven de kosten van netverzwaring, wat erop wijst dat het treffen van mitigerende maatregelen in deze context maatschappelijk minder kostenefficiënt is dan directe netuitbreiding.

Naast het gemiddelde geeft Tabel 4.3 ook de mediaan van de netto kostprijs, die uitkomt op €92 per MWh. De standaarddeviatie bedraagt €79 per MWh, wat wijst op een zekere mate van variabiliteit in de sector. De minimumwaarde is €33 per MWh, terwijl de maximumwaarde oploopt tot €203 per MWh. Deze spreiding duidt op uiteenlopende situaties tussen producenten, waarbij in sommige gevallen mitigerende maatregelen wel rendabel kunnen zijn, maar in veel andere gevallen niet.

Tabel 4.3: Beschrijvende statistieken voor de netto kostprijspost 4 – gemiste hernieuwbare elektriciteitsopwekking

Beschrijvende statistieken	Energieproducenten duurzame energie - Bruto (€/MWh)	Energieproducenten duurzame energie - Netto (€/MWh)
Gemiddelde	€ 0 - € 121*	€ 105
Mediaan		€ 92
St. Dev.		€ 79
Min		€ 33
Max		€ 203

* Voor de bruto kostprijzen is slechts één bandbreedte vastgesteld, namelijk €0 tot €121 per MWh. Deze bandbreedte is afgeleid van de maximale maatschappelijke kosten die gepaard gaan met gemiste CO₂-emissiereducties door netcongestie. Omdat deze inschatting is gebaseerd op een specifieke situatie, kunnen er geen beschrijvende statistieken zoals het gemiddelde, mediaan, standaarddeviatie, minimum of maximum worden berekend. De weergegeven bandbreedte van €0 tot €121 per MWh weerspiegelt het feit dat de werkelijke maatschappelijke kostprijs afhankelijk is van het moment van invoeding: van vrijwel nul wanneer hernieuwbare elektriciteit andere hernieuwbare bronnen verdringt, tot maximaal €121 per MWh wanneer fossiele elektriciteitsproductie niet kan worden vervangen.

³⁵ Omdat het gaat om een enkele sector zijn er geen figuren opgenomen.

³⁶ Let wel dat de investeringsopgave voor netverzwaring regionaal kan verschillen. Op sommige locaties zijn deze kosten hoger, bijvoorbeeld vanwege stedelijke dichtheid of complexe bodemgesteldheid. Dit onderstreept de noodzaak van een prikkelmecanisme dat producenten stimuleert om zich te vestigen op maatschappelijk gunstige locaties. In dit licht is het [onderzoek van de ACM naar een invoedingstarief](#) voor grote elektriciteitsproducenten relevant. Een dergelijk tarief zou hen kunnen aanzetten tot efficiënter gebruik van de beschikbare invoedingsruimte en de productie te richten op plekken waar netverzwaring kostentechnisch voordeliger is. Differentiatie naar locatie en netbelasting kan daarbij bijdragen aan een betere spreiding van opwek en een doelmatiger inzet van publieke middelen.

4.1.4 Rekenen met de maatschappelijke kostprijzen van netcongestie

In dit hoofdstuk laten we aan de hand van twee voorbeeldberekeningen zien hoe de verschillende kostprijzen en kostprijsposten gebruikt kunnen worden om de maatschappelijke schade van netcongestie te ramen. We werken met fictieve casussen omdat de daadwerkelijke omvang en aard van transporttekorten vertrouwelijke informatie betreft die alleen bij de netbeheerders beschikbaar is, en daarom niet openbaar gedeeld kan worden.

Het eerste voorbeeld betreft een bedrijf in de voedingsmiddelenindustrie (SBI 10), terwijl het tweede voorbeeld zich richt op een bedrijf in de sector reclamewezen en marktonderzoek (SBI 73). De belangrijkste verschillen tussen deze sectoren, binnen de context van de huidige analyse, liggen in hun energie-efficiëntie, zowel wat betreft waardecreatie als decarbonisatie.

De sector reclamewezen en marktonderzoek heeft een hogere energie-efficiëntie in waardecreatie dan de voedingsmiddelenindustrie. Dit betekent dat er minder energie nodig is om een euro aan toegevoegde waarde te genereren. Hierdoor ligt de maatschappelijke schade per onvervulde MWh (kostprijspost 1) in deze sector hoger: elke gemiste MWh heeft relatief meer maatschappelijke impact (puur gekeken naar toegevoegde waarde).

Daarnaast verschillen de sectoren in hun energie-efficiëntie van decarbonisatie, oftewel de mate van CO₂-reductie die kan worden bereikt door elektrificatie van het fossiele energieverbruik. De sector reclamewezen en marktonderzoek kent een energieverbruiksmix met een relatief groter aandeel transportbrandstoffen dan de voedingsmiddelenindustrie.

Omdat het elektrificeren van transportbrandstoffen leidt tot aanzienlijke efficiëntieverbeteringen (elektrische aandrijving verbruikt minder energie door lagere conversieverliezen), resulteert dit in een grotere CO₂-winst per geëlektrificeerde MWh. Dit vertaalt zich naar een hogere kostprijspost 2 voor deze sector. Het is belangrijk om hierbij op te merken dat dit niets zegt over de totale potentiële CO₂-reductie in absolute zin. Die ligt waarschijnlijk hoger bij de voedingsmiddelenindustrie, aangezien deze sector een hoger totaal energieverbruik kent met een groter aandeel fossiele energie.

Rekenvoorbeeld I: maatschappelijke schade van netcongestie voor een bedrijf in de voedingsmiddelenindustrie

In dit eerste voorbeeld onderzoeken we de maatschappelijke schade van netcongestie voor een bedrijf in de voedingsmiddelenindustrie dat zijn fabriek wil uitbreiden in een gebied met acute netcongestie. Door het gebrek aan netcapaciteit kan het bedrijf geen aansluiting verkrijgen voor een aanvullende elektriciteitstransportbehoefte van 500 MWh per jaar. Daarnaast wil het bedrijf bestaande processen elektrificeren, waarmee nog eens 250 MWh aan extra elektriciteitsverbruik gemoeid is. Beide vermogensvragen kunnen op dit moment niet worden ingevuld vanwege netcongestie.

Om de maatschappelijke schade van deze onvervulde elektriciteitsvraag in beeld te brengen, wordt gebruik gemaakt van sectorspecifieke kostprijzen. Voor de voedingsmiddelenindustrie bedraagt de gedeelde toegevoegde waarde als gevolg van een onvervulde transportvraag €187 per MWh (bruto). Voor de gedeelde decarbonisatie – oftewel de gemiste CO₂-reductie omdat elektrificatie uitblijft – geldt een kostprijs van €100 per MWh. Dit zijn de zogenaamde bruto kostprijzen, die uitgaan van een situatie zonder mitigerende maatregelen.

Wanneer er wel mitigerende maatregelen worden toegepast, zoals lokale opwekking, energieopslag en/of energiebesparing, daalt de maatschappelijke schade. De kostprijs voor gedeferde toegevoegde waarde wordt dan verlaagd naar €63 per MWh, en voor gedeferde decarbonisatie naar €53 per MWh. Dit zijn de netto kostprijzen, die rekening houden met de inzet van tijdelijke of alternatieve oplossingen.

Wanneer er niets gebeurt en de transportbehoefte on vervuld blijft, resulteert dit in een jaarlijkse maatschappelijke schade van €93.500 aan gedeferde toegevoegde waarde ($500 \text{ MWh} \times €187/\text{MWh}$) en €25.000 aan gedeferde decarbonisatie ($250 \text{ MWh} \times €100/\text{MWh}$). De totale bruto schade komt daarmee uit op €118.500 per jaar.

Indien mitigerende maatregelen worden ingezet, daalt deze schade tot €31.500 aan gedeferde toegevoegde waarde ($500 \text{ MWh} \times €63/\text{MWh}$) en €13.250 aan gedeferde decarbonisatie ($250 \text{ MWh} \times €53/\text{MWh}$), wat resulteert in een totale netto schade van €44.750 per jaar. Mitigerende maatregelen kunnen dus de jaarlijkse maatschappelijke schade met ongeveer 62% verminderen.

Een alternatief om het capaciteitsprobleem structureel op te lossen is het verzwaren van het elektriciteitsnet. Ook hiervoor zijn kengetallen beschikbaar. De kosten voor netverzwaring op het laagspanningsnet (LS-net) bedragen circa €12,16 per MWh, en op het midden- en hoogspanningsnet (MS/HS-net) ongeveer €5,57 per MWh. Voor een totale vermogensvraag van 750 MWh per jaar (500 MWh voor uitbreiding en 250 MWh voor elektrificatie) betekent dit een eenmalige investering van respectievelijk €9.120 (LS-net) of €4.178 (MS/HS-net), ervan uitgaand dat deze eenmalige investeringen vele tientallen jaren meegaan.

Op het eerste gezicht lijken deze investeringen maatschappelijk rendabel. De jaarlijkse schade van €118.500 bij het uitblijven van netverzwaring is hoger dan de eenmalige kosten voor uitbreiding van het net. Echter, het verzwaren van het elektriciteitsnet is in de praktijk een langdurig en onzeker proces. De realisatietijd bedraagt vaak meerdere jaren, mede door complexe ruimtelijke procedures, vergunningstrajecten, arbeidskrapte en materiaaltekorten. Bovendien is onzeker of en wanneer deze trajecten succesvol worden afgerond. In de tussentijd blijft de maatschappelijke schade zich opstapelen.

Rekenvoorbeeld II: maatschappelijke schade van netcongestie voor een bedrijf in het reclamewezen en marktonderzoek

In dit tweede voorbeeld bekijken we de maatschappelijke gevolgen van netcongestie voor een bedrijf in de sector Reclamewezen en marktonderzoek (SBI 73) dat wil uitbreiden met een nieuw kantoor in een gebied waar op dit moment sprake is van acute netcongestie. Het verwachte elektriciteitsverbruik van dit nieuwe kantoor wordt geschat op 27,5 MWh per jaar, maar deze vraag kan niet worden ingevuld vanwege het gebrek aan netcapaciteit. Daarnaast wil het bedrijf zijn bestaande bedrijfsautovloot elektrificeren, wat zou leiden tot een extra elektriciteitsvraag van 50 MWh per jaar. Ook deze elektrificatie kan niet plaatsvinden vanwege netcongestie.

Om de maatschappelijke schade van deze on vervulde elektriciteitsvraag in kaart te brengen, maken we gebruik van sectorspecifieke kostprijzen. Voor de sector reclame en marktonderzoek bedraagt de gedeferde toegevoegde waarde bij een on vervulde elektriciteitsvraag 1.983 euro per MWh. De gedeferde decarbonisatie door het uitblijven van elektrificatie is in deze

sector geraamd op 120 euro per MWh. Dit zijn de bruto kostprijzen, oftewel de maatschappelijke schade zonder inzet van mitigerende maatregelen.

Op basis hiervan bedraagt de jaarlijkse maatschappelijke schade van het niet kunnen openen van het nieuwe kantoor ruim 54.000 euro. Dit is berekend door de onvervulde elektriciteitsvraag van 27,5 MWh te vermenigvuldigen met de kostprijs van 1.983 euro per MWh. De schade van het niet kunnen elektrificeren van de vloot bedraagt 6.000 euro, door de onvervulde vraag van 50 MWh te vermenigvuldigen met de kostprijs van 120 euro per MWh. Samen komt dit neer op een totale bruto schade van ongeveer 60.500 euro per jaar.

Indien het bedrijf gebruik kan maken van mitigerende maatregelen, zoals lokale opwek met zonnepanelen, energieopslag of slimme energie-efficiëntieoplossingen, daalt de schade aanzienlijk. In dat geval geldt een lagere kostprijs voor de gederfde toegevoegde waarde van 1.568 euro per MWh.

De kostprijs voor gederfde decarbonisatie stijgt echter naar 198 euro per MWh. Dit lijkt tegenstrijdig, maar wordt verklaard doordat sommige mitigerende maatregelen duurder zijn dan de maatschappelijke kosten van de CO₂-uitstoot die optreedt als gevolg van het niet kunnen elektrificeren. Met andere woorden, het voorkomen van CO₂-uitstoot via deze maatregelen kost soms meer dan de directe schade die de CO₂-uitstoot zelf veroorzaakt.

Met deze aangepaste kostprijzen bedraagt de maatschappelijke schade bij inzet van mitigatie ruim 43.000 euro voor het nieuwe kantoor en bijna 10.000 euro voor de decarbonisatie van de vloot. Samen leidt dit tot een totale netto schade van circa 53.000 euro per jaar, wat een reductie van ongeveer 12% betekent ten opzichte van de situatie zonder mitigatie.

Als alternatief kan het net worden verzwakt. De kosten hiervoor hangen af van het type net. Voor het laagspanningsnet (LS-net) bedragen de kosten ongeveer 12,16 euro per MWh, terwijl voor het midden- en hoogspanningsnet (MS/HS-net) dit circa 5,57 euro per MWh is.

Voor de totale vermogensvraag van 77,5 MWh per jaar (27,5 MWh voor het nieuwe kantoor plus 50 MWh voor elektrificatie van de vloot) levert dit een indicatie op van de investeringskosten voor netverzwaring: ongeveer 942 euro bij verzwaring van het laagspanningsnet, en circa 432 euro bij verzwaring van het midden- en hoogspanningsnet.

Hoewel deze investeringen relatief laag lijken vergeleken met de jaarlijkse maatschappelijke schade, moet hierbij worden opgemerkt dat netverzwaring vaak vele jaren duurt om te realiseren. Bovendien is de doorlooptijd niet alleen lang, maar ook onzeker vanwege complexe vergunningstrajecten, netbeheerderscapaciteit en ruimtelijke uitdagingen.

Rekenvoorbeeld III: een hybride scenario

Naast de gehanteerde scenario's in de voorgaande rekenvoorbeelden ('niets doen', het inzetten van mitigerende maatregelen óf het verzwaken van het net) zijn er natuurlijk ook combinatievarianten mogelijk waarin deze strategieën worden gecombineerd. In de praktijk valt te verwachten dat deze hybride scenario's vaak zullen voorkomen, bijvoorbeeld waarbij een deel van de capaciteit in een gebied via (tijdelijke) mitigerende maatregelen wordt ingevuld, terwijl tegelijkertijd voorbereidingen voor netverzwaring worden getroffen.

Stel dat het bedrijf dat actief is in de voedingsmiddelenindustrie uit Rekenvoorbeeld I besluit om tijdelijk 300 MWh van de extra transportvraag (van de totale 500 MWh voor uitbreiding) op te vangen met mitigerende maatregelen. Voor de resterende 450 MWh (bestaande uit 200 MWh voor uitbreiding en 250 MWh voor elektrificatie) wordt gekozen om 5 jaar te wachten tot netverzwaring gerealiseerd is. In die tussenliggende periode blijven deze 450 MWh ongevuld.

De maatschappelijke schade wordt dan als volgt opgebouwd:

Kostenpost	Kostprijs	Kostenbedrag
Mitigerende maatregelen (300 MWh tijdelijk ingevuld)	Netto kostprijs gedeelde toegevoegde waarde = €63/MWh	300 MWh × €63 = €18.900 per jaar
Niet ingevulde vraag uitbreiding (200 MWh):	Bruto kostprijs gedeelde toegevoegde waarde = €187/MWh	200 MWh × €187 = €37.400 per jaar
Niet ingevulde elektrificatie (250 MWh):	Bruto kostprijs gemiste decarbonisatie = €100/MWh	250 MWh × €100 = €25.000 per jaar
Totale jaarlijkse maatschappelijke schade:		€18.900 (maatregel) + €37.400 (bedrijfsuitbreiding, niets) + €25.000 (elektrificatie, niets) = €81.300 per jaar
Totale maatschappelijke schade over 5 jaar:		5 × €81.300 = €406.500
Eenmalige investering in netverzwaring na 5 jaar (voor resterende 450 MWh):		450 MWh × €5,57/MWh (MS/HS-net) = €2.507
Totale maatschappelijke kosten over hele periode (5 jaar + verzwaring):		€406.500 + €2.507 = €409.007

Ter vergelijking:

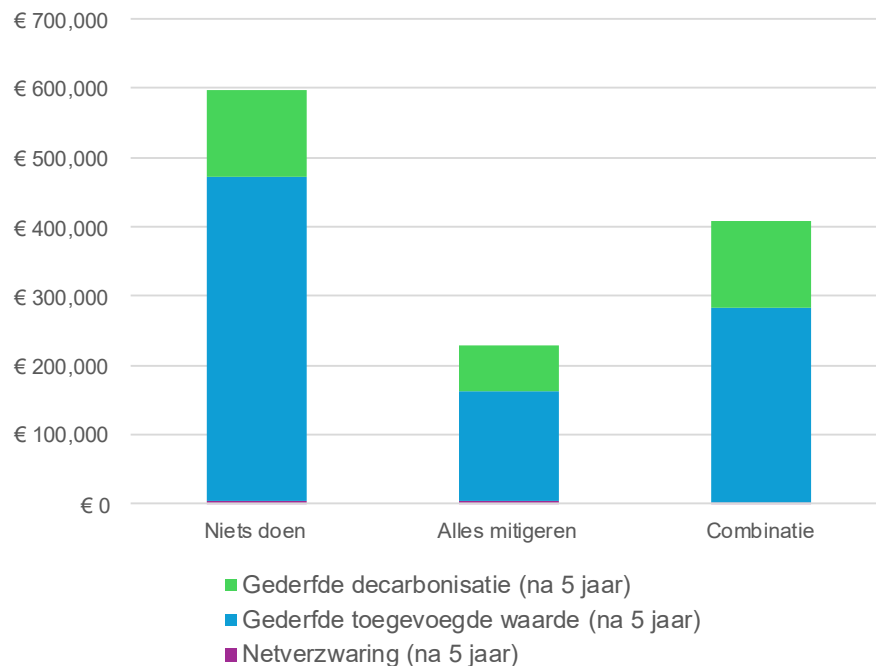
Scenario: vijf jaar lang afwachten ('niets doen')

- Transportvraag (750 MWh) blijft volledig ongevuld gedurende 5 jaar.
- Jaarlijkse maatschappelijke schade:
 - Gedeelde toegevoegde waarde: 500 MWh × €187 = €93.500
 - Gedeelde decarbonisatie: 250 MWh × €100 = €25.000
 - Totaal per jaar: €118.500
- Totale schade over 5 jaar: 5 × €118.500 = €592.500
- Netverzwaring na 5 jaar: 750 MWh × €5.57 = €4.178
- Totale maatschappelijke kosten over 5 jaar: **€596.678**

Scenario: Volledige inzet van mitigerende maatregelen:

- Gehele transportvraag (750 MWh) tijdelijk ingevuld met mitigerende oplossingen.
- Jaarlijkse maatschappelijke schade:
 - Gedeelde toegevoegde waarde: 500 MWh × €63 = €31.500
 - Gedeelde decarbonisatie: 250 MWh × €53 = €13.250
 - Totaal per jaar: €44.750
- Totale schade over 5 jaar: 5 × €44.750 = €223.750
- Netverzwaring na 5 jaar: 750 MWh × €5.57 = €4.178
- Totale maatschappelijke kosten over 5 jaar: **€227.928**

Figuur 4.5: Voorbeeldresultaten maatschappelijke kosten oplossen transportprobleem in de voedingsmiddelensector



Dit rekenvoorbeeld laat zien dat er tussen de uitersten van ‘niets doen’ en ‘volledig mitigeren’ een scala aan tussenvormen mogelijk is. De vergelijking van drie scenario’s (niets doen, volledig mitigeren en een hybride aanpak) laat zien dat mitigerende maatregelen op de korte termijn aanzienlijk kunnen bijdragen aan het beperken van maatschappelijke schade door netcongestie.

Het volledig negeren van het capaciteitsprobleem leidt over een periode van vijf jaar tot de hoogste maatschappelijke kosten in dit voorbeeld, vooral vanwege het structureel mislopen van toegevoegde waarde. Daarentegen resulteert een strategie waarin de volledige transportbehoefte tijdelijk wordt ingevuld met mitigerende maatregelen in de laagste totale schade. De hybride aanpak – waarin een deel van de vraag met (tijdelijke) maatregelen wordt opgevangen en voor het overige wordt gewacht op netverzwaring – vormt een middenweg en weerspiegelt een realistisch handelingsperspectief voor veel bedrijven en netbeheerders: niet alles kan direct worden opgelost, maar volledig stilzitten is maatschappelijk ongunstig.

Belangrijk is dat de optimale strategie afhankelijk is van contextspecifieke factoren zoals beschikbaarheid van technologieën, kostenontwikkeling, ruimtegebruik en beleidsdoelen. In praktijk zullen combinatiescenario’s met gespreide inzet van maatregelen en netverzwaring vaak de meeste maatschappelijke waarde opleveren.

Reflectie op rekenvoorbeelden

Beide rekenvoorbeelden laten zien dat netcongestie voor individuele bedrijven kan leiden tot aanzienlijke maatschappelijke welvaartverliezen, variërend van tienduizenden tot zelfs honderdduizenden euro’s per jaar. Dit benadrukt de urgentie om netcongestie effectief aan te pakken, omdat deze verliezen zich bij meerdere bedrijven en sectoren kunnen opstapelen over de jaren heen tot grote maatschappelijke schade.

Mitigerende maatregelen kunnen doorgaans zorgen voor een reductie van deze maatschappelijke schade, vergeleken met een situatie van 'niets doen'. Zowel in de voedingsmiddelenindustrie als in de sector reclamewezen en marktonderzoek blijkt dat deze maatregelen de maatschappelijke gevolgen van netcongestie kunnen beperken.

Tegelijkertijd tonen de voorbeelden aan dat netverzwaringen maatschappelijk gezien vaak de meest kostenefficiënte route zijn om netcongestie (structureel) op te lossen. Het knelpunt hierbij is echter de lange en onzekere trajectduur van netverzwaringen, waardoor de maatschappelijke schade zich over meerdere jaren kan opstapelen. Mitigerende maatregelen kunnen daarentegen relatief vlot worden geïmplementeerd en bieden daardoor snellere verlichting.

Maatschappelijk gezien lijkt daarom een gecombineerde aanpak het meest wenselijk. Op de korte termijn kunnen mitigerende maatregelen zoals lokale duurzame opwekking, energiebesparing en slimme opslag de acute schade door netcongestie beperken. Tegelijkertijd is het van belang om de langdurige en onzekere trajectduur van netverzwaringen te verkorten door procesversnelling, gerichte investeringen en nauwe samenwerking tussen overheid, netbeheerders en bedrijven.

Bovendien is een mix van strategieën in de praktijk goed denkbaar - bijvoorbeeld door op bepaalde onderdelen of locaties tijdelijk geen actie te ondernemen ('niets doen'), op andere plekken in te zetten op mitigerende maatregelen, en elders juist te investeren in netverzwaring. Deze gedifferentieerde aanpak maakt het mogelijk om schaarse middelen gericht in te zetten op de plekken en momenten waar zij het meeste maatschappelijk rendement opleveren.

De voorbeelden onderstrepen ook het belang van het erkennen van sectorale verschillen en het differentiëren van beleid. Sectoren verschillen namelijk in de efficiëntie waarmee zij energie omzetten in maatschappelijke baten, zoals toegevoegde waarde en decarbonisatie.

Kortom, het effectief aanpakken van netcongestie vereist een integrale, flexibele en sectorgerichte strategie, die ruimte laat voor maatwerk, gericht is op korte termijn verlichting en tegelijkertijd de lange termijn energietransitie mogelijk maakt.

4.2 Indirecte maatschappelijke effecten van netcongestie

Het effect van netcongestie op netgebruikers leidt tot verschillende hogere orde-effecten die invloed hebben op onze economie. Deze indirecte effecten hebben zowel op korte als lange termijn invloed op de manier waarop wij goederen en diensten produceren en consumeren. We maken onderscheid tussen drie impactgebieden die samen een breed overzicht bieden van de indirecte effecten van netcongestie op ons welvaartsniveau, namelijk: de effecten op de structurele kenmerken van de economie, op de voortgang van de energietransitie en op de ontwikkeling van de fysieke leefomgeving.

4.2.1 *Effecten van netcongestie op de structurele kenmerken van de economie*

Effecten aan de productiekant van de economie

Energie is een cruciale productiefactor voor vrijwel elk bedrijf, al geldt dit in grotere mate voor sommige sectoren dan voor andere. De energie-intensieve industrie, bijvoorbeeld, is kwetsbaarder voor veranderingen in de toegang tot (betaalbare) energie dan de dienstensector³⁷. Door netcongestie is de toegang tot energie in bepaalde delen van het land niet langer vanzelfsprekend, wat leidt tot verschuivingen in productiviteit binnen de economie. Bedrijven die nog ongehinderd toegang hebben tot energie, ervaren hierdoor een concurrentievoordeel ten opzichte van bedrijven die worden beperkt. Om hun activiteiten voort te zetten, zullen bedrijven geneigd zijn om hun productiefactoren (arbeid, kapitaal en kennis) te verplaatsen naar regio's met voldoende netcapaciteit. Op de langere termijn kan netcongestie daarom leiden tot structurele verschuivingen in productiviteit, waarbij gebieden met een robuuste energie-infrastructuur aantrekkelijker worden voor zowel investeerders als bedrijven. Dit kan regionale economische ongelijkheid vergroten, aangezien gebieden zonder voldoende capaciteit minder aantrekkelijk worden. Op macroniveau betekent dit dat productiefactoren niet meer optimaal worden ingezet, wat de algehele welvaart kan drukken. Hoewel sommige regio's tijdelijk kunnen profiteren van deze verschuivingen, kan Nederland als geheel economisch terrein verliezen, bijvoorbeeld doordat bedrijven naar het buitenland vertrekken of zelfs failliet gaan.

Desondanks is de economie adaptief en veerkrachtig. Op de langere termijn zullen bedrijven waarschijnlijk manieren vinden om met netcongestie om te gaan, bijvoorbeeld door innovaties, efficiëntere processen of nieuwe bedrijfsmodellen. Dit kan uiteindelijk leiden tot een hernieuwd economisch evenwicht op basis waarvan de nationale economische dynamiek en groei kunnen worden hervat.

Effecten aan de consumptiekant van de economie

Netcongestie leidt tot netverzwaringen of inzet van mitigerende maatregelen, die, respectievelijk, via hogere nettarieven of productiekosten worden doorberekend in de prijzen die consumenten betalen voor goederen en diensten. Deze hogere nettarieven en prijzen drukken de koopkracht van consumenten. Deze vorm van inflatie zorgt ervoor dat consumenten minder te besteden hebben, wat het economische groeivermogen van Nederland schaadt. Het is daarom cruciaal om snel te handelen, zodat de netverzwaringsopgave niet onnodig verder oploopt. Tegelijkertijd moeten we de congestieopgave zo kostenefficiënt mogelijk aanpakken door een slimme, gecombineerde inzet van mitigerende maatregelen en netverzwaringen, en door weloverwogen keuzes te maken over welke vormen van bedrijvigheid we in Nederland actief willen stimuleren.

Daarnaast zorgt de productiviteitshinder die ontstaat door netcongestie ervoor dat lonen minder snel kunnen stijgen en dat werkgelegenheid kan afnemen. Dit draagt bij aan een algehele verlaging van het welvaartsniveau van de Nederlandse bevolking.

³⁷ Energie-intensieve bedrijven hebben vaak krappere en minder flexibele kostenmarges dan de dienstensector, waardoor het voor hen lastiger is om stijgende energiekosten door netcongestie te absorberen. Bovendien worden ze geconfronteerd met strenge milieuregels, zoals het EU-ETS en de CO₂-heffing. Wanneer deze bedrijven proberen te verduurzamen via elektrificatie, maar dit niet kunnen door netcongestie, resulteert dit in extra kosten door het onvermogen om aan de gestelde milieueisen te voldoen. Daarnaast opereren veel van deze bedrijven mondiaal, waar ze concurreren met bedrijven in landen met lagere energiekosten en/of minder streng milieubeleid, wat hun concurrentiepositie verder verzwakt.

Beperkte netcapaciteit maakt het voor huishoudens ook moeilijker om te verduurzamen, bijvoorbeeld door de aanschaf van een warmtepomp, elektrische auto of zonnepanelen. Netcongestie beperkt zo de keuzevrijheid van consumenten en hindert hun mogelijkheden om een duurzame levensstijl te implementeren.

Verder zal de concurrentie om locaties met voldoende netcapaciteit toenemen. Bedrijven zullen zich richten op gebieden waar de netinfrastructuur robuuster is, wat resulteert in stijgende grondprijzen. Dit kan woningbouwprojecten hinderen en heeft een negatief effect op het woongenot van consumenten.

Als netcongestie op de lange termijn aanhoudt, zal er een nieuwe economische realiteit ontstaan waarin de beschikbaarheid van energie niet meer zo vanzelfsprekend is (koperen plaat principe). We verwachten dat consumenten hun gedrag hierop uiteindelijk zullen aanpassen, waarbij het tot op zekere hoogte waarschijnlijk is dat er gewenning optreedt ten aanzien van de nieuwe status quo.

4.2.2 *Effecten van netcongestie op het verloop van de energietransitie*

Zonne- en windparken kunnen niet volledig worden aangesloten door netcongestie, waardoor sprake is van gemiste CO₂-reductie. Hoe langer netcongestie aanhoudt, hoe groter de maatschappelijke schade van deze gemiste CO₂-reductie. Immers, elke gemiste kans op CO₂-reductie in het heden vergroot de opgave om de resulterende klimaatschade, die tot op zekere hoogte onomkeerbaar is, in de toekomst te herstellen. Daarnaast worden, zolang er sprake is van transportschaarste, (tijdelijke) maatregelen ingezet om de negatieve impact op economische activiteiten te mitigeren. In veel gevallen hadden de middelen die hieraan worden besteed productiever kunnen worden ingezet als er op tijd voldoende netcapaciteit beschikbaar was geweest.

Netcongestie heeft, naast negatieve gevolgen, mogelijk ook (bescheiden) positieve effecten op het verloop van de energietransitie. Het stimuleert namelijk lokale energie-initiatieven: bedrijven die samenwerken om hun eigen (duurzame) energievoorziening te realiseren, los van de publieke netinfrastructuur. Dit effect is echter in zekere zin substitueerbaar met netverzwaring gevoed door hernieuwbare energie. Wat netcongestie in zekere zin bijzonder maakt, is dat het energiebewustzijn van netgebruikers vergroot. Het dwingt hen om kritisch na te denken over hun energieverbruik en stimuleert hen om zuiniger en efficiënter met energie om te gaan. In die zin kan netcongestie een prikkel vormen voor productiever energiegebruik. De vraag is echter of deze prikkel ook maatschappelijk efficiënt is, immers: dit bewustzijn had wellicht ook bereikt kunnen worden via minder kostbare of ingrijpende wegen dan netcongestie?

4.2.3 *Effecten van netcongestie op de fysieke leefomgeving*

Op de lange termijn, als netcongestie aanhoudt, zal het Nederlandse fysieke landschap waarschijnlijk verschillende veranderingen ondergaan. Ten eerste zal er een verschuiving plaatsvinden in de locatie van industriële activiteiten, waarbij sommige industriële gebieden wellicht verdwijnen of zich verplaatsen naar regio's met voldoende netcapaciteit. Dit kan leiden tot het ontstaan van nieuwe industriële clusters op plaatsen met de juiste netaansluitingen, maar ook tot leegstand en herbestemming van voormalige industriële zones.

Ten tweede zal de uitbreiding van de netinfrastructuur, inclusief hoogspanningslijnen, transformatorstations en energieopslagfaciliteiten, het open landschap steeds meer aantasten. Vooral in landelijke en natuurgebieden kan de bouw van nieuwe infrastructuur de visuele en ecologische waarde van het landschap aantasten. Dit kan de balans tussen natuur en menselijke activiteit verstoren, met mogelijk verlies van biodiversiteit en verstoring van natuurlijke habitats.

Ten slotte kan de noodzaak voor grootschalige ondergrondse infrastructuur (zoals kabels en leidingen, opslagfaciliteiten) leiden tot verstoringen in landbouw- en natuurgebieden, wat niet alleen invloed heeft op de fysieke ruimte, maar ook op de agrarische productie en natuurbehoud.

5 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste uitkomsten van het onderzoek samengevat. Het doel van het onderzoek is om de maatschappelijke netto kostprijs van netcongestie in kaart te brengen; dit betreft de maatschappelijke schade die ontstaat in een situatie waarin één megawattuur (MWh) elektriciteit niet geleverd kan worden aan netgebruikers als gevolg van transportbeperkingen in het elektriciteitsnet. Deze schade definiëren we als gemiste toegevoegde waarde en gederfde of vertraagde decarbonisatie als gevolg van door congestie veroorzaakte transporttekorten.

Aan de hand van vier deelvragen zijn zowel de directe als indirecte effecten van netcongestie geanalyseerd. Daarbij is speciale aandacht besteed aan de maatregelen die netgebruikers kunnen nemen om de impact van (aangekondigde) transportbeperkingen te beperken. Deze bevindingen vormen de basis voor de conclusies en aanbevelingen in dit hoofdstuk, gericht aan beleidsmakers, netbeheerders en andere betrokken partijen.

Conclusies

Mitigerende maatregelen kunnen de maatschappelijke schade van netcongestie aanzienlijk beperken, met name in sectoren die relatief veel toegevoegde waarde genereren per verbruikte MWh en over een flexibel of piekgericht energieverbruik beschikken.

We schatten dat een grootschalige en efficiënte inzet van mitigerende maatregelen³⁸ de maatschappelijke schade van netcongestie gemiddeld met 29% kan verminderen. Dit komt doordat dergelijke maatregelen bedrijven in staat stellen om, ondanks congestie, in zekere mate economische toegevoegde waarde te blijven genereren.

Mitigerende maatregelen blijken vooral effectief voor sectoren waarvan het energieverbruik flexibel in de tijd kan worden verschoven, dus niet afhankelijk is van een volcontinu stroomaanbod, én die relatief veel toegevoegde waarde genereren per verbruikte MWh elektriciteit, zoals hightech en professionele dienstverlening. In sommige van deze sectoren leidt de inzet van dergelijke maatregelen tot een aanzienlijke verlaging van de maatschappelijke schade. De besparingen kunnen daarbij oplopen tot meer dan 200%, wat betekent dat de maatschappelijke schade in deze gevallen kan worden teruggebracht tot ruim een derde van de oorspronkelijke 'bruto' omvang³⁹.

³⁸ Hoewel we in onze analyse veronderstellen dat mitigerende maatregelen alleen worden ingezet door bedrijven die direct te maken hebben met netcongestie, is het belangrijk om te benadrukken dat deze maatregelen vanuit een breder systeem perspectief ook genomen zouden moeten worden door bedrijven zonder onervulde transportvraag. Congestie management zou zich dus ook moeten richten op bedrijven die niet in de wachtrij staan maar die wel relatief goedkoop flexibiliteit aan kunnen bieden. Hierdoor ontstaat er ruimte om extra transportcapaciteit toe te wijzen aan bedrijven die wél in een wachtrij staan. Met andere woorden: het benutten van flexibiliteit bij bedrijven zonder directe transportbeperkingen kan de totale congestie verminderen en daarmee bedrijven met een onervulde transportvraag helpen.

³⁹ De grootste besparingen door inzet van mitigerende maatregelen worden gevonden in sectoren zoals de tabaksindustrie, drankenindustrie, voedingsmiddelenindustrie, papierindustrie, post- en koeriersdiensten, rubber- en kunststofproductie, farmaceutische industrie, het bankwezen en overige financiële dienstverlening.

Aan de andere kant sorteren mitigerende maatregelen minder effect voor sectoren met inflexibele, volcontinue processen, die sterk afhankelijk zijn van een constante stroomtoevoer. Dit geldt met name voor productiegerichte en primaire sectoren waarin processen moeilijk zijn te onderbreken of te verschuiven, zoals de zware industrie, basismaterialenproductie en groot-schalige landbouw. Om uit te breiden zonder netverzwaring zouden deze bedrijven veel of kostbare mitigerende maatregelen nodig hebben om bedrijfscontinuïteit bij netcongestie te waarborgen. Deze bedrijven kenmerken zich bovendien vaak door een relatief lage energie-efficiëntie in waardecreatie: ze verbruiken veel elektriciteit per eenheid toegevoegde waarde, waardoor de baten van de inzet van maatregelen beperkt zijn. In deze sectoren varieert het effect van mitigerende maatregelen tussen de **-60% tot -24%**, wat betekent dat de maatschappelijke schade in deze specifieke gevallen juist toeneemt ten opzichte van het bruto 'niets-doen'-scenario⁴⁰.

Onze analyse laat verder zien dat – zuiver bezien vanuit het perspectief van decarbonisatie via elektrificatie – de inzet van mitigerende maatregelen in veel gevallen niet maatschappelijk efficiënt is. Deze bevinding vraagt echter om belangrijke nuancerings. Mitigerende maatregelen zijn immers niet ontworpen met het doel om CO₂-uitstoot te reduceren, maar om de continuïteit van de elektriciteitslevering te waarborgen bij netcongestie. Het beoordelen van hun effectiviteit *uitsluitend* op basis van hun bijdrage aan decarbonisatie is daarom methodologisch onjuist. Maatregelen dienen te worden geëvalueerd binnen de context van het probleem dat ze beogen op te lossen: het voorkomen van productie-uitval door tekort aan netcapaciteit. Vanuit dat perspectief blijkt dat mitigerende maatregelen voor het grootste deel van de economie wél een gunstig (c.q. kostenverlagend) maatschappelijk effect hebben.

Ook mét mitigatie blijft de maatschappelijke schade die ontstaat door netcongestie aanzienlijk.

Zelfs bij grootschalige en kostenefficiënte inzet van mitigerende maatregelen blijft de maatschappelijke schade als gevolg van netcongestie aanzienlijk. Gemiddeld bedraagt deze schade, uitgedrukt in gemiste toegevoegde waarde, nog altijd circa **1.860 euro per MWh netcongestie**. Zolang netcongestie voortduurt, blijven deze maatschappelijke welvaartsverliezen zich dus opstapelen. Het is daarom van groot belang om het netcongestieprobleem zo spoedig mogelijk en op structurele wijze aan te pakken.

Netverzwaring biedt een structurele oplossing en is het meest kostenefficiënt, maar kent lange doorlooptijden. Mitigerende maatregelen kunnen op korte termijn verlichting bieden, maar zijn doorgaans tijdelijk van aard en duurder voor de maatschappij per vermeden MWh transporttekort.

Op basis van onze schattingen blijkt dat netcongestie in de meeste gevallen het meest voordelig structureel kan worden opgelost door netverzwaring, met geschatte gemiddelde maatschappelijke kosten van ongeveer **12 euro per MWh** voor het LS-net en **6 euro per MWh** voor het MS/HS-net. Mitigerende maatregelen zijn doorgaans duurder, met een gemiddelde van **160 euro per MWh** en een min-max bandbreedte van **0 tot 465 euro per MWh**.

⁴⁰ De sectoren met de laagste, of zelfs negatieve impact van mitigerende maatregelen zijn onder andere de bouwmaterialenindustrie, chemische industrie, landbouw, het landvervoer en de basismetalenindustrie.

Tegenover dit kostenvoordeel van netverzwaring staat echter een belangrijk nadeel: de langere doorlooptijd. Daardoor kunnen pas op langere termijn MWh aan transportvermogen worden vrijgespeeld, terwijl mitigerende maatregelen sneller effect sorteren. Bij het kiezen van een oplossingsstrategie moet dus niet alleen naar de kosten per MWh worden gekeken, maar ook naar de snelheid waarmee MWh beschikbaar worden gemaakt. Hoe langer congestie voortduurt, hoe meer maatschappelijke schade zich opstapelt in de vorm van gemiste toegevoegde waarde en vertraagde decarbonisatie. *Snelheid van implementatie heeft dus directe maatschappelijke waarde*⁴¹.

Netcongestie kan leiden tot structurele economische veranderingen, zoals verschuivingen in productiviteit en regionale economische ongelijkheid.

Netcongestie heeft verstrekkende indirecte effecten op de economie, de energietransitie en de fysieke leefomgeving, die zowel op korte als lange termijn het welvaartsniveau van Nederland beïnvloeden.

Economisch leidt netcongestie tot verstoringen in de toegang tot betaalbare energie, waardoor productiefactoren zich verschuiven naar regio's met voldoende netcapaciteit. Dit vergroot regionale ongelijkheid en vermindert de optimale inzet van middelen op macroniveau, met als risico economische krimp en bedrijfsfaillissement. Tegelijkertijd dwingt netcongestie bedrijven tot innovatie en aanpassing, wat op langere termijn tot een hernieuwd krachtig economisch evenwicht zou kunnen leiden. Voor consumenten vertaalt netcongestie zich in hogere nettarieven en productprijzen, verminderde koopkracht en beperkte mogelijkheden om te verduurzamen, terwijl stijgende grondprijzen en locatiedruk het woongenot kunnen ondermijnen.

Op het gebied van de energietransitie remt netcongestie de aansluiting van duurzame energiebronnen, wat leidt tot gemiste CO₂-reductie en daarmee tot hogere toekomstige klimaatkosten. Hoewel netcongestie ook lokale decentrale energie-initiatieven en energiebewustzijn stimuleert, kan deze positieve kant het maatschappelijke nadeel waarschijnlijk niet volledig compenseren, in ieder geval niet op de korte termijn.

Ten slotte veroorzaakt netcongestie veranderingen in de fysieke leefomgeving: industriële activiteiten concentreren zich rond goed uitgeruste gebieden, terwijl nieuwe netinfrastructuur het landschap aantast, vooral in landelijke en natuurgebieden. Dit kan leiden tot verlies van biodiversiteit, verstoring van natuurlijke habitats en veranderingen in landbouw- en natuurgebieden.

Al met al onderstreept het onderzoek het belang van tijdige en efficiënte aanpak van netcongestie, waarbij rekening wordt gehouden met de uiteenlopende effecten op economie, energietransitie en leefomgeving om zo de maatschappelijke kosten en schade ervan te minimaliseren.

⁴¹ Zie ook: [Ecorys: 'Versnelde netinvesteringen zouden miljarden aan maatschappelijke waarde opleveren' | Netbeheer Nederland](#)

Aanbevelingen

Ontwikkel als Rijksoverheid een gerichte sectorale aanpak binnen het Landelijk Actieprogramma Netcongestie om flexibiliteit te stimuleren.

Daarvoor is het nodig om sectoren te categoriseren op basis van ten minste twee kenmerken: het type energieverbruiksprofiel (bijvoorbeeld continu of piekgericht verbruik) en de waardecreatie per verbruikte eenheid elektriciteit (uitgedrukt in euro per MWh). Vooral sectoren met een piekgericht of verschuifbaar elektriciteitsgebruik kunnen relatief eenvoudig flexibiliteit inzetten, zonder dat dit hun bedrijfsvoering ingrijpend verstoort. In situaties waarin netverzwaring op korte termijn nog niet haalbaar is, zouden (tijdelijke) mitigerende maatregelen dan ook bij voorkeur in deze 'high-potential'-sectoren moeten worden ingezet om de maatschappelijke schade van schaarse transportcapaciteit te minimaliseren.

Communiceer als netbeheerder proactief naar bedrijven waar en wanneer netverzwaringen plaatsvinden, zodat zij gericht (tijdelijke) mitigerende maatregelen kunnen afwegen.

Netbeheerders communiceren momenteel doorgaans via investeringsplannen over waar en wanneer netverzwaringen plaatsvinden, maar deze informatie bereikt bedrijven mogelijk niet altijd tijdig of duidelijk genoeg. Om bedrijven beter te ondersteunen bij het nemen van (tijdelijke) mitigerende maatregelen is het essentieel om de communicatie over de planning van netverzwaringen scherper en gericht te maken. Dit betekent dat netbeheerders proactief en afgestemd op de behoeften van bedrijven moeten communiceren, zodat zij tijdig inzicht hebben in waar en wanneer extra capaciteit beschikbaar komt.

Concreet kan dit bijvoorbeeld door het versturen van gerichte nieuwsbrieven of e-mailupdates per regio, het organiseren van webinars waarin de planning en gevolgen worden toegelicht, en het inzetten van lokale accountmanagers die bedrijven persoonlijk kunnen informeren en adviseren. Ook het aanbieden van interactieve kaarten waarop geplande netverzwaringen en tijdlijnen inzichtelijk zijn, helpt bedrijven om een goed beeld te krijgen van de situatie.

Door op deze manier beter en directer te communiceren, kunnen bedrijven hun eigen businesscase maken en weloverwogen beslissingen nemen over het inzetten van flexibiliteit of andere tijdelijke oplossingen. Dit draagt bij aan een effectievere aanpak van netcongestie en het beperken van maatschappelijke schade.

De ACM en netbeheerders zouden onze sectorale kostprijzen kunnen gebruiken als input voor het prioriteren van bedrijven of sectoren bij schaarse transportcapaciteit.

In het kader van het prioriteringsvraagstuk (het prioritair toewijzen van schaarse transportcapaciteit aan individuele bedrijven) kunnen onze sectorale kostprijzen worden ingezet als hulpmiddel om een eerste inschatting te maken van de maatschappelijke impact van het al dan niet prioriteren van verschillende typen bedrijven. Deze kostprijzen, uitgedrukt in gemiste toegevoegde waarde of CO₂-reductie per MWh transportcapaciteit, kunnen dienen als één van de factoren binnen een bredere rangschikingsmethode⁴².

⁴² Onze kostprijzen bieden een gestandaardiseerde maat om de maatschappelijke waarde van stroomtoevoer aan verschillende sectoren te vergelijken. Daarmee kunnen ze meewegen in afwegingen over welke bedrijven (of type bedrijven) voorrang moeten krijgen bij het toewijzen van schaarse transportcapaciteit. Uiteraard dienen hierbij ook andere factoren in overweging te worden genomen, zoals veiligheid, gezondheid of strategische beleidsdoelen.

Breng als netbeheerder de maatschappelijke impact van netcongestie per regio inzichtelijk in kaart door de omvang van het transporttekort te combineren met de regionale samenstelling van bedrijvigheid, gekoppeld aan onze sectorale kostprijzen. Deze aanpak maakt het mogelijk om netverzwaringen (deels) te plannen op basis van waar ze de meeste maatschappelijke waarde opleveren.

In het kader van de gezamenlijke inspanningen van netbeheerders en overheden om het programmeren van netverzwaringen integraal en doelgericht aan te pakken, adviseren wij om de sectorale kostprijzen uit het onderzoek als uitgangspunt te gebruiken voor het opstellen van regionale kostenkengetallen. Door deze sectorale kostprijzen te combineren met de geografische spreiding van economische sectoren ontstaat een beeld van de maatschappelijke schade die netcongestie per regio veroorzaakt, zowel in termen van gemiste economische toegevoegde waarde als vertraagde decarbonisatie. Dit inzicht stelt netbeheerders in staat om regio's te identificeren waar deze maatschappelijke impact van netcongestie het grootst is. Op basis hiervan kunnen investeringen in netverzwaringen gericht worden gepland en getimed.

Investeer in onderzoek naar de bredere maatschappelijke effecten van netcongestie, zoals de gevolgen voor woningbouw, veiligheid, gezondheid, werkgelegenheid en ruimtelijke ordening.

Hoewel deze indirecte effecten vaak moeilijk kwantificeerbaar zijn, is het van groot belang ze toch op een systematische en transparante manier mee te wegen in de besluitvorming. Dit kan bijvoorbeeld door scenarioanalyses of het gebruik van kwalitatieve maatschappelijke waarderingsmethoden. Door deze bredere maatschappelijke waarden mee te nemen, kunnen beleidsmakers een meer gebalanceerde afweging maken tussen verschillende belangen en zo bijdragen aan rechtvaardige en effectieve oplossingen voor netcongestie.

6 Bronnenlijst

- CE Delft (2022). Laden voor logistiek bij beperkte netcapaciteit: Mitigerende maatregelen voor bestelauto's en vrachtwagens. Nationale Agenda Laadinfrastructuur.
- CE Delft (2024). Oplossingen voor netcongestie bij bedrijven: Praktijkvoorbeelden met toekomstig potentieel en kosten per oplossing.
- CE Delft (2024b). Het effect van het stagneren van de groei van warmtenetten: Wat als de ontwikkeling van warmtenetten niet op gang komt?
- Centraal Planbureau & Planbureau voor de Leefomgeving (2016). WLO-klimaatscenario's en de waardering van CO₂-uistoot in MKBA's.
- Ecorys (2024). Maatschappelijke kostprijs van netcongestie.
- Europese Commissie (2023). Energy Efficiency Directive.
- Netbeheer Nederland (2019). Basisinformatie over energie-infrastructuur.
- Planbureau voor de Leefomgeving (2024). Voorlopige Correctiebedragen 2025: Ten behoeve van de subsidieregelingen SDE++ en SCE.
- Planbureau voor de Leefomgeving (2025). OT-model Eindadvies basisbedragen SDE++ 2025.
- Trinomics (2020). Final Report Cost of Energy (LCOE): Energy costs, taxes and the impact of government interventions on investments.

Bijlage

A. Detailomschrijving van maatregelen

Hier wordt een overzicht gegeven van de mitigerende maatregelen en hun technische details.

Zonnepanelen:

Voor de mitigerende maatregel zonnepanelen gebruiken we de SDE++ OT-categorie: "Fotovoltaïsche zonnepanelen (PV) met een vermogen ≥ 15 kWp en < 1 MWp, gebouwgebonden (net=50%)". Dit zijn de meest voorkomende zonnepanelen in Nederland, vaak geïnstalleerd op daken van bedrijfsgebouwen, scholen en agrarische bedrijven. Ze dragen direct bij aan de vermindering van CO₂-uitstoot door lokale opwekking van duurzame energie.

Windturbines:

Voor de windturbine is de SDE++ OT-categorie: "Wind op land, hoogtebeperkt, $\geq 7,0$ en $< 7,5$ m/s" gebruikt. Deze categorie omvat windturbines die geschikt zijn voor locaties met gemiddelde windsnelheden tussen 7,0 en 7,5 meter per seconde. Ze zijn vaak compacter dan grootschalige windparken en worden toegepast op industrieterreinen, agrarische gebieden en langs infrastructuur zoals snelwegen. De hoogtebeperking maakt ze geschikt voor gebieden met ruimtelijke inpassing of regelgeving die de maximale turbinehoogte beperkt.

Diesel aggregaat:

Volgens het rapport van de Nationale Agenda Laadinfrastructuur (2022) zijn de kosten voor een dieselaggregaat met een rendement van 40% ingeschat. Dit type aggregaat wordt vaak ingezet als tijdelijke energievoorziening op locaties zonder een stabiele netaansluiting.

WKK (Warmtekrachtkoppeling):

Voor de mitigerende maatregel WKK wordt een gasgestookte WKK (Gas-Fired CHP) gebruikt, zoals beschreven in het rapport "Levelised Cost of Energy" van de Europese Commissie. WKK-installaties wekken tegelijkertijd elektriciteit en warmte op, wat ze efficiënter maakt dan conventionele centrales en leidt tot een hoger rendement.

Flexibel Energieverbruik/Sturing-achter-de-Meter:

Sturing-achter-de-meter betreft het tijdelijk aanpassen van elektrisch vermogen, zowel voor opwek- als afnamevermogen. Dit wordt gerealiseerd met hardware en software die monitoring en sturing mogelijk maken. Maatregelen onder deze categorie zijn:

- Industriële vraagrespons tot 24 uur: Het aanpassen van de vraag naar elektriciteit in industriële processen om pieken te vermijden.
- Industriële e-boilers naast gasketels: Het gebruik van elektrische boilers naast gasketels voor flexibel schakelen tussen gas en elektriciteit.
- Hybride warmtepompen in de utiliteitsbouw: Warmtepompen die zowel op elektriciteit als andere energiedragers kunnen werken.
- Slim laden van logistieke voertuigen: Het intelligent laden van elektrische voertuigen wanneer er voldoende capaciteit beschikbaar is op het elektriciteitsnet.

Energieopslag (Batterij):

Batterijen voor elektriciteitsopslag kunnen door bedrijven worden ingezet voor zowel afname- als invoedingscongestie. Enkele belangrijke kenmerken van elektriciteitsopslag zijn:

Uitgesteld vermogen beschikbaar: Batterijen kunnen opladen wanneer er voldoende capaciteit is, waarna het opgeslagen vermogen later kan worden gebruikt bij piekvraag.

Invoedingscongestie: Energie van bijvoorbeeld wind- of zonne-opwekking kan tijdelijk worden opgeslagen en later aan het net worden geleverd.

Afnamecongestie: Bij piekmomenten kan de batterij aanvullend vermogen leveren om de belasting op het net te verlagen.

Elektriciteitsbesparing:

Elektriciteitsbesparing is een belangrijke maatregel om netcongestie te verminderen.

Voorbeelden van energiebesparende maatregelen zijn:

Isolatie van gebouwen

Efficiënter inrichten van bedrijfsprocessen

Cable Pooling:

Cable pooling houdt in dat twee of meer opwekfaciliteiten, zoals windturbines en zonnepanelen, gezamenlijk op één netaansluiting worden aangesloten. Dit leidt tot een lager totaal vermogen van de gecombineerde opwekking dan wanneer de faciliteiten afzonderlijk op het elektriciteitsnet zouden zijn aangesloten. Door windturbines en zonnepanelen te combineren, wordt gebruikgemaakt van hun complementaire opwekprofielen: windturbines genereren doorgaans meer energie in de winter en 's nachts, terwijl zonnepanelen vooral in de zomer en overdag energie opwekken. Dit resulteert in een vlakker opwekprofiel, wat het gebruik van de netaansluiting efficiënter maakt. Het combineren van de opwekfaciliteiten op dezelfde aansluiting helpt de piekbelasting te verlagen, waardoor het risico op curtailment wordt verminderd.

De kosten van cable pooling zijn gebaseerd op de verwachte groei van windenergie op land tot 2030. Bij nieuwe wind-op-landprojecten wordt ook zonnepanelen (zon-PV) toegevoegd, en de gecombineerde installatie deelt een netaansluiting. Cable pooling resulteert in lagere kosten omdat er slechts één kabel nodig is, in tegenstelling tot de situatie waarin zowel windturbines als zonnepanelen afzonderlijk een netaansluiting vereisen. De kosteninschatting is gebaseerd op openbaar beschikbare aansluittarieven van Liander, met een aanname dat de kabellengte afneemt door het toepassen van cable pooling.

Energiehub:

Een energiehub is een samenwerkingsverband tussen meerdere bedrijven binnen een specifiek gebied, zoals een bedrijventerrein, waarbij de deelnemende bedrijven gezamenlijk hun energieopwekking, -opslag en -verbruik optimaliseren. Via een groepscontract met de netbeheerder wordt een gezamenlijk contractvermogen vastgesteld, waardoor de groep in staat is om onderling energie uit te wisselen en piekbelastingen te verminderen. Dit draagt bij aan het verminderen van netcongestie. De kosten voor het opzetten en beheren van een energiehub zijn gebaseerd op de ontwikkeling van de hub en het afsluiten van een groeps-transportovereenkomst contract. De kosten omvatten zowel de investering voor de opzet van de energiehub als de operationele kosten voor beheer en onderhoud.

De investeringskosten voor het oprichten van een energiehub worden berekend op basis van de inhuur van twee fulltime medewerkers (FTE's) gedurende een periode van drie jaar. Deze medewerkers zijn verantwoordelijk voor de juridische en organisatorische inrichting van de hub, zoals het opstellen van contracten en de coördinatie tussen de deelnemende bedrijven. Daarnaast worden de overige opstartkosten, zoals administratieve en technische ondersteuning, even hoog ingeschat als de loonkosten van deze medewerkers. De investeringskosten worden berekend met een afschrijvingsperiode van vijf jaar. De operationele kosten omvatten de arbeidskosten van 0,5 FTE voor het dagelijkse beheer van de energiehub, waaronder de monitoring van energieverbruik en de coördinatie tussen de deelnemende bedrijven. Daarnaast worden de overige operationele kosten, zoals administratie en onderhoud van de infrastructuur, gelijk ingeschat aan de loonkosten.

Capaciteitsbeperkingscontract (CBC):

Een capaciteitsbeperkingscontract verlaagt tijdelijk het aansluitvermogen, wat de netbelasting vermindert en afnamecongestie oplost. De kosteninschatting is gebaseerd op:

- Het aantal uren dat minder geproduceerd kan worden.
- De mate waarin het bedrijf kosten ondervindt door de beperking.
- De kosten van niet kunnen produceren door netcongestie.

B. Gedetailleerde resultaten

Tabel 6.1: Koppeling van ETM output en SBI sectoren

Sectoren	ETM output
01 Landbouw	agriculture_flexibility_p2h_hydrogen_electricity.input (MW), agriculture_flexibility_p2h_network_gas_electricity.input (MW), agriculture_geothermal.input (MW), agriculture_heatpump_water_water_electricity.input (MW), agriculture_heatpump_water_water_ts_electricity.input (MW), agriculture_useful_demand_electricity.input (MW)
02 Bosbouw	agriculture_geothermal.input (MW), agriculture_heatpump_water_water_electricity.input (MW), agriculture_heatpump_water_water_ts_electricity.input (MW), agriculture_useful_demand_electricity.input (MW)
10 Voedingsmiddelenindustrie	industry_other_food_captured_co2_electricity.input (MW), industry_other_food_heater_electricity.input (MW), industry_useful_demand_for_other_food_electricity.input (MW), industry_other_food_flexibility_p2h_hydrogen_electricity.input (MW), industry_other_food_flexibility_p2h_network_gas_electricity.input (MW)
11 Drankenindustrie	industry_other_food_captured_co2_electricity.input (MW), industry_other_food_heater_electricity.input (MW), industry_useful_demand_for_other_food_electricity.input (MW), industry_other_food_flexibility_p2h_hydrogen_electricity.input (MW), industry_other_food_flexibility_p2h_network_gas_electricity.input (MW)
12 Tabaksindustrie	industry_other_food_captured_co2_electricity.input (MW), industry_other_food_heater_electricity.input (MW), industry_useful_demand_for_other_food_electricity.input (MW), industry_other_food_flexibility_p2h_hydrogen_electricity.input (MW), industry_other_food_flexibility_p2h_network_gas_electricity.input (MW)
13 Textielindustrie	industry_final_demand_for_other_non_specified_electricity.input (MW), industry_final_demand_for_other_dsr_load_shifting_electricity.input (MW)
15 Leer- en schoenenindustrie	industry_final_demand_for_other_non_specified_electricity.input (MW), industry_final_demand_for_other_dsr_load_shifting_electricity.input (MW)
16 Houtindustrie	industry_final_demand_for_other_non_specified_electricity.input (MW), industry_final_demand_for_other_dsr_load_shifting_electricity.input (MW)
17 Papierindustrie	industry_other_paper_captured_co2_electricity.input (MW), industry_other_paper_heater_electricity.input (MW), industry_useful_demand_for_other_paper_electricity.input (MW), industry_other_paper_flexibility_p2h_hydrogen_electricity.input (MW), industry_other_paper_flexibility_p2h_network_gas_electricity.input (MW)
18 Grafische industrie	industry_final_demand_for_other_non_specified_electricity.input (MW), industry_final_demand_for_other_dsr_load_shifting_electricity.input (MW)
20 Chemische industrie	industry_chemical_other_captured_co2_electricity.input (MW), industry_chemicals_other_heater_electricity.input (MW), industry_chemicals_other_heatpump_water_water_electricity.input (MW), industry_chemicals_other_steam_recompression_electricity.input (MW), industry_chemicals_refineries_captured_co2_electricity.input (MW), industry_useful_demand_for_chemical_other_electricity.input (MW),

	energy_chemical_other_transformation_external_coupling_node.input (MW), industry_chemicals_other_flexibility_p2h_hydrogen_electricity.input (MW), industry_chemicals_other_flexibility_p2h_network_gas_electricity.input (MW), industry_final_demand_for_chemical_dsr_load_shifting_electricity.input (MW), industry_chemicals_fertilizers_captured_combustion_co2_electricity.input (MW), industry_chemicals_fertilizers_captured_processes_co2_electricity.input (MW), industry_useful_demand_for_chemical_fertilizers_electricity.input (MW), energy_chemical_fertilizers_transformation_external_coupling_node.input (MW), industry_chemicals_fertilizers_flexibility_p2h_hydrogen_electricity.input (MW), industry_chemicals_fertilizers_flexibility_p2h_network_gas_electricity.input (MW)
21 Farmaceutische industrie	industry_chemical_other_captured_co2_electricity.input (MW), industry_chemicals_other_heater_electricity.input (MW), industry_chemicals_other_heatpump_water_water_electricity.input (MW), industry_chemicals_other_steam_recompression_electricity.input (MW), industry_chemicals_refineries_captured_co2_electricity.input (MW), industry_useful_demand_for_chemical_other_electricity.input (MW), energy_chemical_other_transformation_external_coupling_node.input (MW), industry_chemicals_other_flexibility_p2h_hydrogen_electricity.input (MW), industry_chemicals_other_flexibility_p2h_network_gas_electricity.input (MW), industry_final_demand_for_chemical_dsr_load_shifting_electricity.input (MW)
22 Rubber- en kunststofproductindustrie	industry_chemical_other_captured_co2_electricity.input (MW), industry_chemicals_other_heater_electricity.input (MW), industry_chemicals_other_heatpump_water_water_electricity.input (MW), industry_chemicals_other_steam_recompression_electricity.input (MW), industry_chemicals_refineries_captured_co2_electricity.input (MW), industry_useful_demand_for_chemical_other_electricity.input (MW), energy_chemical_other_transformation_external_coupling_node.input (MW), industry_chemicals_other_flexibility_p2h_hydrogen_electricity.input (MW), industry_chemicals_other_flexibility_p2h_network_gas_electricity.input (MW)
23 Bouwmaterialenindustrie	industry_final_demand_for_other_non_specified_electricity.input (MW), industry_final_demand_for_other_dsr_load_shifting_electricity.input (MW)
24 Basismetalenindustrie	industry_final_demand_for_metal_other_metals_electricity.input (MW), industry_final_demand_for_metal_dsr_load_shifting_electricity.input (MW), industry_final_demand_for_metal_aluminium_electricity.input (MW)
25 Metaalproductenindustrie	industry_final_demand_for_metal_other_metals_electricity.input (MW), industry_final_demand_for_metal_dsr_load_shifting_electricity.input (MW), industry_final_demand_for_metal_aluminium_electricity.input (MW)
26 Elektrotechnische industrie	industry_final_demand_for_other_non_specified_electricity.input (MW), industry_final_demand_for_other_dsr_load_shifting_electricity.input (MW)
27 Elektrische apparatenindustrie	industry_final_demand_for_other_non_specified_electricity.input (MW), industry_final_demand_for_other_dsr_load_shifting_electricity.input (MW)
28 Machine-industrie	industry_final_demand_for_other_non_specified_electricity.input (MW), industry_final_demand_for_other_dsr_load_shifting_electricity.input (MW)
29 Auto- en aanhangwagenindustrie	industry_final_demand_for_other_non_specified_electricity.input (MW), industry_final_demand_for_other_dsr_load_shifting_electricity.input (MW)
30 Overige transportmiddelenindustrie	industry_final_demand_for_other_non_specified_electricity.input (MW), industry_final_demand_for_other_dsr_load_shifting_electricity.input (MW)
31 Meubelindustrie	industry_final_demand_for_other_non_specified_electricity.input (MW), industry_final_demand_for_other_dsr_load_shifting_electricity.input (MW)
32 Overige industrie	industry_final_demand_for_other_non_specified_electricity.input (MW), industry_final_demand_for_other_dsr_load_shifting_electricity.input (MW)
33 Reparatie en installatie van machines	industry_final_demand_for_other_non_specified_electricity.input (MW), industry_final_demand_for_other_dsr_load_shifting_electricity.input (MW)
36 Waterleidingbedrijven	industry_final_demand_for_other_non_specified_electricity.input (MW), industry_final_demand_for_other_dsr_load_shifting_electricity.input (MW)
37 Afvalwaterinzameling en -behandeling	industry_final_demand_for_other_non_specified_electricity.input (MW), industry_final_demand_for_other_dsr_load_shifting_electricity.input (MW)
38 Afvalbehandeling en recycling	industry_final_demand_for_other_non_specified_electricity.input (MW), industry_final_demand_for_other_dsr_load_shifting_electricity.input (MW)
45 Autohandel en -reparatie	industry_final_demand_for_other_non_specified_electricity.input (MW), industry_final_demand_for_other_dsr_load_shifting_electricity.input (MW), buildings_cooling_collective_heatpump_water_water_ts_electricity.input (MW), buildings_cooling_heatpump_air_water_electricity.input (MW), buildings_space_heater_collective_heatpump_water_water_ts_electricity.input (MW), buildings_space_heater_electricity.input (MW), buildings_space_heater_heatpump_air_water_electricity.input (MW), buildings_cooling_heatpump_surface_water_water_ts_electricity.input (MW), buildings_space_heater_heatpump_surface_water_water_ts_electricity.input (MW), buildings_cooling_collective_heatpump_water_water_ts_electricity.input (MW), buildings_cooling_heatpump_air_water_electricity.input (MW), buildings_space_heater_collective_heatpump_water_water_ts_electricity.input (MW), buildings_space_heater_electricity.input (MW), buildings_space_heater_heatpump_air_water_electricity.input (MW), buildings_cooling_heatpump_surface_water_water_ts_electricity.input (MW), buildings_space_heater_heatpump_surface_water_water_ts_electricity.input (MW), buildings_space_heater_hybrid_heatpump_air_water_electricity.input (MW), buildings_space_heater_hybrid_hydrogen_heatpump_air_water_electricity.input (MW), buildings_space_heater_hybrid_crude_oil_heatpump_air_water_electricity.input (MW)
46 Groothandel en handelsbemiddeling	buildings_cooling_collective_heatpump_water_water_ts_electricity.input (MW), buildings_cooling_heatpump_air_water_electricity.input (MW), buildings_space_heater_collective_heatpump_water_water_ts_electricity.input (MW), buildings_space_heater_electricity.input (MW)

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

	buildings_space_heater_heatpump_surface_water_water_ts_electricity.input (MW), buildings_cooling_collective_heatpump_water_water_ts_electricity.input (MW), buildings_cooling_heatpump_air_water_electricity.input (MW), buildings_space_heater_collective_heatpump_water_water_ts_electricity.input (MW), buildings_space_heater_electricity.input (MW), buildings_space_heater_heatpump_air_water_electricity.input (MW), buildings_cooling_heatpump_surface_water_water_ts_electricity.input (MW), buildings_space_heater_heatpump_surface_water_water_ts_electricity.input (MW), buildings_space_heater_hybrid_heatpump_air_water_electricity.input (MW), buildings_space_heater_hybrid_hydrogen_heatpump_air_water_electricity.input (MW), buildings_space_heater_hybrid_crude_oil_heatpump_air_water_electricity.input (MW)
Energieproducenten duurzame energie	

Tabel 6.2: Inzet van mitigerende maatregelen

Sectoren	Zonne- panelen	Windturbines	Diesel aggregaat	WKK	Flexibel energie verbruik	Energie- opslag (batterij)	Elektriciteits- besparing	Cable- pooling	Energie- hub	CBC
01 Landbouw	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓
02 Bosbouw	✓	✓	✓		✓	✓	✓			✓
10 Voedingsmiddelenindustrie	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	
11 Drankenindustrie	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	
12 Tabaksindustrie	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	
13 Textielindustrie	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	
15 Leer- en schoenenindustrie	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	
16 Houtindustrie	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	
17 Papierindustrie	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
18 Grafische industrie	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	
20 Chemische industrie	✓	✓	✓	✓			✓		✓	
21 Farmaceutische industrie	✓	✓	✓	✓			✓		✓	
22 Rubber- en kunststofproductindustrie	✓	✓	✓	✓			✓		✓	
23 Bouwmaterialenindustrie	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	
24 Basismetalenindustrie	✓	✓	✓	✓			✓		✓	
25 Metaalproductenindustrie	✓	✓	✓	✓			✓		✓	
26 Elektrotechnische industrie	✓	✓	✓			✓	✓		✓	
27 Elektrische apparatenindustrie	✓	✓	✓			✓	✓		✓	
28 Machine-industrie	✓	✓	✓			✓	✓		✓	
29 Auto- en aanhangwagenindustrie	✓	✓	✓			✓	✓		✓	
30 Overige transportmiddelenindustrie	✓	✓	✓			✓	✓		✓	
31 Meubelindustrie	✓	✓	✓			✓	✓		✓	
32 Overige industrie	✓	✓	✓			✓	✓		✓	
33 Reparatie en installatie van machines	✓		✓			✓	✓			
36 Waterleidingbedrijven	✓		✓			✓	✓			
37 Afvalwaterinzameling en -behandeling	✓		✓			✓	✓			
38 Afvalbehandeling en recycling	✓		✓			✓	✓			
45 Autohandel en -reparatie	✓		✓		✓	✓	✓			✓
46 Groothandel en handelsbemiddeling	✓		✓		✓	✓	✓			✓
47 Detailhandel (niet in auto's)	✓		✓		✓	✓	✓			✓
49 Vervoer over land	✓		✓		✓	✓	✓		✓	✓
52 Opslag, dienstverlening voor vervoer	✓		✓		✓	✓	✓		✓	✓
53 Post en koeriers	✓		✓		✓	✓	✓		✓	✓
58 Uitgeverijen	✓		✓		✓	✓	✓			✓
59-60 Film, TV en radio	✓		✓		✓	✓	✓			✓
61 Telecommunicatie	✓		✓		✓	✓	✓			✓
62-63 IT- en informatiedienstverlening	✓		✓				✓			
64 Bankwezen	✓		✓		✓	✓	✓			✓
65 Verzekeraars en pensioenfondsen	✓		✓		✓	✓	✓			✓
66 Overige financiële dienstverlening	✓		✓		✓	✓	✓			✓
69-70 Juridisch en managementadvies	✓		✓		✓	✓	✓			✓
71 Architecten-, ingenieursbureaus e.d.	✓		✓		✓	✓	✓			✓
72 Research	✓		✓		✓	✓	✓			✓
73 Reclamewezen en marktonderzoek	✓		✓		✓	✓	✓			✓
74-75 Overige professionele diensten	✓		✓		✓	✓	✓			✓
77 Verhuur van roerende goederen	✓		✓		✓	✓	✓			✓
78 Uitzendbureaus en arbeidsbemiddeling	✓		✓		✓	✓	✓			✓
79 Reisbureaus, reisorganisatie en -info	✓		✓		✓	✓	✓			✓
80-82 Overige zakelijke dienstverlening	✓		✓		✓	✓	✓			✓
86 Gezondheidszorg	✓		✓		✓	✓	✓			✓
87-88 Verzorging en welzijn	✓		✓		✓	✓	✓			✓
90-92 Kunst, cultuur en kansspelen	✓		✓		✓	✓	✓			✓
93 Sport en recreatie	✓		✓		✓	✓	✓			✓
94 Ideële, belangen-, hobbyverenigingen	✓		✓		✓	✓	✓			✓
95 Reparatie van consumentenartikelen	✓		✓		✓	✓	✓			✓
96 Overige persoonlijke dienstverlening	✓		✓		✓	✓	✓			✓
Energieproducenten duurzame energie						✓		✓	✓	

Tabel 6.3: Overzicht van de gealloceerde profielarchetype per SBI sector

Sectoren	Algoritmisch profiel (huidig)	Expert judgment (huidig)	Algoritmisch profiel (toekomstgericht)	Expert judgment (toekomstgericht)
01 Landbouw	Tafelberg		Tafelberg	
02 Bosbouw	Tafelberg		Tafelberg	

10 Voedingsmiddelenindustrie	Gepiekt		Gepiekt	
11 Drankenindustrie	Gepiekt		Gepiekt	
12 Tabaksindustrie	Gepiekt		Gepiekt	
13 Textielindustrie	Tafelberg		Vlak	
15 Leer- en schoenenindustrie	Tafelberg		Vlak	
16 Houtindustrie	Tafelberg		Vlak	
17 Papierindustrie	Gepiekt		Gepiekt	
18 Grafische industrie	Tafelberg		Vlak	
20 Chemische industrie	Vlak	Gepiekt	Vlak	Gepiekt
21 Farmaceutische industrie	Vlak	Gepiekt	Vlak	Gepiekt
22 Rubber- en kunststofproductindustrie	Vlak	Gepiekt	Vlak	Gepiekt
23 Bouwmaterialenindustrie	Tafelberg		Vlak	
24 Basismetalenindustrie	Vlak		Vlak	
25 Metaalproductenindustrie	Vlak		Vlak	
26 Elektrotechnische industrie	Tafelberg		Vlak	
27 Elektrische apparatenindustrie	Tafelberg		Vlak	
28 Machine-industrie	Tafelberg		Vlak	
29 Auto- en aanhangwagenindustrie	Tafelberg		Vlak	
30 Overige transportmiddelenindustrie	Tafelberg		Vlak	
31 Meubelindustrie	Tafelberg		Vlak	
32 Overige industrie	Tafelberg		Vlak	
33 Reparatie en installatie van machines	Tafelberg		Vlak	
36 Waterleidingbedrijven	Tafelberg		Vlak	
37 Afvalwaterinzameling en -behandeling	Tafelberg		Vlak	
38 Afvalbehandeling en recycling	Tafelberg		Vlak	
45 Autohandel en -reparatie	Tafelberg		Tafelberg	
46 Groothandel en handelsbemiddeling	Tafelberg		Tafelberg	
47 Detailhandel (niet in auto's)	Tafelberg		Tafelberg	
49 Vervoer over land	Tafelberg		Tafelberg	
52 Opslag, dienstverlening voor vervoer	Tafelberg		Tafelberg	
53 Post en koeriers	Gepiekt	Vlak	Gepiekt	Vlak
58 Uitgeverijen	Tafelberg		Tafelberg	
59-60 Film, TV en radio	Tafelberg		Tafelberg	
61 Telecommunicatie	Tafelberg		Tafelberg	
62-63 IT- en informatiedienstverlening	Vlak	Tafelberg	Vlak	Tafelberg
64 Bankwezen	Tafelberg		Tafelberg	
65 Verzekeraars en pensioenfondsen	Tafelberg		Tafelberg	
66 Overige financiële dienstverlening	Tafelberg		Tafelberg	
69-70 Juridisch en managementadvies	Tafelberg		Tafelberg	
71 Architecten-, ingenieursbureaus e.d.	Tafelberg		Tafelberg	
72 Research	Tafelberg		Tafelberg	
73 Reclamewezen en marktonderzoek	Tafelberg		Tafelberg	
74-75 Overige professionele diensten	Tafelberg		Tafelberg	
77 Verhuur van roerende goederen	Tafelberg		Tafelberg	
78 Uitzendbureaus en arbeidsbemiddeling	Tafelberg		Tafelberg	
79 Reisbureaus, reisorganisatie en -info	Tafelberg		Tafelberg	
80-82 Overige zakelijke dienstverlening	Tafelberg		Tafelberg	
86 Gezondheidszorg	Tafelberg		Tafelberg	

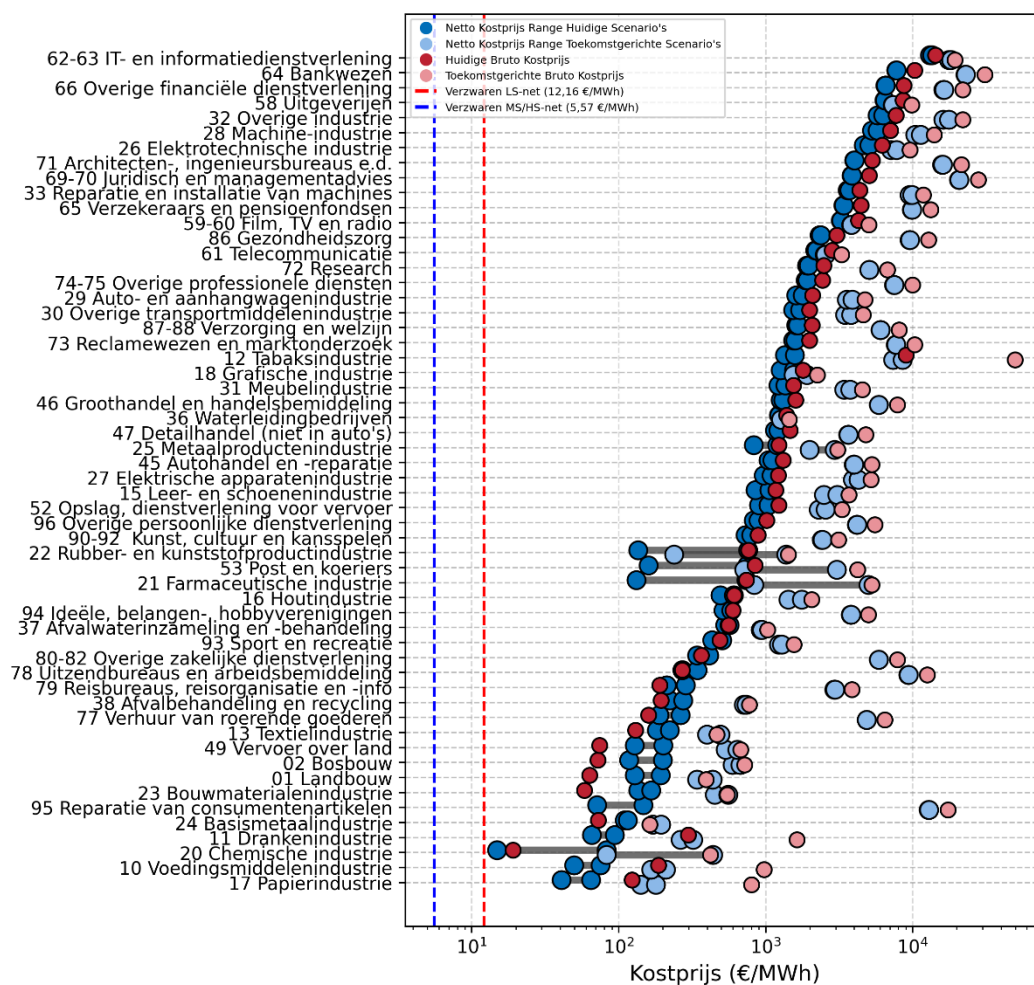
87-88 Verzorging en welzijn	Tafelberg		Tafelberg	
90-92 Kunst, cultuur en kansspelen	Tafelberg		Tafelberg	
93 Sport en recreatie	Tafelberg		Tafelberg	
94 Ideële, belangen-, hobbyverenigingen	Tafelberg		Tafelberg	
95 Reparatie van consumentenartikelen	Tafelberg		Tafelberg	
96 Overige persoonlijke dienstverlening	Tafelberg		Tafelberg	
Energieproducenten duurzame energie	Tafelberg	Gepiekt	Tafelberg	Gepiekt

Tabel 6.4: Resultaten netto kostprijspost 1 (gederfde toegevoegde waarde) per SBI sector

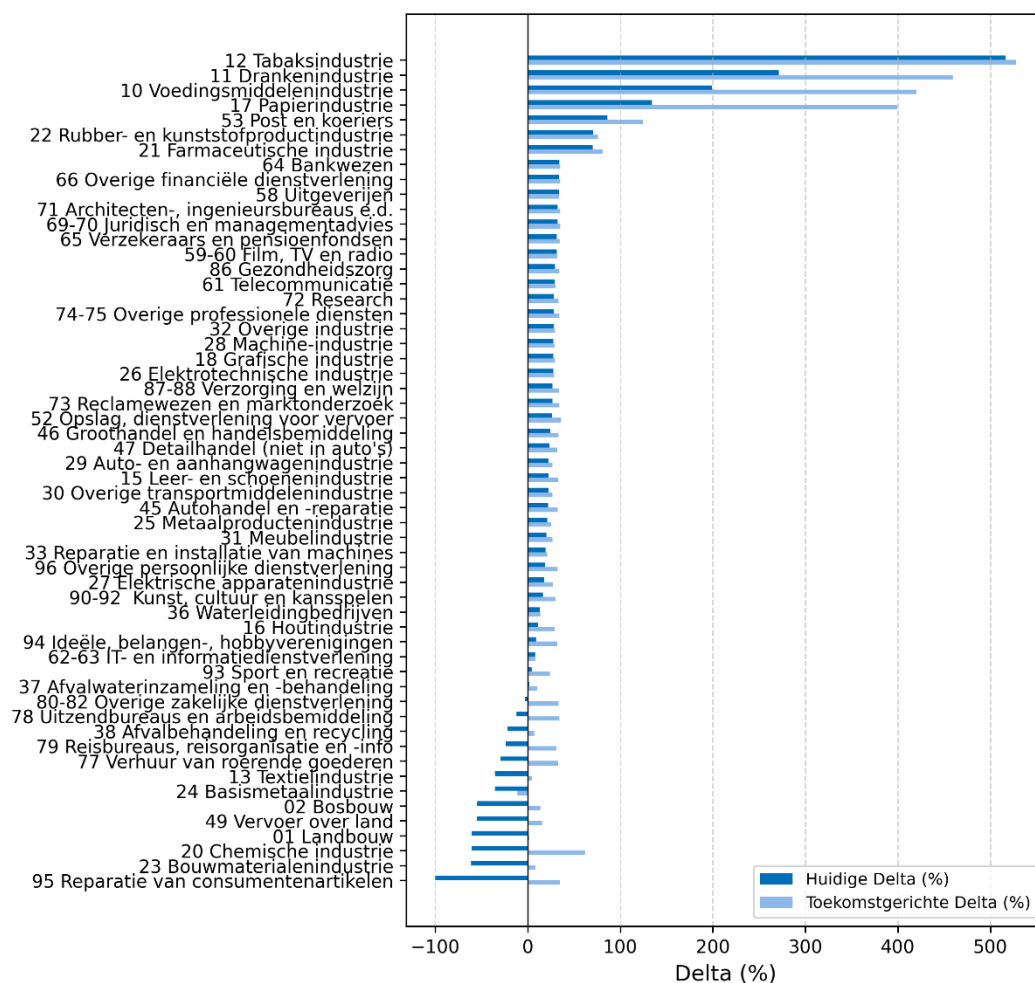
Sectoren	Huidig scenario: algoritisch - brede set MM	Huidig scenario: algoritisch - smalle set MM	Toekomst- gericht scenario: algoritisch - brede set MM	Toekomst- gericht scenario: algoritisch - smalle set MM	Huidig scenario: expert judgment - brede set MM	Huidig scenario: expert judgment - smalle set MM	Toekomst- gericht scenario: expert judgment - brede set MM	Toekomst- gericht scenario: expert judgment - smalle set MM
01 Landbouw	€ 128	€ 193	€ 342	€ 434				
02 Bosbouw	€ 118	€ 200	€ 595	€ 671				
10 Voedingsmiddelenindustrie	€ 50	€ 75	€ 166	€ 210				
11 Drankenindustrie	€ 66	€ 94	€ 263	€ 322				
12 Tabaksindustrie	€ 1,353	€ 1,580	€ 7,372	€ 8,532				
13 Textielindustrie	€ 182	€ 223	€ 399	€ 492				
15 Leer- en schoenenindustrie	€ 855	€ 1,057	€ 2,484	€ 3,075				
16 Houtindustrie	€ 492	€ 608	€ 1,424	€ 1,762				
17 Papierindustrie	€ 41	€ 65	€ 141	€ 180				
18 Grafische industrie	€ 1,259	€ 1,557	€ 1,547	€ 1,914				
20 Chemische industrie	€ 83	€ 60	€ 332	€ 438	€ 21	€ 15	€ 83	€ 110
21 Farmaceutische industrie	€ 529	€ 738	€ 3,334	€ 5,006	€ 132	€ 185	€ 834	€ 1,252
22 Rubber- en kunststofproductindustrie	€ 543	€ 760	€ 952	€ 1,383	€ 136	€ 190	€ 238	€ 346
23 Bouwmateriale industrie	€ 135	€ 166	€ 451	€ 557				
24 Basismetallindustrie	€ 116	€ 110	€ 171	€ 195				
25 Metaalproductenindustrie	€ 828	€ 1,194	€ 1,985	€ 2,953				
26 Elektrotechnische industrie	€ 4,653	€ 5,083	€ 7,137	€ 7,775				
27 Elektrische apparatenindustrie	€ 971	€ 1,093	€ 3,908	€ 4,276				
28 Machine-industrie	€ 5,284	€ 5,767	€ 10,426	€ 11,340				
29 Auto- en aanhangwagenindustrie	€ 1,609	€ 1,784	€ 3,561	€ 3,899				
30 Overige transportmiddelenindustrie	€ 1,538	€ 1,707	€ 3,478	€ 3,810				
31 Meubelindustrie	€ 1,217	€ 1,359	€ 3,428	€ 3,755				
32 Overige industrie	€ 5,761	€ 6,284	€ 16,210	€ 17,608				
33 Reparatie en installatie van machines	€ 3,721	€ 3,614	€ 9,940	€ 9,551				
36 Waterleidingbedrijven	€ 1,227	€ 1,233	€ 1,269	€ 1,273				
37 Afvalwaterinzameling en -behandeling	€ 529	€ 566	€ 924	€ 944				

38 Afvalbehandeling en recycling	€ 223	€ 274	€ 712	€ 741				
45 Autohandel en -reparatie	€ 1,045	€ 1,106	€ 3,972	€ 3,989				
46 Groothandel en handelsbemiddeling	€ 1,260	€ 1,318	€ 5,899	€ 5,888				
47 Detailhandel (niet in auto's)	€ 1,159	€ 1,218	€ 3,641	€ 3,663				
49 Vervoer over land	€ 128	€ 201	€ 533	€ 642				
52 Opslag, dienstverlening voor vervoer	€ 902	€ 1,043	€ 2,299	€ 2,563				
53 Post en koeriers	€ 160	€ 188	€ 713	€ 762	€ 638	€ 751	€ 2,854	€ 3,046
58 Uitgeverijen	€ 6,455	€ 6,435	€ 7,368	€ 7,334				
59-60 Film, TV en radio	€ 3,241	€ 3,270	€ 3,806	€ 3,826				
61 Telecommunicatie	€ 2,169	€ 2,213	€ 2,513	€ 2,552				
62-63 IT- en informatiedienstverlening	€ 13,072	€ 13,521	€ 17,636	€ 18,235	€ 13,072	€ 13,521	€ 17,636	€ 18,235
64 Bankwezen	€ 7,749	€ 7,710	€ 23,033	€ 22,764				
65 Verzekeraars en pensioenfondsen	€ 3,371	€ 3,397	€ 9,940	€ 9,867				
66 Overige financiële dienstverlening	€ 6,544	€ 6,522	€ 16,358	€ 16,189				
69-70 Juridisch en managementadvies	€ 3,834	€ 3,854	€ 20,836	€ 20,600				
71 Architecten-, ingenieursbureaus e.d.	€ 4,008	€ 4,025	€ 16,029	€ 15,866				
72 Research	€ 1,910	€ 1,959	€ 5,065	€ 5,066				
73 Reclamewezen en marktonderzoek	€ 1,541	€ 1,595	€ 7,719	€ 7,680				
74-75 Overige professionele diensten	€ 1,875	€ 1,923	€ 7,495	€ 7,460				
77 Verhuur van roerende goederen	€ 190	€ 264	€ 4,861	€ 4,865				
78 Uitzendbureaus en arbeidsbemiddeling	€ 272	€ 344	€ 9,364	€ 9,300				
79 Reisbureaus, reisorganisatie en -info	€ 212	€ 286	€ 2,929	€ 2,962				
80-82 Overige zakelijke dienstverlening	€ 341	€ 413	€ 5,897	€ 5,885				
86 Gezondheidszorg	€ 2,331	€ 2,373	€ 9,613	€ 9,545				
87-88 Verzorging en welzijn	€ 1,606	€ 1,659	€ 6,055	€ 6,041				
90-92 Kunst, cultuur en kansspelen	€ 730	€ 796	€ 2,397	€ 2,438				
93 Sport en recreatie	€ 434	€ 504	€ 1,226	€ 1,284				
94 Ideële, belangen-, hobbyverenigingen	€ 515	€ 584	€ 3,784	€ 3,804				
95 Reparatie van consumententartikelen	€ 71	€ 147	€ 12,937	€ 12,820				
96 Overige persoonlijke dienstverlening	€ 827	€ 891	€ 4,177	€ 4,191				

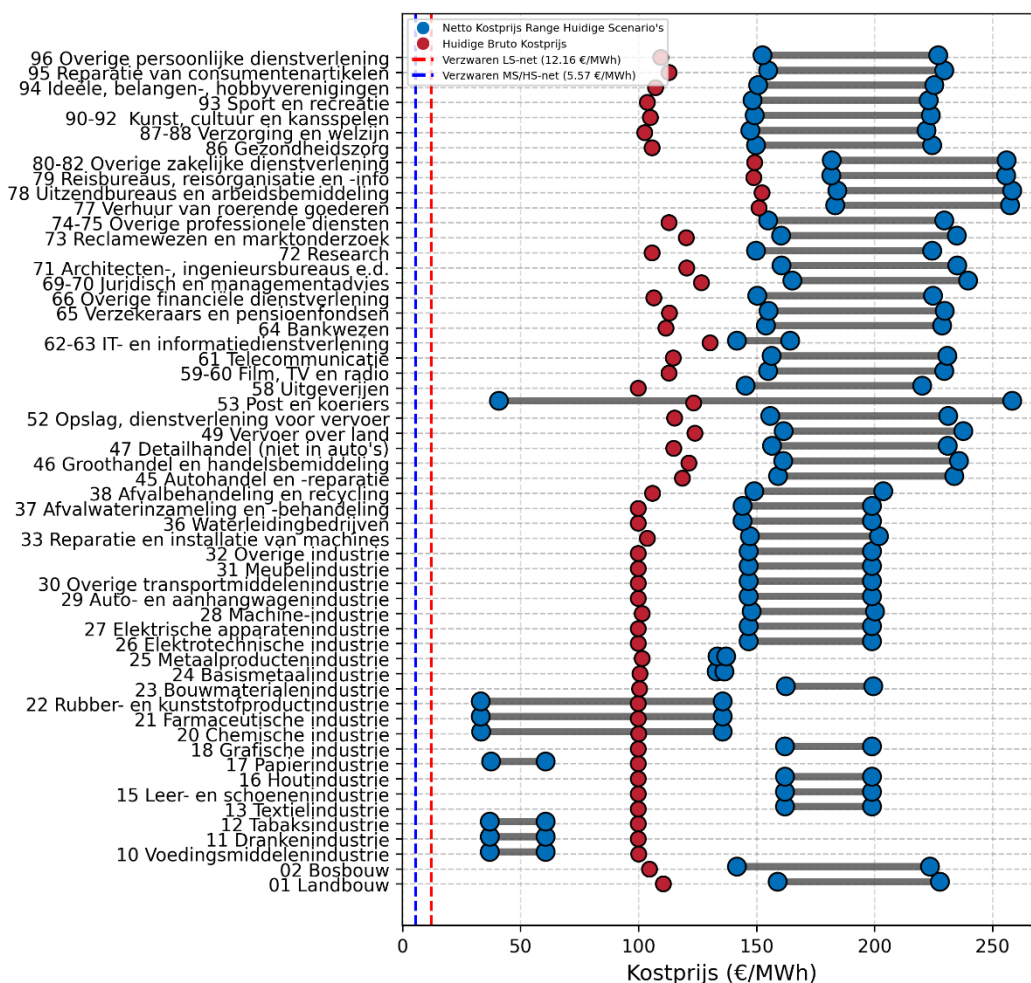
Figuur 6.1: Dumbbell-figuur voor kostprijspost 1 – gedeefde toegevoegde waarde (logaritmische x-as)



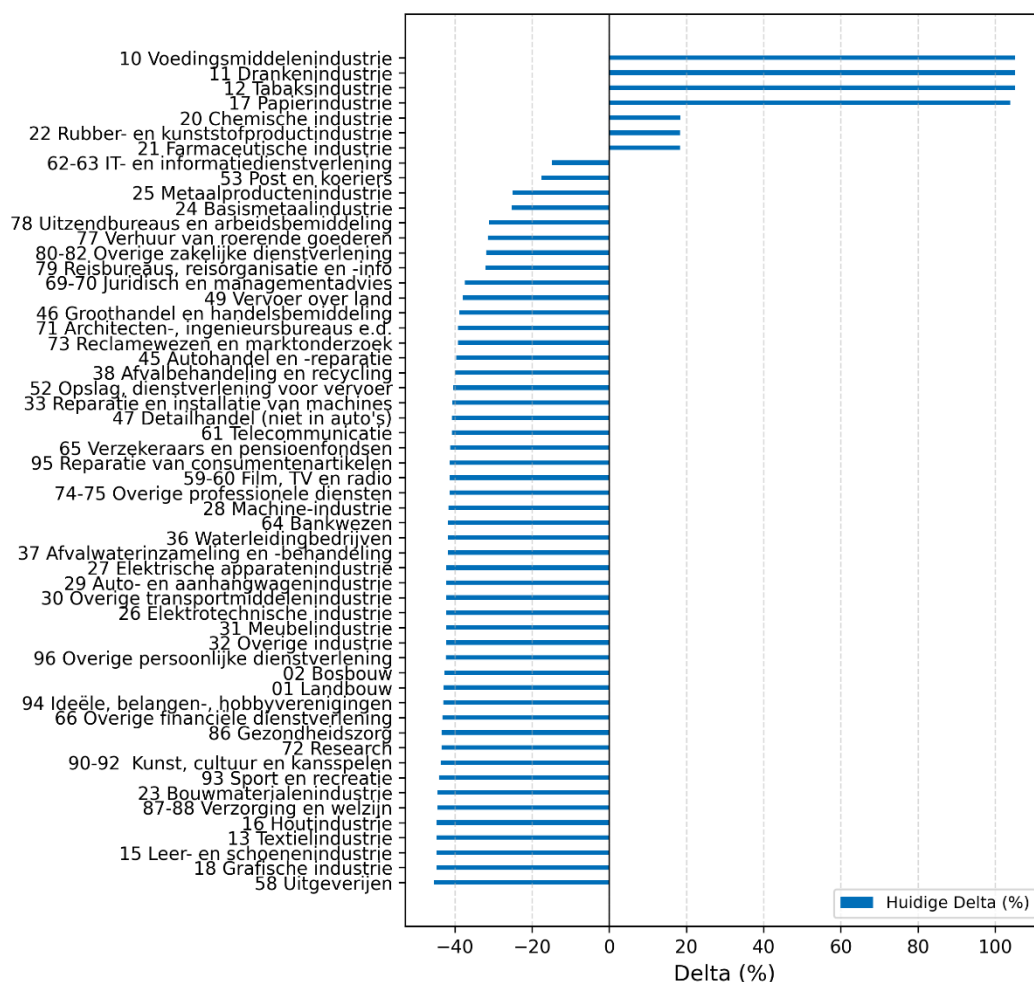
Figuur 6.2: Relatief verschil tussen bruto- en netto kostprijspost 1 – gedeelde toegevoegde waarde



Figuur 6.3: Dumbbell-figuur kostprijspost 2 – gedeelde verduurzamingsbaten



Figuur 6.4: Relatief Verschil tussen Netto en Bruto Kostprijs 2 (gederfde verduurzamingsbaten) per Sector



Tabel 6.5: Resultaten netto Kostprijspost 2 (gederfde verduurzamingsbaten) per SBI sector

Sectoren	Huidig scenario: algoritisch - brede set MM	Huidig scenario: algoritisch - smalle set MM	Huidig scenario: expert judgment - brede set MM	Huidig scenario: expert judgment - smalle set MM
01 Landbouw	€ 158.76	€ 227.68		
02 Bosbouw	€ 141.68	€ 223.49		
10 Voedingsmiddelenindustrie	€ 36.84	€ 60.58		
11 Drankenindustrie	€ 36.83	€ 60.57		
12 Tabaksindustrie	€ 36.83	€ 60.57		
13 Textielindustrie	€ 161.96	€ 198.88		
15 Leer- en schoenenindustrie	€ 161.96	€ 198.88		
16 Houtindustrie	€ 161.96	€ 198.88		
17 Papierindustrie	€ 37.40	€ 60.57		
18 Grafische industrie	€ 161.96	€ 198.88		
20 Chemische industrie	€ 132.54	€ 135.62	€ 33.13	€ 33.90
21 Farmaceutische industrie	€ 132.51	€ 135.58	€ 33.13	€ 33.89
22 Rubber- en kunststofproductindustrie	€ 132.51	€ 135.58	€ 33.13	€ 33.89
23 Bouwmaterialenindustrie	€ 162.31	€ 199.31		
24 Basismetalaalindustrie	€ 132.93	€ 136.22		
25 Metaalproductenindustrie	€ 133.42	€ 136.97		
26 Elektrotechnische industrie	€ 146.64	€ 198.88		
27 Elektrische apparatenindustrie	€ 146.64	€ 198.88		
28 Machine-industrie	€ 147.78	€ 200.10		
29 Auto- en aanhangwagenindustrie	€ 146.64	€ 198.88		
30 Overige transportmiddelenindustrie	€ 146.64	€ 198.88		
31 Meubelindustrie	€ 146.64	€ 198.88		

32 Overige industrie	€ 146.64	€ 198.88		
33 Reparatie en installatie van machines	€ 147.10	€ 201.85		
36 Waterleidingbedrijven	€ 143.98	€ 198.88		
37 Afvalwaterinzameling en -behandeling	€ 143.98	€ 198.88		
38 Afvalbehandeling en recycling	€ 148.93	€ 203.61		
45 Autohandel en -reparatie	€ 159.12	€ 233.62		
46 Groothandel en handelsbemiddeling	€ 161.19	€ 235.67		
47 Detailhandel (niet in auto's)	€ 156.42	€ 230.96		
49 Vervoer over land	€ 161.51	€ 237.56		
52 Opslag, dienstverlening voor vervoer	€ 155.66	€ 231.19		
53 Post en koeries	€ 40.71	€ 64.56	€ 162.82	€ 258.24
58 Uitgeverijen	€ 145.32	€ 220.03		
59-60 Film, TV en radio	€ 154.90	€ 229.47		
61 Telecommunicatie	€ 156.28	€ 230.82		
62-63 IT- en informatiedienstverlening	€ 141.68	€ 164.18	€ 141.68	€ 164.18
64 Bankwezen	€ 153.91	€ 228.49		
65 Verzekeraars en pensioenfondsen	€ 155.07	€ 229.63		
66 Overige financiële dienstverlening	€ 150.14	€ 224.78		
69-70 Juridisch en managementadvies	€ 165.16	€ 239.57		
71 Architecten-, ingenieursbureaus e.d.	€ 160.48	€ 234.97		
72 Research	€ 149.61	€ 224.25		
73 Reclamewezen en marktonderzoek	€ 160.36	€ 234.84		
74-75 Overige professionele diensten	€ 154.90	€ 229.47		
77 Verhuur van roerende goederen	€ 183.16	€ 257.30		
78 Uitzendbureaus en arbeidsbemiddeling	€ 184.20	€ 258.32		
79 Reisbureaus, reisorganisatie en -info	€ 181.54	€ 255.70		
80-82 Overige zakelijke dienstverlening	€ 181.77	€ 255.93		
86 Gezondheidszorg	€ 149.63	€ 224.28		
87-88 Verzorging en welzijn	€ 147.29	€ 221.97		
90-92 Kunst, cultuur en kansspelen	€ 149.06	€ 223.71		
93 Sport en recreatie	€ 148.17	€ 222.83		
94 Ideële, belangen-, hobbyverenigingen	€ 150.68	€ 225.30		
95 Reparatie van consumentenartikelen	€ 154.90	€ 229.47		
96 Overige persoonlijke dienstverlening	€ 152.35	€ 226.96		

Tabel 6.6: Resultaten netto kostprijspost 4 in per SBI sector

Sectoren	Huidig scenario: algoritmisch - brede set MM	Huidig scenario: algoritmisch - smalle set MM	Huidig scenario: expert judgment - brede set MM	Huidig scenario: expert judgment - smalle set MM
Energieproducenten duurzame energie	€ 132	€ 203	€ 33	€ 51



Postbus 4175
3006 AD Rotterdam
Nederland

Watermanweg 44
3067 GG Rotterdam
Nederland

T 010 453 88 00
F 010 453 07 68
E netherlands@ecorys.com

K.v.K. nr. 24316726

W www.ecorys.nl