

WKK-onderzoek

Onderzoek naar de effecten van de beperking
van de inputvrijstelling voor
warmtekrachtkoppelingssystemen

Trinomics 

In samenwerking met



Opdrachtgever

Ministerie van Financiën

Directie Verbruiksbelastingen, Douane en Internationale Aangelegenheden

WKK-onderzoek

Referentie: 201865004.005.136

Uitgevoerd door

Trinomics B.V.

Mauritsweg 44

3012 JV Rotterdam

The Netherlands

Auteurs

Joris Moerenhout, Nora Cheikh, Long Lam, Timo van Delzen (Trinomics)

Jeroen Buunk, Stijn Schlatmann, Thijs van Lenthe (BlueTerra)

Contactpersoon

Joris Moerenhout

Datum

Rotterdam, 1 augustus 2024

Disclaimer

Dit rapport betreft een effectenraming op macro-economisch niveau; er kunnen geen conclusies worden getrokken voor individuele bedrijven.

Trinomics

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting.....	4
1. Inleiding.....	8
1.1. Achtergrond & context.....	8
1.2. Doel & afbakening.....	8
1.3. Toelichting op beperking van de inputvrijstelling voor WKK's.....	8
1.4. Leeswijzer.....	10
2. De huidige inzet van WKK's.....	11
2.1. Geïnstalleerd vermogen.....	12
2.2. Bedrijfsvoering van de WKK.....	12
2.3. WKK in het elektriciteitssysteem.....	15
2.3.1. Elektriciteitsmarkt.....	15
2.3.2. Balanceringsmarkten.....	16
2.3.3. Netcongestie.....	17
3. Effecten op sectoren met WKK's.....	20
3.1. Type effecten & methode.....	20
3.2. Kwantitatieve effecten op macroniveau.....	23
3.2.1. Economische effecten op macroniveau.....	24
3.2.2. Klimaat- en energie-effecten op macroniveau.....	27
3.2.3. De impact van netcongestie op macroniveau.....	28
3.3. Gedetailleerde effecten per sector.....	30
3.3.1. Industrie.....	30
3.3.2. Glastuinbouw.....	37
3.3.3. Energievoorziening.....	44
3.3.4. Overige sectoren met WKK's.....	48
4. Interactie WKK-maatregel & netcongestie.....	50
4.1. De WKK & het elektriciteitsnet.....	50
4.2. Impact netcongestie op handelingsperspectief.....	51
4.3. Impact maatregel op netcongestie.....	52
5. Effecten op het elektriciteitssysteem.....	54
5.1. Impact elektriciteitsprijs.....	54
5.2. Impact import & export.....	55
5.3. Impact leveringszekerheid.....	56
5.4. Impact balanceringsmarkten & overige flexibele diensten.....	57
6. Conclusies.....	59
Bijlagen.....	63
A. Methode.....	63
B. Extra resultaten.....	72
C. Verschillen tussen dit onderzoek en 2023-studie.....	73
D. Gevoeligheid van de resultaten.....	74
E. Geraadpleegde stakeholders & experts.....	77

Managementsamenvatting

Aanleiding & doel van dit onderzoek

Gasgebruik in warmtekrachtkoppelingssystemen (WKK's) is vrijgesteld van de energiebelasting. Energiegebruik buiten WKK's wordt regulier belast. Er is dus een fiscaal voordeel voor WKK's.

De versoering van de inputvrijstelling voor WKK's (de WKK-maatregel) verkleint het fiscale voordeel voor warmte uit WKK's. De WKK-maatregel is zo ontworpen dat (bij benadering) alleen het gasgebruik voor warmteproductie wordt belast en dat het gasgebruik voor elektriciteitsproductie zo veel mogelijk vrijgesteld blijft. Ook wordt de ondergrens van 30% efficiëntie en de vrijstelling op eigen gebruik van elektriciteit uit de WKK afgeschaft.

In dit onderzoek hebben we de effecten van de WKK-maatregel in kaart gebracht op sectoren waar WKK's worden gebruikt, op netcongestie en op het elektriciteitssysteem. Per sector hebben we de economische en verduurzamingsimpact onderzocht. Omdat WKK's een relevante rol spelen in het elektriciteitssysteem hebben we ook de impact op het elektriciteitssysteem en de interactie met elektriciteitsnetcongestie onderzocht. Het doel van het onderzoek was een objectieve effectendoorrekening; we doen verder geen aanbevelingen over de WKK-maatregel.

Methode & interpretatie van resultaten

Omdat effectenramingen inherent onzeker zijn hebben we verschillende methoden toegepast. We hebben gebruik gemaakt van modellen waarin op installatie- (industrie) of bedrijfsprofielniveau (glastuinbouw) wordt geraamd of een bepaalde verduurzamingsoptie rendabel wordt door de WKK-maatregel. Voor het deel van de sectoren waar geen informatie op bedrijfsprofielniveau beschikbaar was, zijn de effecten gemodelleerd met elasticiteiten. Ook hebben we de spreiding van de effecten binnen sectoren geschetst met bedrijfsprofielen en hebben we verschillende gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. Om de impact van de WKK-maatregel op netcongestie in kaart te brengen, is een ruimtelijke analyse uitgevoerd en voor de analyse van het elektriciteitssysteem is gebruik gemaakt van BlueTerra's elektriciteitsmarktmodel. Tot slot zijn kwalitatieve analyses uitgevoerd, onder andere op basis van interviews. Toch is een effectenraming aan onzekerheden onderhevig. Daarnaast kunnen geen conclusies worden getrokken voor individuele bedrijven.

Het effect van de WKK-maatregel is gelijk aan het verschil tussen een scenario met de WKK-maatregel en het scenario zonder de WKK-maatregel (het basispad). Het basispad is een scenario van de toekomstige situatie met verschillende beleids- en marktontwikkelingen (maar zonder de WKK-maatregel). Voor 2025 hebben we enkel statische effecten in beeld gebracht: het effect van de WKK-maatregel bij gelijkblijvend energiegebruik en zonder gedragsverandering.¹ Voor 2030 en 2035 is het niet realistisch om aan te nemen dat bedrijven niet reageren op ontwikkelingen. Voor deze jaren hebben we daarom de dynamische effecten geraamd, rekening houdend met gedragsveranderingen (zoals veranderingen in energiegebruik door prijsveranderingen).

Overkoepelende resultaten & conclusies

De WKK-maatregel verhoogt de lasten voor de meeste bedrijven met een WKK, maar ook voor gasgestookte elektriciteitscentrales. De totale geraamde stijging is zo'n €330 miljoen in 2030. Alleen bij een aantal WKK's (in de industrie) met een efficiëntie van <30% leidt de WKK-maatregel tot lagere lasten. Door de vormgeving van de WKK-maatregel, de degressieve energiebelastingtarieven² en de verschillende karakteristieken van bedrijven verschillen de effecten per sector en bedrijf:

- **Bij bedrijven met een relatief laag gasgebruik wordt het gasgebruik in de WKK na de WKK-maatregel tegen een hoog tarief belast** als gevolg van de degressieve tarieven.

¹ Statische resultaten: impact WKK-maatregel bij energiegebruik '21, gecorrigeerd voor geraamde verandering productieniveau

² Het marginale belastingtarief neemt af naarmate het gebruik stijgt. Zie Tabel 1-2 op pagina 9.

- **Centrales met lage rendementen ondervinden relatief hoge lasten**, omdat de resterende vrijstelling afhangt van het rendement. Hoe lager het rendement van een installatie, des te lager het deel van het gasgebruik dat vrijgesteld blijft. Het rendement daalt naarmate een WKK flexibeler wordt ingezet, terwijl flexibele inzet gewenst is vanuit transitieperspectief.
- **Bedrijven die een relatief groot deel van de opgewekte elektriciteit zelf gebruiken ondervinden hogere kosten dan bedrijven die meer aan het net leveren**, omdat eigen gebruik zwaarder wordt belast door de WKK-maatregel dan netlevering.

De WKK-maatregel verlaagt de onrendabele top van verschillende verduurzamingsopties. Hiermee leidt de WKK-maatregel tot een jaarlijkse emissiereductie van 0,40 MtCO_{2e} in 2030 en stimuleert het verdere verduurzaming. Het gros van de geraamde emissiereductie (0,33 MtCO_{2e}) vindt plaats in de glastuinbouw. Het resterende deel (0,06 MtCO_{2e}) vindt plaats in de voedings- en genotsmiddelensector. De verduurzamingsprikkel van de WKK-maatregel in de industrie is beperkt. De WKK-maatregel verbetert de business case voor de inzet van groen gas en groene waterstof niet, omdat beide hetzelfde worden belast als aardgas. Voor andere opties verlaagt de WKK-maatregel de onrendabele top en daarmee de benodigde subsidiebehoefte om deze te overbruggen.

Bedrijven zijn beperkt in staat om de lastenverzwaring te dempen via rendabele investeringen in verduurzaming, waardoor de concurrentiepositie achteruitgaat. De beperkte geraamde emissiereductie laat zien dat het zeer onwaarschijnlijk is dat het merendeel van de bedrijven de lastenverhoging grotendeels kan voorkomen door *rendabele* verduurzamingsinvesteringen.³ Afhankelijk van sector- en bedrijfsspecifieke omstandigheden zullen bedrijven de resterende lastenverhoging doorberekenen in de prijs, of absorberen. Ook als een bedrijf de kostenverhoging kan absorberen verslechtert de concurrentiepositie (want lagere winstgevendheid). Het doorberekenen van de kosten van de WKK-maatregel leidt tot hogere prijzen voor de klanten van bedrijven met een WKK (bijvoorbeeld hogere elektriciteitsprijzen en warmtetarieven).

De WKK-maatregel valt samen met andere ontwikkelingen die kostenverhogend werken voor WKK's, waardoor het aantal draaiuren naar verwachting zal afnemen. Tegelijkertijd neemt naar verwachting het aantal uren met hoge elektriciteitsprijzen toe (ongeacht de WKK-maatregel), waardoor de WKK nog financieel aantrekkelijk blijft voor flexibele inzet. Als het aantal draaiuren onvoldoende wordt om rendabel te opereren kan de WKK uit bedrijf worden genomen. Het minimaal aantal draaiuren voor rendabele inzet verschilt per bedrijf.

Resultaten & conclusies per sector

De glastuinbouw ondervindt de grootste lastenverzwaring. Dit komt doordat meer dan 80% van het gasgebruik in de sector in de WKK wordt gebruikt (en dus was vrijgesteld) in combinatie met het degressieve belastingstelsel. In de glastuinbouw zijn er relatief veel bedrijven die in de lagere schijven vallen waarvoor hogere tarieven gelden. In 2030 bedraagt de geraamde lastenstijging zo'n €220 miljoen per jaar (+77%) ten opzichte van het basispad (de lasten in 2030 zonder de WKK-maatregel). Kanttekeningen bij de hoge stijging zijn de gunstige uitgangspositie (groot aandeel vrijgesteld gasgebruik) en de relatief lage overige klimaatkosten ten opzichte van de industrie en de energiesector.⁴ De WKK-maatregel vertaalt zich in een stijging van de bedrijfskosten in de glastuinbouw (4% op sectorniveau in 2030). Dit wordt verklaard door het grote aandeel WKK-gebruik, het relatief lage gasgebruik per bedrijf en het grote aandeel energiekosten in de totale bedrijfskosten.

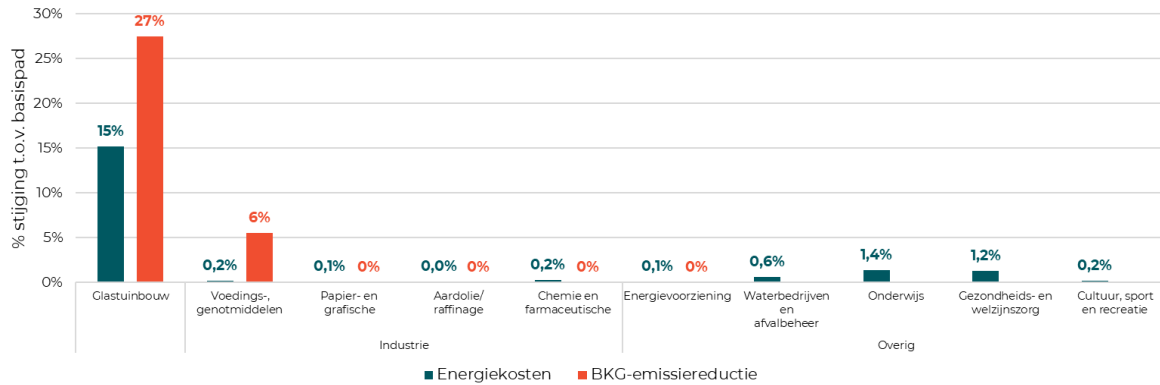
De beperking van het fiscale voordeel voor WKK's versterkt de prikkel op verduurzaming, maar verslechtert de concurrentiepositie van de glastuinbouw. Met name warmtepompen worden een interessant alternatief voor de invulling van de basislast. Subsidies spelen hierbij een belangrijke rol (warmtepompen worden volgens onze raming enkel rendabel in combinatie met de SDE++). Congestie kan de mogelijkheden voor verduurzaming echter belemmeren. Bij de belichte tuinbouw

³ Dit betekent niet dat partijen technisch niet kunnen verduurzamen, hoewel dit het geval kan zijn (door o.a. netcongestie), maar dat duurzame productietechnieken duurder blijven dan de huidige productietechniek, ondanks de WKK-maatregel.

⁴ Zo heeft de industrie al te maken met het ETS en de CO₂-heffing en de energiesector met het ETS.

zijn de mogelijkheden om WKK's uit te schakelen en te belichten vanuit het net bijvoorbeeld beperkt. Globaal verliezen tuinbouwers met een WKK door de maatregel een goede uitgangspositie met relatief lage (netto) energiekosten. Dit vergroot het weglekrisico significant; het is niet waarschijnlijk dat de hogere lasten volledig kunnen worden doorberekend zonder verlies van marktaandeel.

Geraamde impact WKK-maatregel op de energiekosten en BKG-emissiereductie op sectorniveau in 2030



Voorbeeld: Door de WKK-maatregel valt de geraamde BKG-emissiereductie in 2030 6% hoger uit in de voedings- en genotmiddelenindustrie dan zonder de WKK-maatregel.

In de **industriële sectoren** stijgen de lasten ook merkbaar, maar beperkter op sectorniveau. De impact op de energie- en bedrijfskosten op sectorniveau zijn relatief klein. De hoogste stijging in energiekosten is +0,20% en in bedrijfskosten +0,05% (t.o.v. het basispad). Op bedrijfsniveau kan de impact groter zijn (de maximale stijging van de energiekosten op bedrijfsprofielniveau is 13% in 2035).

In de industrie verwachten we dat de WKK-maatregel slechts een beperkte invloed heeft op de keuzes omtrent verduurzaming, omdat de kostenverhoging relatief klein is ten opzichte van de energie- en CO₂-kosten (ETS en CO₂-heffing industrie). Doordat bedrijven slechts beperkt de mogelijkheid hebben om de lastenverzwaring te verminderen met rendabele investeringen in verduurzaming zal de lastenverhoging worden doorberekend of geabsorbeerd. In combinatie met de aanwezige internationale concurrentie (waardoor er al sprake is van weglekrisico's, zoals vastgesteld door de Europese Commissie), verhoogt de WKK-maatregel de weglekrisico's. Bovendien zijn de energiekosten in Nederland al relatief hoog ten opzichte van het buitenland. In welke mate dit tot daadwerkelijke weglek zal leiden is niet vast te stellen en zal bedrijfsafhankelijk zijn.

In de **energievoorziening** heeft de WKK-maatregel impact op warmte- en elektriciteitscentrales. In 2030 is de geraamde lastenstijging €26 miljoen per jaar op sectorniveau (t.o.v. het basispad). Dit vertaalt zich in een gemiddelde stijging van +0,2% van de energiekosten en van +0,1% van de bedrijfskosten (beide in 2035). Op bedrijfsprofielniveau kunnen de energiekosten tot 20% stijgen in 2035 door de WKK-maatregel. De grootste lastenverzwaring wordt verwacht bij kleine stadswarmtecentrales die ook zeer beperkt zijn qua opties om de lastenverzwaring te verminderen. Met name bij kleine centrales blijkt verduurzaming zeer complex. Hierdoor vertaalt de WKK-maatregel zich vooral in een lastenstijging voor stadswarmte. Dit kan in de toekomst tot hogere warmtetarieven leiden.

Door het ontwerp van de WKK-maatregel ondervinden elektriciteitscentrales (zonder WKK) ook een lastenverzwaring. Het rendement (60%) dat nodig is om de volledige vrijstelling te behouden wordt in de praktijk ook bij elektriciteitscentrales niet gehaald. Aardgasgestookte elektriciteitscentrales gaan daardoor ook energiebelasting betalen door de WKK-maatregel. De lastenverzwaring kan bij deze centrales deels worden goedgemaakt door hogere inkomsten op de elektriciteitsmarkt. Voor nieuwe elektriciteitscentrales met een hoog rendement geldt immers dat zij een minder hoge lastenverzwaring zullen ervaren dan veel WKK's in Nederland. Hierdoor kunnen ze op momenten zelfs hogere inkomsten hebben dan in het basispad, omdat de elektriciteitsprijs verder stijgt door de hogere variabele kosten van de duurste centrales in de 'merit order'. Waarschijnlijk zullen Nederlandse centrales door de kostenstijging draaiuren (en inkomsten) aan het buitenland verliezen.

In de overige sectoren met WKK is de impact op sectorniveau beperkter omdat het aandeel WKK-gebruik lager is. Hierdoor is de stijging van de bedrijfskosten maximaal 0,04% op sectorniveau. Bij specifieke partijen met WKK's kan de impact toch substantieel zijn. WKK's in deze sectoren zijn namelijk relatief klein met veel eigen elektriciteitsgebruik en worden daarom relatief hard geraakt.

Resultaten & conclusies voor netcongestie & het elektriciteitssysteem

Naar verwachting leidt de WKK-maatregel t/m 2030 niet tot een significante afname van het WKK-vermogen, maar dit beeld is onzeker na 2030. T/m 2030 verwachten we dat het aantal draaiuren van WKK's lager wordt door de WKK-maatregel, bijvoorbeeld omdat er meer duurzame alternatieven worden geplaatst in de glastuinbouw naast de WKK (vermogen blijft vrijwel constant).

WKK's hebben een belangrijke invloed op de belasting van het elektriciteitsnet. In sommige regio's is het totale WKK-vermogen groot ten opzichte van de netcapaciteit, hoewel in de meeste regio's geen WKK's staan. Enkele grootschalige installaties zijn op het landelijke hoogspanningsnet aangesloten, en kunnen een grote impact hebben op de netbelasting.

De directe impact van de WKK-maatregel op het ontstaan van netcongestie is beperkt, maar er zijn aandachtspunten. WKK's kunnen worden in- of afgeschakeld als netcongestie dreigt. Zo lang het WKK-vermogen behouden blijft kan de WKK een positieve bijdrage blijven leveren aan het voorkomen van congestie door de productie ervan aan te passen op basis van de lokale netsituatie. Hiervoor is het wel noodzakelijk dat WKK's op de juiste momenten worden ingezet. Een ander aandachtspunt is dat de WKK-maatregel bijdraagt aan een meer flexibele inzet van WKK's. Dit kan ertoe leiden dat WKK's vaker op hetzelfde moment worden in- of uitgeschakeld. Deze grotere gelijktijdigheid kan op bepaalde momenten tot netcongestie leiden. Om te borgen dat WKK's daadwerkelijk bijdragen aan het verminderen van congestie, zijn specifieke prikkels en mechanismen nodig.

Netcongestie belemmert de verduurzaming van bedrijven met een WKK. Ongeveer 70% van de bedrijven met een WKK kan op dit moment geen contractcapaciteit aanvragen. Dit treft bedrijven die elektrificeren in het basispad en bedrijven die elektrificeren door de WKK-maatregel. Richting 2030 komt er veel extra transportcapaciteit beschikbaar, maar naar verwachting is er voor sommige bedrijven ook dan geen netcapaciteit beschikbaar. Of er tijdig netcapaciteit beschikbaar komt is onzeker en hangt af van de tijdslijn van de uitbreidingen en de invulling van de ontstane netruimte. Mogelijk bieden nieuwe contractvormen uitkomst. De impact van de WKK-maatregel op netcongestie na 2030 is onzeker. Als er inderdaad WKK-vermogen verdwijnt door de WKK-maatregel kan dit de congestieproblemen verergeren. Dit kan deels worden ondervangen met netverzwaringen en sturing van het netgebruik, maar in hoeverre is onzeker.

De WKK-maatregel leidt tot een beperkte verhoging van de elektriciteitsprijs. Onze simulatie van de elektriciteitsmarkt in 2030 resulteert in een gemiddelde prijsverhoging van 1%. Op de momenten dat aardgasgestookt vermogen de elektriciteitsprijs bepaalt is deze impact veel groter. Door de kostenstijging in Nederland zal meer elektriciteit worden geïmporteerd en minder worden geëxporteerd. Een indicatieve doorrekening laat zien dat dit om een substantieel volume kan gaan.

De WKK-maatregel heeft geen significante impact op de leveringszekerheid t/m 2030, maar daarna mogelijk wel. De verwachte afname van de draaiuren vormt geen probleem voor de leveringszekerheid. TenneT waarschuwt dat de leveringszekerheid na 2030 daalt (los van de WKK-maatregel). De eventuele versnelde afname van het WKK-vermogen door de WKK-maatregel kan ervoor zorgen dat de leveringszekerheid verder onder druk komt te staan na 2030.

De WKK-maatregel lijkt geen substantiële impact te hebben op de netbalanceringsmarkt. WKK's spelen momenteel een cruciale rol op de balanceringsmarkten. Zolang het WKK-vermogen beschikbaar blijft, kunnen WKK's deze rol vervullen (hoewel de WKK-maatregel beperkt prijsverhogend werkt). Na 2030 zijn er naar verwachting voldoende alternatieven om flexdiensten te leveren en vormt de WKK-maatregel geen probleem, ook niet bij eventuele uitbedrijfing van WKK's.

1. Inleiding

1.1. Achtergrond & context

Het Coalitieakkoord van Rutte IV bevatte een aantal maatregelen om het fiscale stelsel te vergroenen, waaronder de beperking van de inputvrijstelling warmtekrachtkoppelingssystemen (WKK's). Een groot deel van deze maatregelen was onderdeel van het Belastingplanpakket 2024. In 2023 hebben Trinomics en BlueTerra een globale effectenanalyse gedaan op de gezamenlijke impact van vier maatregelen uit dit pakket.⁵ Tijdens de behandeling van dit pakket heeft de Eerste Kamer via een motie van het lid Heijnen⁶ gevraagd om een meer gedetailleerde analyse van de effecten van één maatregel uit te laten voeren: de beperking van de inputvrijstelling voor WKK's (hierna: de WKK-maatregel).

1.2. Doel & afbakening

Het doel van dit onderzoek is het identificeren van de mogelijke effecten van de WKK-maatregel op de sectoren die gebruik maken van de vrijstelling en op het elektriciteitssysteem. Het gaat hierbij om de verschillende industriesectoren, de glastuinbouw, en elektriciteits- en warmte-installaties. We onderscheiden economische effecten (de impact op de bedrijfskosten en de weglekrisico's) en klimaateffecten (de impact op de broeikasgas (BKG-)emissies). Tot slot verkennen we ook de impact op het energiesysteem (de draaiuren en het geïnstalleerd vermogen van de WKK). Ons doel is dus het in kaart brengen van effecten; we doen geen aanbevelingen over de maatregel.

Kader 1-1 Wat is een effectendoorrekening – nut & onzekerheden

Effectendoorrekeningen vormen een essentieel onderdeel bij het maken en uitvoeren van goed beleid. Ze geven immers inzicht in de te verwachten effecten, op basis van de best beschikbare informatie. Effectenramingen gaan echter inherent gepaard met onzekerheid. De toekomst zal anders uitpakken dan geraamd op basis van de best beschikbare informatie op dit moment, bijvoorbeeld door het verschil in uiteindelijke kostprijzen voor technieken en uiteindelijke energieprijzen dan de door ons aangenomen waarden. Door mogelijke effecten vanuit verschillende invalshoeken te analyseren beogen we recht te doen aan deze onzekerheid. Het centrale uitgangspunt van ons onderzoeksonderwerp is het bereiken van gebalanceerde onderzoeksopbouw met robuuste kwantitatieve analyses, het identificeren (en benoemen) van onzekerheden, en ruime aandacht voor kwalitatieve inzichten op basis van praktische expertise in het onderzoeksteam, aangevuld met interviews met stakeholders en experts.

De onzekerheden dienen in ogenschouw te worden genomen bij het interpreteren van de resultaten.

1.3. Toelichting op beperking van de inputvrijstelling voor WKK's

Door de huidige inputvrijstelling voor WKK's wordt het gasgebruik in WKK's met een elektrisch rendement van ten minste 30% vrijgesteld van de energiebelasting. Deze vrijstelling komt voor uit EU-regelgeving die verbiedt om twee maal belasting te heffen over hetzelfde product. Het eindproduct (elektriciteit) valt onder de energiebelasting,⁷ waardoor het belasten van de input als dubbele belasting kan worden gezien.

Als gevolg van de inputvrijstelling is ook de warmteproductie van WKK's vrijgesteld van de energiebelasting, terwijl deze (in tegenstelling tot elektriciteit), niet wordt belast onder de energiebelasting. WKK's produceren warmte en elektriciteit. Hoewel de inputvrijstelling voor het elektriciteitsgedeelte aansluit bij de gedachte van de EU-regelgeving (geen dubbele belasting), geldt dit niet voor het warmtegedeelte. Deze wordt immers niet belast onder de energiebelasting. Door de inputvrijstelling wordt daarom warmteproductie via een WKK fiscaal relatief gunstig behandeld ten

⁵ Trinomics & BlueTerra (2023). [Effectenonderzoek vrijstellingen energiebelasting](#).

⁶ Kamerstukken I 2023/24, 36 418, L.

⁷ Gebruik van elektriciteit die door de WKK is opgewekt is vrijgesteld van de energiebelasting.

opzichte van alternatieve warmteproductievormen. Zo wordt bijvoorbeeld gasgebruik in gasboilers (die alleen warmte produceren) wel belast, maar ook het energiegebruik van duurzame opties wordt regulier belast. De gunstige fiscale behandeling van de WKK draagt er dus aan bij dat duurzame alternatieven voor warmteproductie minder aantrekkelijk zijn.

Door de fiscale maatregel wordt de inputvrijstelling voor WKK's gefaseerd beperkt. Daarnaast verdwijnen de efficiëntiedrempel en de vrijstelling voor eigen gebruik van elektriciteit. Om (bij benadering) enkel het gasgebruik voor warmteproductie te belasten wordt de vrijstelling beperkt tot de opgewekte elektriciteit maal 1,67. Deze factor is gebaseerd op het elektrisch rendement van de meest efficiënte elektriciteitscentrales (60%). Daarnaast wordt de ondergrens van 30% efficiëntie afgeschaft. Tot slot wordt ook de vrijstelling op eigen gebruik van de geproduceerde elektriciteit afgeschaft. De fasering vindt plaats tussen 2025 en 2030. Tabel 1-1 geeft de fasering in detail weer.

Tabel 1-1 Fasering van de WKK-maatregel

Situatie	Vrijstelling in m ³ gas per kWh						
	2025	2026	2027	2028	2029	2030 & later	
Basispad	Netlevering	1	1	1	1	1	1
	Eigen gebruik (<20 MW)	1	1	1	1	1	1
Na maatregel	>20MW & netlevering (<20MW)	0,2808	0,2635	0,2467	0,2270	0,2110	0,1896
	Eigen gebruik (<20 MW)	0,1670	0,1498	0,1329	0,1132	0,0973	0,0758

Situatie na beperking geeft de situatie na de uitfasering weer (dus per 2030).

Na de WKK-maatregel wordt de gasinput (deels) belast onder de energiebelasting en de bijbehorende degressieve schijvensystematiek, waarbij het marginale tarief daalt naarmate het gebruik stijgt. Hierdoor het is het gemiddelde belastingtarief hoger voor bedrijven die jaarlijks relatief weinig gas gebruiken. Tabel 1-2 en Tabel 1-3 laat de marginale belastingtarieven per gebruiksschijf zien voor gas en elektriciteit.

Tabel 1-2 Tarief gas in de energiebelasting in €₂₀₂₄/m³

Aardgas (excl. btw)	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	'35
Schijf 1 (0 – 1000 m ³)	0,58	0,60	0,60	0,61	0,61	0,62	0,62			0,62		
Schijf 2 (1000 - 170 000 m ³)	0,58	0,60	0,60	0,61	0,61	0,62	0,62			0,62		
Schijf 1 glastuinbouw (<170 000 m ³)	0,09	0,14	0,18	0,22	0,27	0,32	0,37	0,42	0,47	0,52	0,57	0,62
Schijf 3 (170 000 – 1 mln m ³)	0,22	0,31	0,32	0,33	0,34	0,34	0,35			0,35		
Schijf 2 glastuinbouw (0,170 - 1 mln m ³)	0,08	0,13	0,15	0,17	0,19	0,22	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,35
Schijf 4 (1 mln – 10 mln m ³)	0,13	0,20	0,20	0,21	0,22	0,22	0,23			0,23		
Schijf 5 (>10 mln m ³)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05			0,05		

In €₂₀₂₄/m³ exclusief btw. Bron: CBS (2024)

Tabel 1-3 Elektriciteit tarief in de energiebelasting in €₂₀₂₄/MWh

Elektriciteit (excl. btw)	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30
Schijf 1 (0 – 2 900 kWh)	0,109	0,100	0,088	0,082	0,078	0,074	0,074
Schijf 2 (2 900 – 10 000 kWh)	0,109	0,100	0,088	0,082	0,078	0,074	0,074
Schijf 3 (10 000 – 50 000 kWh)	0,090	0,069	0,064	0,063	0,064	0,067	0,070
Schijf 4 (50 000 – 10 000 000 kWh)	0,039	0,038	0,036	0,035	0,035	0,037	0,037
Schijf 5 (> 10 000 000 kWh particulier)	0,003	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Schijf 5 (> 10 000 000 kWh zakelijk)	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003

In €₂₀₂₄/kWh exclusief btw. Bron: CBS (2024)

1.4. Leeswijzer

Het vervolg van dit rapport is als volgt gestructureerd:

- In **hoofdstuk 2** gaan we in de op huidige **toepassing** van de **WKK**.
- In **hoofdstuk 3** presenteren we de resultaten van de **effectenramingen** op de **sectoren** die kunnen worden geraakt door de WKK-maatregel (industrie, glastuinbouw, energievoorziening en overige sectoren).
- In **hoofdstuk 4** bespreken we de interactie met **netcongestie**.
- In **hoofdstuk 5** presenteren we wat de effecten van de WKK-maatregel zijn op (de flexibiliteit van) het **elektriciteitssysteem**
- Tot slot presenteren we in **hoofdstuk 5** de **conclusies** en **aandachtspunten**.

In deze rapportage presenteren we de meeste gegevens in €/MWh. In sommige gevallen presenteren we gegevens in €/m³ gas. Hierbij wordt een omrekenfactor gehanteerd van 8,79 MWh per 1000 m³.

2. De huidige inzet van WKK's

In elektriciteitscentrales wordt brandstof deels omgezet in elektriciteit en deels in warmte. Het feit dat de brandstofinput niet volledig kan worden omgezet in elektriciteit komt door de thermodynamica: bij ieder thermodynamisch proces treedt verlies op. Moderne grote gasgestookte elektriciteitscentrales hebben bij optimale inzet een elektrisch rendement van 60 tot 65%. Het rendement is het nuttige product (elektriciteit) als deel van de energie-input (brandstof). De resterende 35 tot 40% van de energie in de brandstof wordt omgezet in warmte. Deze warmte wordt met water gekoeld tot een temperatuur van zo'n 30°C en afgevoerd naar de omgeving. Ter referentie: kolencentrales hebben een elektrisch rendement van rond de 42%.

De WKK is een installatie waarin brandstof wordt omgezet in elektriciteit en waarbij de 'restwarmte' op een hoger temperatuurniveau beschikbaar wordt gemaakt voor andere toepassingen (en dus niet wordt gekoeld en geloosd). Deze warmte kan bijvoorbeeld worden gebruikt voor de verwarming van gebouwen en kassen, of voor industriële toepassingen. Het *elektrisch* rendement van een WKK is lager dan het rendement van een elektriciteitscentrale, maar het *totaal* rendement van de elektriciteit plus de nuttige warmte is hoger. Een WKK heeft een totaal rendement van 80% tot 95%. Bij een elektriciteitscentrale zonder warmterecuperatie is het totaal rendement gelijk aan het elektrisch rendement en varieert dus tussen 42% en 65%.

De WKK deed in de eerste helft van de 20^e eeuw zijn intrede in de industrie. Dit waren stoomketels met stoomturbines met een laag elektrisch rendement (20 tot 35%) en een variërend (maar hoog) totaal rendement, afhankelijk van de uitvoering. Deze installaties werden gebruikt voor de aandrijving van productieprocessen en elektriciteitsproductie. Nu maken afvalverbrandingsinstallaties (AVI's) nog gebruik van dit type WKK, waarbij afval wordt verbrand in combinatie met een stoomturbine. De geproduceerde warmte wordt bijvoorbeeld geleverd aan warmtenetten.

In de jaren tachtig is de gasturbine in beeld gekomen. In de gasturbine wordt aardgas verbrand en wordt een generator voor elektriciteitsproductie aangedreven. Het elektrisch vermogen van deze installaties is zo'n 3-90 Megawatt elektrisch (MWe). Het elektrisch rendement is 25-42% en het totaal rendement is 80-88%. De hete rookgassen worden in een ketel geleid waarmee heet water of stoom wordt geproduceerd. De warmte gaat vervolgens naar bedrijfsprocessen voor verwarming.

Vanaf de jaren negentig werd de stoom- en gasturbine-installatie (STEG) toegepast. Dit is een gasturbine gecombineerd met een stoomketel waarbij de stoom een stoomturbine aandrijft die vervolgens een generator voor elektriciteitsproductie aandrijft. Deze installaties zijn meestal groter dan de traditionele gasturbine-installaties met vermogens van zo'n 50-350 MWe. Het elektrisch rendement is hoger (40-45%) dan bij stoom- of gasturbines en het totaal rendement vergelijkbaar (80-90%).

In de jaren negentig is ook de gasmotor opgekomen. De gasmotor is een zuigermotor (zoals de benzinemotor in auto's), maar aanzienlijk groter en met aardgas (of biogas) als brandstof. Het elektrisch rendement is behoorlijk hoog (35-44%). De vermogens bedragen typisch 250 kWe - 4 MWe. De gasmotoren die in de glastuinbouw worden gebruikt hebben vaak een vermogen van zo'n 2-3 MWe en een elektrisch rendement van 42-44%. De warmte die beschikbaar komt betreft lagere temperatuur warmte waarmee geen stoom kan worden gemaakt. De gasmotoren zijn technisch wel zeer geschikt om heet water (70 tot 90°C) te maken. Het totaal rendement is relatief hoog (88-92%).

Vandaag de dag wordt in de industrie gebruik gemaakt van gasturbines en STEG-installaties voor stoomproductie, in de glastuinbouw van gasmotoren, en voor grootschalige stadsverwarming worden vooral STEG-installaties toegepast (voor wijkverwarming ook gasmotoren).

Het voordeel van WKK's is dat het totaal conversierendement van brandstof naar nuttige energie hoog ligt in vergelijking met andere verbrandingsinstallaties. De productie van elektriciteit en warmte in een WKK is zo'n 20-30% efficiënter dan productie van dezelfde hoeveelheid

elektriciteit in een elektriciteitscentrale en warmte in een aardgasketel. De CO₂-uitstoot is daarmee ook 20-30% lager bij productie met een WKK dan bij een gescheiden aardgasgestookte productie van warmte en elektriciteit. Voor bedrijven met een WKK geldt bovendien dat met het gebruik van elektriciteit uit de eigen WKK (en andere vormen van eigen elektriciteitsproductie zoals zon-PV) netkosten en energiebelasting worden vermeden. Deze gelden immers enkel voor ingekochte elektriciteit van het net. In de meeste gevallen leidt de toepassing van een WKK tot lagere kosten voor de gecombineerde energievraag van elektriciteit en warmte dan wanneer elektriciteit wordt ingekocht en warmte lokaal wordt geproduceerd.

De reden om warmte geproduceerd in WKK's te belasten heeft (naast het streven naar een gelijke behandeling) te maken met de CO₂-uitstoot. Net als andere verbrandingsinstallaties leidt het verbranden van aardgas (of andere fossiele brandstoffen) tot CO₂-uitstoot. Alternatieve vormen van elektriciteits- en warmteproductie op basis van duurzame energie doen dit (nagenoeg) niet.

2.1. Geïnstalleerd vermogen

Het huidige aardgasgestookte WKK-park in Nederland heeft een elektrisch vermogen van ongeveer 10 GW. Dit is een belangrijk deel van het huidige totale aanbod aan productievermogen in de Nederlandse elektriciteitssector. Het geïnstalleerde productievermogen bestaat zowel uit duurzame, niet regelbare energiebronnen (windturbines, PV-installaties) als uit regelbare energiecentrales (nucleair, gas, kolen, biomassa). Het exacte vermogen van het totale Nederlandse productiepark en de verdeling naar type installaties variëren enigszins per bron afhankelijk van de gehanteerde definities. In onze analyses gaan we uit van 33 GW aan duurzaam (niet regelbaar) vermogen en 22 GW aan regelbaar vermogen. Van het regelbaar productievermogen bestaat ongeveer 18 GW uit aardgasgestookte elektriciteitsproductie. De gemiddelde vermogensvraag in Nederland ligt momenteel op circa 13,5 GW met een piekvraag van ongeveer 20 GW.

Daarnaast staat er zo'n 8 GW aan gasgestookte elektriciteitscentrales waarbij er geen restwarmtebenutting plaatsvindt. Deze centrales vallen niet in de categorie WKK, maar worden wel meegenomen in deze studie omdat de WKK-maatregel ook deze centrales treft.

Bijna het totale WKK-vermogen in Nederland staat in de industrie, de glastuinbouw en de energiesector. In elk van deze sectoren bevindt zich een aanzienlijk deel van het WKK vermogen. De exacte onderverdeling is afhankelijk van de gehanteerde definities. In onze analyse gaan we ervan uit dat er bij de energiebedrijven een opgesteld vermogen van 4980 MWe beschikbaar is. Dit betreft vooral STEG-installaties voor stadsverwarming en joint ventures in de industrie waarin stoom wordt opgewekt voor de industrie en elektriciteit voor het net. Eind jaren negentig werden een aantal grote WKK's in de industrie ondergebracht in een joint venture met een energiebedrijf. De WKK levert dan nog steeds stoom en elektriciteit aan het bedrijf, maar wordt beschouwd als een aparte entiteit die vaak als energiebedrijf is geregistreerd. Een aantal van deze joint ventures is inmiddels weer overgenomen door de industriële afnemers. Deze rechtsvorm bepaalt onder welke sector een WKK wordt gerekend. Van dit vermogen staat 2643 MWe opgesteld in de industrie. Het bestaat voornamelijk uit gasturbines en STEG-installaties.⁸ In de tuinbouw gaan we ervan uit dat er 2700 MWe aan gasmotoren is opgesteld.⁹ Dit is in lijn met de vermogens zoals bepaald door WECr. CBS gaat uit van een iets groter totaal vermogen (3010 MWe). Het WKK-park in Nederland is in de afgelopen 10 jaar relatief constant gebleven.

2.2. Bedrijfsvoering van de WKK

De WKK wordt met name gebruikt voor de invulling van een grote warmtevraag. De bijkomende elektriciteitsproductie wordt direct ingezet in het productieproces of, als er meer geproduceerd

⁸ CBS (2021). *Elektriciteit: productie en productiemiddelen*.

⁹ Dit omvat ook de WKK's die glastuinbouwbedrijven niet binnen hun bestaande BV hebben geïntegreerd, maar als een aparte entiteit hebben georganiseerd, om administratieve, fiscale en/of operationele redenen.

wordt dan benodigd, teruggeleverd aan het elektriciteitsnet. De geproduceerde elektriciteit leidt daarmee tot extra inkomsten (of vermeden kosten).

Naast puur economische redenen speelt de betrouwbaarheid van de elektriciteitsvoorziening voor veel partijen ook een belangrijke rol in de keuze voor de WKK. Met name voor sommige sectoren in de industrie, maar ook in bijvoorbeeld ziekenhuizen is een constante beschikbaarheid van elektriciteit van groot belang.

De WKK wordt steeds meer flexibel ingezet. Eerder werd de inzet van de WKK vrijwel volledig afgestemd op de warmtevraag. Hierdoor draaiden ze veelal stabiel. De steeds meer fluctuerende elektriciteitsprijs (zie hoofdstuk 2.3) door de groei van zonne- en windenergie heeft geleid tot een flexibelere inzet van WKK's. Als de elektriciteitsprijs hoog is, vertegenwoordigt de elektriciteitsproductie veel waarde en zal de WKK sneller worden ingezet. De mate waarin de WKK flexibel wordt ingezet hangt onder andere af van de kenmerken van de warmtevraag, de aanwezigheid van alternatieve warmteproductie en warmteopslagmogelijkheden. De mate waarin bedrijven de mogelijkheid hebben en kiezen voor een flexibele bedrijfsvoering verschilt per sector. Hieronder worden de basiskenmerken per sector toegelicht.

Kenmerken van de WKK in de glastuinbouw

WKK-motoren op basis van gas leveren in de tuinbouw warmte, elektriciteit en CO₂. De WKK draait op de momenten dat elektriciteit veel waarde heeft en/of als er een CO₂-vraag is in de kas (CO₂-bemesting voor planten). De warmte wordt direct in de kas ingezet of wordt opgeslagen in een warmtebuffer. De warmtebuffer is groot genoeg om voor enkele uren aan productie op te slaan. De warmtevraag in de tuinbouw is afhankelijk van de buitentemperatuur en bepaalt de het totaal aantal draaiuren van een WKK in een etmaal. Deze draaiuren worden vervolgens binnen dat etmaal geoptimaliseerd door in te spelen op de elektriciteitsprijzen in de korte termijnmarkten.

WKK's in de tuinbouw kunnen worden onderverdeeld in twee groepen, waarbij verschillende factoren doorslaggevend zijn voor de momenten waarop de WKK wordt ingezet:

1. **Netleverende WKK's** die nagenoeg alle elektriciteit aan het net leveren, zoals vaak het geval is bij niet-belichte kassen. De inzet van deze installaties wordt bepaald door de prijzen op de energiemarkt, waarbij de warmtevraag een beperking geeft op het maximaal aantal draaiuren per dag. Daarnaast speelt de levering van CO₂ uit deze installaties een relevante rol binnen de glastuinbouw, waardoor er mogelijk in de zomer toch gedraaid wordt ondanks lage elektriciteitsprijzen (en ondanks het niet benutten van de warmte).
2. **WKK's voor belichting**, waarbij een deel van de opgewekte elektriciteit ingezet wordt voor belichting. Daarnaast kan nog extra gedraaid worden als de elektriciteitsprijzen op de markt hoog zijn. WKK's voor belichting leveren dus ook aan het net (ondanks de naam).

Gasmotoren hebben technisch de mogelijkheid om zeer flexibel te opereren. Dit gaat bovendien niet of nauwelijks ten koste van het energetisch rendement van de WKK. In combinatie met de flexibiliteit in de warmtebehoefte, kunnen tuinders dus heel flexibel opereren en inspelen op ontwikkelingen in de elektriciteitsmarkt en deelnemen aan de balanceringsmarkten (zie sectie 2.3.2).

De gemiddelde WKK in de tuinbouw maakte in 2022 ongeveer 4.000 draaiuren. Door de stijging van het zon- en windenergievermogen zullen de rendabele draaiuren van de gasmotor-WKK afnemen. Op dit moment is het alternatief voor de warmtevoorziening nog veelal een gasgestookte ketel. Richting 2030 zullen steeds vaker ook andere alternatieve duurzame warmte-opwekkers worden geïnstalleerd bij tuinders. Dit maakt dat de tuinders hun WKK nog flexibeler zullen opereren en het aantal draaiuren van de WKK verder zal afnemen.

Kenmerken van de WKK in de industrie

De WKK wordt in de industrie van oudsher toegepast in sectoren met een hoge warmtevraag in de vorm van stoom. De belangrijkste sectoren waarin de WKK wordt gebruikt, zijn de raffinage en petrochemie, de chemie, de voedingsmiddelenindustrie en de papierindustrie. Zoals al benoemd in de inleiding van dit hoofdstuk, betreft dit bijna uitsluitend installaties op basis van gasturbines of STEG-centrales.

De elektriciteitsproductie van industriële installaties is meestal groter dan de eigen vraag, waardoor vaak de helft tot driekwart van de opgewekte elektriciteit aan het regionale elektriciteitsnet wordt geleverd. Alle opgewekte warmte (in de vorm van stoom) gaat meestal direct naar het productieproces. De schaalgrootte van de WKK-installaties is doorgaans afgestemd op de warmtevraag van het bedrijf. Voor sommige bedrijven is de elektriciteitsvoorziening essentieel als noodstroomvoorziening in geval van een stroomstoring in het elektriciteitsnet. Een betrouwbare stroomvoorziening is daarmee een belangrijk voordeel voor de inzet van de WKK in de industrie.

In tegenstelling tot de glastuinbouw werden veel WKK-installaties in de industrie tot voor kort in baseload bedreven. Er werd daarbij dus niet of nauwelijks gereageerd op de ontwikkelingen in de elektriciteitsmarkt. In de afgelopen jaren proberen bedrijven de WKK's flexibeler in te zetten. Hierbij zoeken ze een balans tussen technische mogelijkheden, kosten en de vereiste betrouwbaarheid. Aangezien stoom niet gemakkelijk is op te slaan, moet de flexibiliteit voornamelijk komen uit een flexibele inzet van de gasturbine in combinatie met andere stoomopwekkers, zoals aardgasketels, of elektrische ketels. Het gemiddelde elektrische rendement van STEG-centrales neemt wel af door een flexibele inzet. Een deel van het WKK-vermogen in de industrie blijft door operationele beperkingen, contractuele verplichtingen of een grote waarde van continue levering in principe altijd elektriciteit leveren. Dit wordt het must-run vermogen genoemd. De verwachting is dat dit must-run vermogen door de marktontwikkelingen (zoals de beschikbaarheid van grootschalige batterijen) zal afnemen.

Kenmerken van de centrales in de energiesector en overige sectoren

Elektriciteitscentrales zonder warmte-uitkoppeling zijn primair gericht op de productie van elektriciteit. Veel gascentrales zijn ontworpen om continu te draaien en voorzien in de constante basisvraag naar elektriciteit. Deze centrales hebben een hoge efficiëntie en betrouwbaarheid. Andere gascentrales, zoals open cycle gas turbines (OCGT), kunnen snel opstarten en worden ingezet om piekbelastingen op te vangen, wat leidt tot een lagere energie-efficiëntie. De inzet is puur afhankelijk van de ontwikkelingen op de elektriciteitsmarkt. Ook bij gascentrales is er een tendens naar een meer flexibele inzet door de veranderende dynamiek in het elektriciteitssysteem door de opkomst van duurzame bronnen. Rendementen die bij een optimale inzet van STEG's rond de 60% liggen nemen sterk af bij een flexibele inzet.

Voor stadswarmte zijn er grofweg twee categorieën WKK-toepassingen met grote verschillen:

1. Voor **grotere stadsverwarmingsnetten worden STEG-installaties** gebruikt variërend van grootte van tientallen MWe tot 500 MWe per installatie. Voorbeelden zijn de Roca-centrale in Rotterdam en de centrale in Diemen voor Amsterdam. De WKK produceert warm water voor het warmtenet. Omdat de warmtevraag in de winter hoger is dan in de zomer hebben de WKK's een voorziening om restwarmte op lagere temperatuur in de zomer te koelen en te lozen. Zo kan de WKK ook in de zomer bij een lage warmtevraag draaien voor elektriciteitsproductie. In de winter geldt een leveringsplicht voor de warmte. Om niet gedwongen in baseload te moeten draaien (en dus niet te kunnen inspelen op de variabele elektriciteitsprijzen) zijn de laatste jaren warmtebuffers geplaatst.
2. Daarnaast zijn enkele **kleine wijkwarmtenetten** uitgerust met **gasmotoren**. Het gaat hier om een twintig- tot dertigtal installaties met een vermogen van een paar honderd kWe tot enkele MWe's. Hierbij wordt warmte geleverd aan enkele honderden tot duizenden kleinverbruikers. De WKK is hier vaak één van de warmtebronnen en wordt hierbij veelal niet

actief gestuurd op basis van de elektriciteitsprijzen, maar bij de inzet wordt wel enigszins rekening gehouden met de fluctuaties in de elektriciteitsmarkt. Hierbij is de bewegingsruimte beperkt door de stadswarmteregeling en de maximale toekomstige CO₂-emissiefactoren.

2.3. WKK in het elektriciteitssysteem

2.3.1. Elektriciteitsmarkt

De Nederlandse elektriciteitssector is een complex en dynamisch systeem dat bestaat uit verschillende markten en spelers die zorgen voor de productie, transmissie, distributie en levering van elektriciteit. De productie (en levering vanuit opslaginstallaties) en consumptie van elektriciteit moeten te allen tijde met elkaar in balans zijn. Via de korte termijnmarkt ontstaat er op elk moment van de dag een prijs waarbij vraag en aanbod matchen. De korte termijn handel in elektriciteit vindt plaats op verschillende groothandelsmarkten, waaronder de:

- De **Day-Ahead Markt** waarbij elektriciteit een dag van tevoren wordt verhandeld. Marktpartijen geven hun biedingen door, en op basis van vraag en aanbod wordt de prijs vastgesteld.
- De **Intraday Markt** waarbij handel plaatsvindt tot enkele uren voor de daadwerkelijke levering. Dit biedt de mogelijkheid om in te spelen op veranderingen in vraag en aanbod die na de day-ahead handel ontstaan.

Welke productiebronnen op een bepaald moment elektriciteit produceren hangt af van de beschikbaarheid en de merit order (rangschikking van installaties op basis van hun marginale kosten). Elektriciteit wordt geproduceerd door een mix van installaties en bronnen, waaronder WKK-installaties, gasgestookte elektriciteitscentrales, kolencentrales, kerncentrales en hernieuwbare energiebronnen zoals wind, zon, en biomassa. De merit order wordt gebruikt in de elektriciteitsmarkt om te bepalen welke productiebronnen zullen worden ingezet. Het is een rangschikking van elektriciteitscentrales of -bronnen op basis van hun marginale kosten. De volgorde waarin deze bronnen worden ingezet om elektriciteit te leveren, gaat van de laagste naar de hoogste marginale kosten. Windenergie en zonne-energie hebben zeer lage variabele kosten en worden dus als eerste ingezet. Daarna volgen de eenheden met een hogere marginale kosten, bijvoorbeeld omdat brandstof vereist is voor de productie. De uiteindelijke marktprijs op een specifiek moment wordt bepaald door de installatie met de hoogste marginale kosten die nodig is om aan de vraag te voldoen. Dit wordt ook wel de **prijzzettende centrale** genoemd. Alle producenten die op de markt elektriciteit verkopen op een bepaald moment, ontvangen dus dezelfde prijs als de prijzzettende centrale. Deze marktprijs is hoger dan de variabele kosten van alle andere eenheden.

De variabele kosten van WKK's verschillen per installatie. De kosten zijn afhankelijk van meerdere factoren, waaronder het rendement van de installatie, de marktwaarde van de restwarmte, de marktprijs van aardgas, de energiebelasting en de ETS-kosten. Bovendien verschillen WKK's in hun operationele mogelijkheden om snel op- en af te regelen. Het must-run vermogen in de industrie zal ook bij ongunstige marktomstandigheden (lage of negatieve elektriciteitsprijs) blijven produceren. De inzet van WKK's in de komende jaren en in hoeverre deze beïnvloed wordt door de WKK-maatregel zal dan ook sterk verschillen per bedrijf.

Om een inzicht te bieden in de complexiteit van het elektriciteitssysteem, maken we gebruik van BlueTerra's *Electricity Market Forecast* (EMF) model, zoals toegelicht in kader 2-1.

Kader 2-1 BlueTerra's Electricity Market Forecast (EMF) model en het gebruik ervan in dit onderzoek

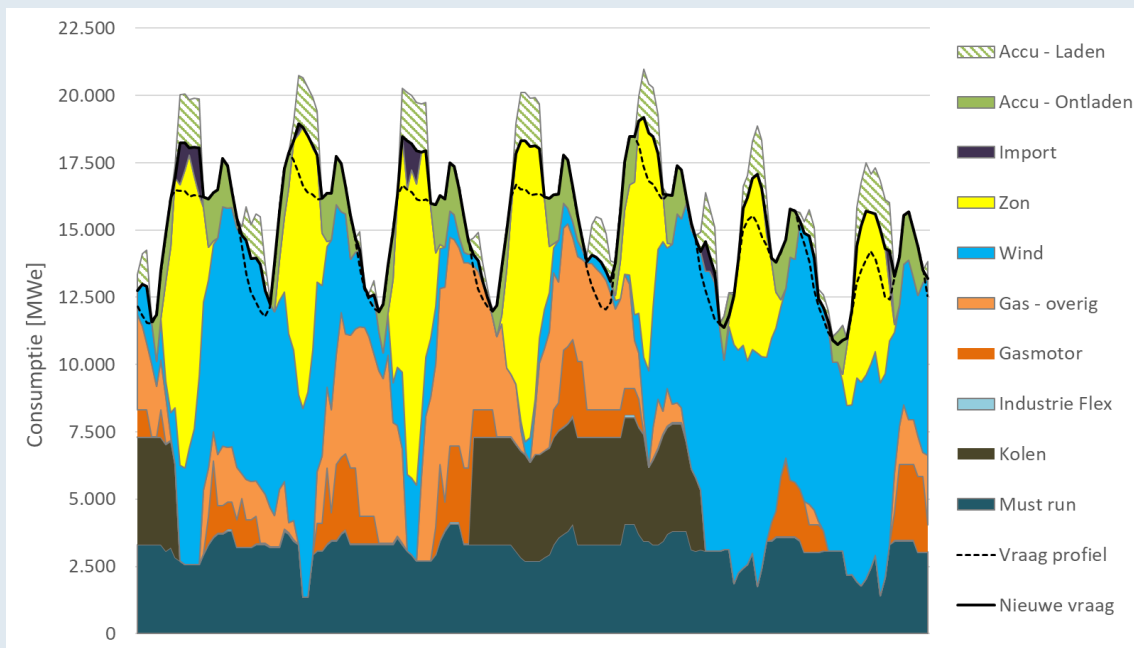
Om de inzet van WKK's en andere bronnen qua draaiuren over het jaar heen goed in beeld te krijgen heeft BlueTerra het EMF-model ontwikkeld (*Energy Market Forecast* model). In dit model wordt de inzet van productiemiddelen (inclusief opslag en vraagsturing) per uur volgens de merit order bepaald, rekening houdend met de beperkingen in regelsnelheid en vereiste stilstandstijden van de verschillende bronnen. Voor duurzame opwekking met wind en zon is uitgegaan van een reëel weer- en opwekpatroon. In de analyse

wordt gebruik gemaakt van het klimaatjaar 2014, aangezien dit als een representatief jaar wordt geacht. Eerdere analyses met andere jaren laten vergelijkbare uitkomsten zien. Voor de ontwikkeling van de elektriciteitsvraag en hernieuwbare opwek is gebruik gemaakt van de groeiverwachtingen van TenneT. Met het EMF-model wordt op basis van de inzet van de productiemiddelen ook een elektriciteitsprijsprofiel gegenereerd: hoe verder in de merit order het aanbod komt, hoe hoger de marktprijs is.

Het EMF-model is in dit onderzoek gebruikt voor de prognose van de elektriciteitsprijs in 2030 met/zonder de WKK-maatregel, voor de impact op de draaiuren van de WKK's en voor een inschatting van de impact op de import en export.

In Figuur 2-1 is ter illustratie een weekprofiel weergegeven zoals dit door het EMF-model is opgesteld voor de situatie in een referentieweek in 2024. Er wordt per type productie-eenheid aangegeven wat de inzet is op een bepaald moment. De gestippelde lijn is de originele vraagcurve. In de nieuwe vraagcurve is de originele vraagcurve opgehoogd met de flexibele vraag van *Power-to-Heat* en het opladen van accu's. De figuur toont dat duurzaam vermogen een belangrijke rol speelt in de elektriciteitssector, maar ook dat op bepaalde momenten het merendeel van de elektriciteitsvraag wordt ingevuld met gasgestookt vermogen.

Figuur 2-1 Voorbeeldweergave weekanalyse EMF-model (productiemix week 10 in scenariojaar 2024)



2.3.2. Balanceringsmarkten

Als in het elektriciteitsnet een onbalans dreigt te ontstaan (waarbij de elektriciteitsvraag groter is dan het aanbod, of andersom) grijpt TenneT in om de netbalans te handhaven. TenneT kan hierbij drie verschillende vermogenstypen inzetten:

- 1. Primair reserve vermogen** (FCR of frequency containment reserve). Dit type vermogen is bedoeld om de netfrequentie te handhaven. Primair vermogen wordt binnen enkele seconden automatisch geactiveerd bij een afwijking in de netfrequentie. Het volledig gecontracteerd vermogen moet binnen 30 seconden kunnen worden geleverd.
- 2. Regelbaar vermogen** (aFRR of automatic Frequency restoration reserve). Dit is vermogen dat binnen een kwartier opgeregeld moet kunnen worden met een minimale snelheid (7%/min). Eerder werd dit vermogen ook wel onbalansvermogen genoemd.
- 3. Reserve- en noodvermogen** (maFRRda en maFRRsa). Op momenten dat netgebruikers structureel een onbalans veroorzaken zal TenneT reserve- en/of noodvermogen moeten inzetten. Nood- en reservevermogen worden ingezet om het regelvermogen weer beschikbaar te maken bij grote en langdurige onbalans en moeten binnen 15 minuten volledig geactiveerd kunnen worden.

De kosten voor het handhaven van de balans worden verrekend met de aangesloten partijen die de onbalans veroorzaakt hebben.

WKK's in de tuinbouw worden momenteel op grote schaal ingezet op de balanceringsmarkten.

Het verschilt per type WKK of en in welke mate deze actief zijn op de verschillende balanceringsmarkten. Voor WKK-vermogen dat niet snel op- of afgeschakeld kan worden zijn deze markten niet interessant. Bovendien betekent het aanbieden van noodvermogen ook een beperking van de flexibiliteit voor de warmteopwekking. Het exacte vermogen dat door WKK's wordt geleverd op deze markt is niet bekend, maar het is duidelijk dat WKK-vermogen momenteel een belangrijke rol speelt in deze markten. Dit is onder andere bevestigd in meerdere interviews. WKK's in de industrie en voor stadswarmte zijn beperkt flexibel en hebben soms leveringsverplichtingen. Deze worden daarom minder ingezet voor balancering dan WKK's in de glastuinbouw. Er is wel een tendens om met extra investeringen (buffers, gasketels, E-boilers) de WKK flexibeler inzetbaar te maken. WKK's spelen met name een grote rol bij het leveren van regelbaar vermogen (aFRR) en het noodvermogen (maFRRsa). De tendering voor deze diensten is technologieneutraal en er wordt door TenneT niet bijgehouden welk type aanbieder de balansdienst effectief verleent. Wel heeft TenneT bevestigd dat met name WKK's in de tuinbouw op dit moment een belangrijke leverancier zijn van balanceringsvermogen.

Naar verwachting zal de vraag naar balanceringsdiensten stijgen als gevolg van het toenemende aandeel van fluctuerende elektriciteitsproductie (zon en windenergie).

Het afstemmen van vraag en aanbod wordt daarmee steeds complexer waardoor de noodzaak voor balancering verder zal toenemen. De waarde van ondersteunende diensten aangeboden op de balanceringsmarkten is de afgelopen jaren gestegen.

2.3.3. Netcongestie

Netcongestie is de situatie waarin de capaciteit van het elektriciteitsnet op een bepaald moment onvoldoende is om aan de vraag naar elektriciteitstransport te voldoen, waardoor transportbeperkingen optreden.

De elektrificatie van bedrijven en huishoudens leidt tot een steeds grotere vraag naar elektrische capaciteit van het elektriciteitsnet. Dit zet het Nederlandse elektriciteitsnet onder druk. Hierdoor is er op veel plekken netcongestie ontstaan. De capaciteit van het elektriciteitsnet is er onvoldoende om op bepaalde momenten aan de vraag naar transport van elektriciteit te voldoen. In grote delen van Nederland is daarmee geen nieuwe capaciteit meer beschikbaar op het elektriciteitsnet voor grootverbruikers.

Netcongestie kan zich manifesteren aan zowel de afnamekant (afnamecongestie) als de leveringskant (invoedingscongestie) van het elektriciteitsnet.

Aan de afnamekant treedt netcongestie op wanneer de vraag naar elektriciteit op een bepaald moment groter is dan de beschikbare capaciteit van het net om deze vraag te leveren. Dit kan gebeuren tijdens piekuren wanneer veel huishoudens en bedrijven tegelijkertijd elektriciteit gebruiken. Aan de leveringskant ontstaat netcongestie wanneer de capaciteit van het net op een bepaald moment onvoldoende is om de opgewekte elektriciteit te transporteren. Doordat windturbines, maar vooral zonneparken, vaak op hetzelfde moment grote hoeveelheden elektriciteit produceren op locaties waar het elektriciteitsnet hier niet voor ontworpen is, ontstaat steeds vaker invoedingscongestie.

Netbeheerders passen al vele jaren congestiemanagement toe om te voorkomen dat het elektriciteitsnet overbelast raakt.

Hierbij maken ze gebruik van een reeks maatregelen en strategieën. Om congestie te voorkomen en te verminderen stimuleren netbeheerders producenten en gebruikers in het congestiegebied om hun productie- of afnameniveau aan te passen met behulp van prijsprikkels.

WKK's dragen in de regel bij aan het voorkomen van netcongestie in een gebied, maar kunnen de problemen ook versterken, afhankelijk van de specifieke omstandigheden en hun inzet:

- **WKK's zijn technisch zeer geschikt om bij te dragen aan congestiemanagement.** Het WKK-vermogen staat verspreid over Nederland, wordt vaak ingezet om de elektriciteitsvraag van relatief grote gebruikers te bedienen en is relatief goed regelbaar. Regelbare decentrale elektriciteitsproductie vermindert de noodzaak voor grootschalig transport van elektriciteit

over lange afstanden en vermindert dus de belasting op het regionale en landelijke elektriciteitsnetwerk. Door op strategische momenten extra elektriciteit te leveren of juist minder te produceren, kunnen WKK's bijdragen aan een betere afstemming op het net en daarmee congestieproblemen helpen voorkomen.

- **Als een WKK stroom levert aan het net op momenten dat andere producenten (zoals zon en windenergie) ook veel leveren aan het net draagt de WKK bij aan netcongestie.** Dit kan ook gebeuren als veel WKK's in een gebied dezelfde financiële prikkel krijgen om aan het net te leveren. De laatste jaren zien netbeheerders dat met name de inzet van gasmotoren in de tuinbouw op specifieke momenten tot capaciteitsproblemen leidt. Dit wordt veroorzaakt doordat deze installaties actief reageren op prijssignalen van de balanceringsmarkten. De balanshandhaving die daarmee wordt gezocht, heeft betrekking op het landelijke elektriciteitssysteem. Dit is niet direct gekoppeld aan de situatie op het regionale net. In bijvoorbeeld het Westland heeft zich de situatie voorgedaan dat TenneT noodvermogen heeft ingezet om de balancering te handhaven. Hierdoor gingen vrijwel alle WKK's leveren aan het net, wat resulteerde in congestie op het regionale net.
- **WKK's hebben dus alleen een positieve impact op de lokale netbelasting als het regelbare vermogen op de juiste momenten wordt ingezet of juist wordt stopgezet.** De flexibiliteit van de WKK kan leiden tot onvoorspelbare variabele levering aan het net die op sommige momenten ongewenst kan zijn. Doordat congestiemanagement en de energie- en balansmarkten niet aan elkaar gekoppeld zijn en soms tegengestelde prijssprikkel geven kan het vermogen van de WKK bijdragen aan netcongestie.

De bedrijven met een WKK hebben veelal een netaansluiting die het mogelijk maakt om veel elektriciteit van het net af te nemen. Deze fysieke aansluiting is vereist om de elektriciteit die geproduceerd wordt aan het net te kunnen leveren. In hoeverre afnamevermogen effectief *gecontracteerd* is om dit ook te doen verschilt per bedrijf. In de industrie hebben veel bedrijven deze mogelijkheid wel om te kunnen blijven draaien bij onderhoud of storingen van de WKK. In de tuinbouw is dit minder noodzakelijk. Onze inschatting is dat momenteel ongeveer de helft van de tuinders al een aansluiting heeft om ook vanuit het net te kunnen belichten als de WKK niet draait.

Een vermindering van het aantal draaiuren van WKK's heeft in principe geen negatieve impact te hebben op de congestie op het elektriciteitsnet. Een meer flexibele operatie van de WKK kan zelfs netcongestie verminderen als het daarbij bijdraagt aan een betere balans op het elektriciteitsnet. Hierbij wordt het wel nog belangrijker dat de WKK op de momenten dat netcongestie (door van te hoge afname) dreigt, de juiste financiële prikkels krijgt om effectief te produceren en te leveren aan het net.

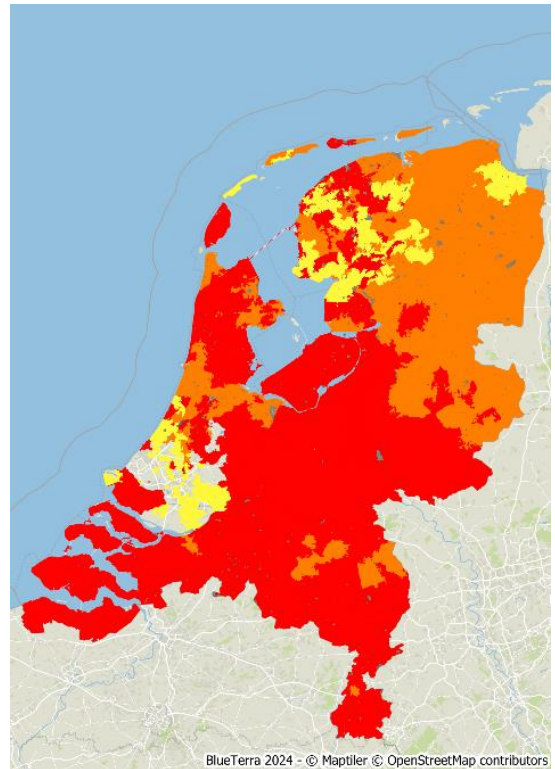
Het uit bedrijf nemen van WKK-installaties zal bijna in alle gevallen een effect hebben op de netbelasting. Ten eerste zal hierdoor alle elektriciteit geproduceerd door de WKK voor eigen gebruik van het elektriciteitsnet moeten komen. De warmtevraag zal in de regel deels worden ingevuld met elektrificatie, waardoor de elektriciteitsvraag verder zal toenemen. Dit betekent dat bedrijven in een dergelijk geval zowel de capaciteit voor hun bestaande elektriciteitsvraag en de capaciteit voor de elektrificatie van de warmtevraag nodig zullen hebben. Daarnaast gaat er in het geval van netleverende installaties, decentraal regelbaar vermogen verloren. Dit betekent dat dit vermogen vanuit andere, veelal centrale, regelbare productiebronnen moet komen. Dit *kan* een extra capaciteitsvraag betekenen voor verschillende netniveaus en spanningsstations.

Het Nederlandse elektriciteitsnet bestaat uit verschillende spanningsniveaus. Het hoogspanningsnet, beheerd door TenneT, vormt de ruggengraat van het systeem en transporteert elektriciteit over lange afstanden. Daarnaast zijn er regionale netten op middenspanning, beheerd door regionale netbeheerders. Deze netten distribueren elektriciteit naar stedelijke en industriële gebieden, waar transformatoren de spanning verder verlagen naar laagspanning voor

eindgebruikers zoals huishoudens en kleine bedrijven. Het is per netcongestiegebied verschillend op welk niveau de congestie optreedt.

De meeste WKK-installaties zijn aangesloten op het regionale middenspanningsnet. De zeer grote installaties zijn direct op het hoogspanningsnet aangesloten. Het gaat hierbij om installaties die een elektrisch vermogen hebben dan 50 tot 100 MWe. Dit geldt voor het merendeel van de stadsverwarmingsinstallaties, elektriciteitscentrales en een aantal industriële WKK's. In aantallen gaat het om een klein aandeel van de totale hoeveelheid installaties. Echter, het betreft wel het merendeel van het totale gasgestookte elektriciteitsvermogen. Voor de analyse op de impact van de WKK-maatregel is de afnamecongestie het meest relevant (zie hoofdstuk 4). Het potentieel verdwijnen van het opwekkingsvermogen van WKK's en de grote vraag naar elektriciteit uit het net voor de warmtevoorziening en industriële processen kan leiden tot een grotere druk op de elektriciteitsnetten. De figuur hiernaast laat de landelijke capaciteitskaart voor afname van Netbeheer Nederland in juli 2024 zien. In veel verzorgingsgebieden¹⁰ is er geen capaciteit meer beschikbaar. In de provincies Noord-Brabant, Limburg, Gelderland, Utrecht en Flevoland is er op het hoogspanningsnet geen transportcapaciteit beschikbaar.

Figuur 2-2 Locaties WKK's weergegeven op de capaciteitskaart afname elektriciteitsnet van Netbeheer Nederland



¹⁰ Verzorgingsgebieden verwijzen in deze studie naar specifieke geografische regio's die worden bediend door bepaalde transformatorstations. Een gebrek aan transportcapaciteit kan ontstaan door capaciteitsproblemen in het station of het achterliggende netwerk in het gebied maar ook op het bovenliggende hoogspanningsnet.

3. Effecten op sectoren met WKK's

In dit hoofdstuk presenteren we de geraamde effecten voor de sectoren die direct kunnen worden geraakt door de WKK-maatregel: de industrie, glastuinbouw, de energievoorziening (elektriciteits- en warmtecentrales), en overige sectoren met WKK's, waarbij we de effecten op de eerste twee sectoren bottom-up ramen op basis van modellering. In sectie 3.1 presenteren we de belangrijkste methodologische uitgangspunten voor de effectenraming in deze sectoren. In sectie 3.2 presenteren we de kwantitatieve ramingen op macroniveau. In sectie 3.3 kijken we in meer detail naar de effecten per sector, waarbij we de geraamde effecten verklaren, de spreiding van effecten binnen een sector bespreken, en ook ingaan op het handelingsperspectief¹¹ en eventuele weglekrisico's per sector. In bijlage A presenteren we meer details van de methode.

3.1. Type effecten & methode

We onderscheiden twee typen effecten. Per type laten we de volgende kwantitatieve resultaten zien:

- 1 **Economische effecten**, waarbij de impact van de WKK-maatregel op de **(1) lasten onder de energiebelasting** het meest directe effect is dat wordt geraamd. Daarnaast ramen we de impact op de **(2) totale energiekosten**. Deze kan veranderen door punt (1), maar ook als het energiegebruik van bedrijven verandert. Op basis van de directe economische effecten worden ook indirecte economische effecten geraamd, zoals de impact op de **(3) bedrijfskosten**. Bij punt (2) & (3) nemen we aan dat andere kostencomponenten gelijk blijven.
- 2 **Verduurzamingseffecten**: waarbij we de impact op het **(1) energiegebruik** en de **(2) BKG-emissies** ramen. Voor de BKG-emissies maken we onderscheid tussen scope 1 (directe schoorsteenemissies) en scope 2 (emissies door ingekochte energie).

Om de effecten van de WKK-maatregel te isoleren van ontwikkelingen die losstaan van de WKK-maatregel maken we gebruik van twee scenario's: (1) een basispad en (2) het scenario met de WKK-maatregel. Het basispad¹² is een benadering van de toekomstige situatie *zonder* de fiscale maatregel (met behoud van de WKK-vrijstelling). Het basispad identiek is niet aan de situatie op dit moment; we houden rekening met allerlei ontwikkelingen, waarbij we zo veel mogelijk aansluiten bij de ramingen in de KEV 2022.¹³ In een ideale wereld zouden we een zo nauwkeurig mogelijke voorspelling van de toekomst als basispad gebruiken. Omdat veel waardes in het basispad maar beperkte invloed hebben op de resultaten zijn we pragmatisch te werk gegaan. Het effect van de WKK-maatregel is immers het verschil tussen het basispad en het scenario met de WKK-maatregel, waardoor de absolute waardes in het basispad slechts beperkt relevant zijn voor de resultaten. De waardes van het basispad dienen daarom niet als alleenstaande resultaten te worden beschouwd.

De kwantitatieve effectenramingen worden weergegeven voor drie peiljaren (2025, 2030 en 2035):

- **De effectenraming voor 2025 is op basis van de statische effecten.** Deze geven de geraamde effecten weer als we aannemen dat het energiegebruik gelijk is aan het energiegebruik in 2021 (het basisjaar met de meest recente historische data), enkel gecorrigeerd voor de verwachte verandering in productieniveaus (op basis van onder andere

¹¹ Met handelingsperspectief bedoelen we de mate waarin bedrijven in staat zijn lastenverhoging te vermijden door rendabel investeringen in verduurzaming. Hierbij gebruiken we dus ook een economische component, en niet enkel een fysieke component (waarbij bedrijven technisch niet in staat zijn een bepaalde maatregel te nemen).

¹² Samenvatting van de belangrijkste punten die zijn meegenomen in het basispad: stijgende ETS-kosten voor de industrie (ETS), stijgende CO₂-heffingskosten voor de industrie, de uitfasering van het verlaagd tarief glastuinbouw, de opt-in van de glastuinbouw in ETS2 (voor 5% van de tuinders). De invoering van een nationale CO₂-heffing in de glastuinbouw is geen onderdeel van het basispad.

¹³ We sluiten aan bij de KEV 2022 omdat (1) de KEV 2023 en KEV 2022 dezelfde prijsramingen hanteren en (2) de KEV 2023 niet aantoonbaar beter aansluit op het huidige beeld van de verwachte beleidsontwikkeling dan de KEV 2022. Daarom zou het toepassen van de KEV 2023 scenario's geen aantoonbare verbetering opleveren.

de KEV 2022). Met andere woorden: we houden geen rekening met veranderingen in energiegebruik ten gevolge van energiebesparing of verduurzaming.

- **De effectenraming voor 2030 en 2035 is op basis van dynamische effecten.** Deze geven de geraamde effecten weer, rekening houdend met veranderingen in het energiegebruik, bijvoorbeeld doordat energiebesparing, of een andere verduurzamingsmaatregel rendabel wordt. Ook het basispad voor 2030 en 2035 houdt rekening met de veranderingen in energiegebruik ten gevolge van ontwikkelingen, zoals het beschikbaar komen van verduurzamingstechnieken en veranderingen in energieprijzen. Hierbij houden we dus rekening met gedragsverandering. In Kader 3-1 lichten we de belangrijkste uitgangspunten van de dynamische effectenraming toe. In Bijlage A geven we een meer gedetailleerde toelichting. Voor 2030 en 2035 laten we ook de statische effecten zien. Deze geven inzicht in de verwachte effecten in het geval een bedrijf het gedrag niet kan aanpassen, of niet aanpast. De statische effecten zijn geen realistische voorspelling van de daadwerkelijke effecten, omdat wordt aangenomen dat een bedrijf niet reageert op energie-ontwikkelingen (zoals ontwikkelingen in energieprijzen, het ETS, en al geplande verduurzaming).

Om zicht te krijgen in de spreiding van de effecten tussen bedrijven in dezelfde sector maken we gebruik van bedrijfsprofielen en interviews.

De bedrijfsprofielen worden gebruikt om te laten zien wat de statische impact is voor bepaalde typen bedrijven met karakteristieken die ervoor zorgen dat de WKK-maatregel vaak een relatief grote impact op deze profielen heeft. De bedrijfsprofielen geven dus geen evenwichtig beeld weer van de impact op sectorniveau, maar juist de impact op bepaalde profielen die een relatief grote lastenverzwaring ondervinden. In een enkel geval gebruiken we de profielen juist om de impact te laten zien op een profiel dat door bepaalde karakteristieken juist beperkt wordt beïnvloed door de WKK-maatregel. Ondanks het gebruik van de profielen kunnen de resultaten op bedrijfsniveau anders uitvallen dan verondersteld; er kunnen geen conclusies worden getrokken voor individuele bedrijven op basis van dit onderzoek.

Kader 3-1 Belangrijkste uitgangspunten voor dynamische effectenramingen (zie bijlage A voor details).

Voor de dynamische analyse maken we gebruik van drie methodes:

- Het **MIDDEN-model** voor de industrie: Op basis van de MIDDEN-database met aangevuld met WKK-data van BlueTerra (met daarin informatie over de beschikbaarheid en kosten van verschillende verduurzamingsopties op installatieniveau), ramen we op installatieniveau of (en zo ja, welke) verduurzamingsmaatregelen rendabel zijn in het basispad en in het scenario met de WKK-maatregel. Hierbij nemen we aan dat een maatregel wordt genomen als de netto contante waarde (NCW) groter is dan 0. Zie bijlage A.2.1 voor meer informatie.
- Het **glastuinbouwmodel** berekent (net als het MIDDEN-model) of en welke verduurzamingsmaatregelen rendabel worden in het basispad en in het scenario met de WKK-maatregel op basis van de NCW. In tegenstelling tot het MIDDEN-model is het glastuinbouwmodel niet op installatieniveau, maar op bedrijfsprofielniveau (met in totaal 30 profielen die 100% van de sector dekken). Het model is ontwikkeld met behulp van data van Berenschot & Kalavasta.¹⁴ Een ander verschil met het MIDDEN-model is dat in het glastuinbouwmodel wordt aangenomen dat er 1-2% energiebesparing per jaar autonoom plaats vindt in alle scenario's. Zie bijlage A.2.2 voor meer informatie.
- De **elasticiteitsaanpak**: De methodes die we voor de industrie en glastuinbouw hebben ontwikkeld kunnen niet voor iedere sector worden gebruikt. Dit heeft vooral te maken met ontbrekende data. Daarom gebruiken we een elasticiteitsmodel voor (1) energievoorziening en (2) gapfilling in de industrie omdat de MIDDEN-database niet 100% van de industrie dekt. Het elasticiteitsmodel gaat ervan uit dat de sectoren reageren op prijsveranderingen door het energiegebruik te verminderen op basis van de mate waarin hun consumenten reageren op prijsveranderingen (vraagelasticiteit). De vraagelasticiteit voor de chemische sector is bijvoorbeeld hoog (-1,82), wat betekent dat er bij een stijging van de energiekosten met 1% een daling van de vraag met 1,82% zou zijn (waarbij de chemische sector zou reageren door de energiekosten te beperken). Aan de andere kant is de vraagelasticiteit van de energievoorziening relatief laag (-0,1), wat betekent dat een stijging van de energiekosten met 1% slechts zou leiden tot een daling van de vraag met 0,1% (dus beperkte impact op het energiegebruik).

¹⁴ Berenschot & Kalavasta (2023). [Rekenmodel individueel sectorsysteem glastuinbouw](#)

Bovenstaande resultaten worden aangevuld met kwalitatieve inzichten over het handelingsperspectief en de eventuele weglekrisico's. Hierbij kijken we specifiek naar het handelingsperspectief van bedrijven met betrekking tot de mate waarin ze in staat zijn om een eventuele stijging van de energiekosten te voorkomen (of te dempen) door investeringen in verduurzaming. We beoordelen het handelingsperspectief niet alleen op basis van de modeluitkomsten, maar ook op basis van kwalitatieve inzichten uit interviews. We definiëren handelingsperspectief dus niet alleen als de fysieke mogelijkheid van een bedrijf om te verduurzamen, maar nemen ook een economische component mee.

Netcongestie kan het handelingsperspectief van bedrijven beperken, indien het rendabele elektrificatie belemmert. Wanneer de warmtevoorziening van een WKK wordt vervangen door (teruggaan naar) een aardgasketel zal dit tot veel hogere kosten leiden. Het alternatief voor WKK bestaat dan eerder uit elektrificatie met E-boiler en een warmtepomp, of een aansluiting op een warmtenet. Voor beide alternatieven geldt dat de infrastructuur dan wel aanwezig moet zijn. Zonder deze infrastructuur is het handelingsperspectief beperkt en het risico op hogere kosten groot.

Voor de weglekrisico's beoordelen we in hoeverre de WKK-maatregel de kans vergroot dat de productie en/of investeringen afnemen in de sectoren. Hierbij kijken we onder andere naar de mate van kostenstijging en het handelingsperspectief. Ook geven we een globaal beeld van de mate van internationale concurrentie die de sectoren die onder de WKK-maatregel vallen ervaren. Ten slotte geven we ook een indicatie van de omvang van de sectoren qua BKG-emissies waar een verhoogd weglekrisico.

Kader 3-2 licht toe wat een bedrijf kan doen bij eventuele kostenverhoging, en hoe dit kan leiden tot weglekrisico's. Figuur 3-1 geeft een overzicht van de methodes die in dit onderzoek zijn gebruikt. Voor meer informatie verwijzen we naar bijlage A.

Figuur 3-1 De overkoepelende onderzoeksaanpak

Sectorgroep	1: Industrie met WKK	2: Glastuinbouw	3: Energievoorziening	4: Overige WKK-gebruikers
Subsectoren	Raffinage Papierindustrie Voedings- en genotsmiddelen Basischemie		Elektriciteitscentrales Stadswarmtecentrales	Waterbedrijven en afvalbeheer Onderwijs Gezondheids- en welzijnzorg Cultuur, sport en recreatie
Methode 2025	Statisch effect: het effect van de WKK-maatregel bij gelijkblijvend energieverbruik			
Methode 2030 & 2035	Dynamisch effect: het effect van de WKK-maatregel bij veranderend energieverbruik. Dit wordt geraamd o.b.v.:			Statisch effect
	MIDDEN-methode	Eigen GTB-methode, o.b.v. Trinomics, BlueTerra & Berenschot/Kalavasta	Warmtenetten: eigen methode verduurzamingsprofielen, o.b.v. Trinomics & BlueTerra.	
	Sectoranalyse WKK met EMF-model			
	Dynamisch effect o.b.v. terugvalmethode met elasticiteiten (voor gap filling)		Dynamisch effect o.b.v. terugvalmethode met elasticiteiten	
Spreiding effecten	Statische analyses met behulp van bedrijfsprofielen (microprofielen opgesteld door Ministerie van Financiën + eigen profielen)			
	Kwalitatieve analyses o.b.v. interviews en sectorexpertise			
Overkoepelend	Impact op elektriciteitssysteem en producenten met EMF-model			
	Handelingsperspectief + weglekrisico's			
	Interactie met netcongestie o.b.v. ruimtelijke analyse			

Kader 3-2 Handelingsperspectief & weg: opties voor omgang met kostenverhoging en relatie weglekrisico's

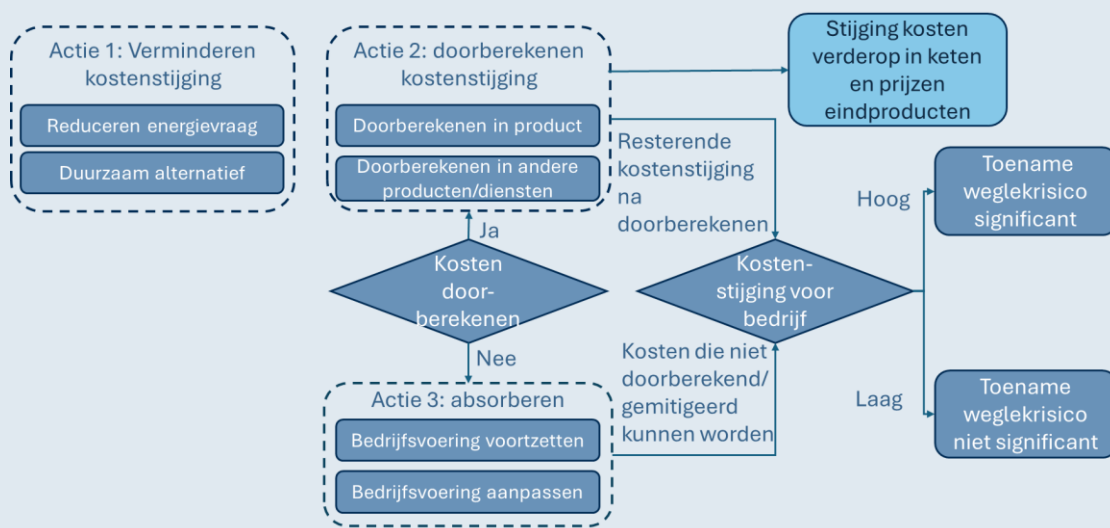
Een bedrijf met een hogere kosten door de WKK-maatregel dient één van de deze opties toe te passen:

- 1. Beperken** van **kostenverhoging** door het gasgebruik te verlagen. Dit kan door investeringen in verduurzamingsmaatregelen en/of energiebesparing. Verduurzaming zal echter alleen de kostenverhoging kunnen beperken, maar niet geheel voorkomen. Verduurzamingsmaatregelen vergen immers investeringen en rendabele maatregelen zouden al in de huidige fiscale situatie (het basispad) doorgevoerd zijn. Door investeringen in additionele verduurzamingsmaatregelen zullen de kosten dus toenemen, maar minder dan de stijging in lasten door de WKK-maatregel. Alleen als een bedrijf al in het basispad van plan is om de WKK uit bedrijf te nemen, is er geen sprake van een kostenverhoging door de WKK-maatregel omdat er geen WKK-gasgebruik meer.

2. **Doorberekenen** van de **kostenverhoging** aan klanten. In hoeverre bedrijven via prijsverhogingen van producten de lastenstijging en/of verduurzamingskosten kunnen afwentelen (doorberekenen zonder verlies van marktaandeel), hangt van meerdere marktfactoren af. Relevant factoren zijn internationale concurrentie (productdifferentiatie), het marktaandeel en de marktconcentratie. Sommige bedrijven kunnen er mogelijk voor kiezen de kosten niet direct in het geraakte product door te berekenen, maar de kostenverhoging te distribueren over andere producten en diensten. Als het doorberekenen van de kostenverhoging tot een verlies van concurrentiepositie bij binnenlandse bedrijven leidt, ontstaan weglekrisico's. De omvang van de toename in weglekrisico's hangt af van hoe groot de kostenverhoging is en de marktomstandigheden waarin het bedrijf opereert. Ook als er geen sprake is van verlies van concurrentiepositie van direct betrokken bedrijven kan de kostenverhoging effecten hebben in de keten. Zo kan de kostenverhoging impact hebben op de concurrentiepositie van afnemers, en/of leiden tot hogere prijzen van eindproducten.
3. **Absorberen** van de **kostenverhoging** ten koste van de winstgevendheid. Bedrijven die de kostenverhoging niet kunnen of willen doorberekenen hebben geen andere keus dan de kosten te absorberen (of de productieniveaus aan te passen). Omdat de kostenverhoging de marge van de bedrijven drukt wordt het minder aantrekkelijk om in deze bedrijven te investeren. Dit verhoogt het weglekrisico op lange termijn. De omvang van de toename in weglekrisico's hangt af van omvang van de lastenstijging die het bedrijf dient te absorberen, de financiële situatie van het bedrijf, en hoe de lastenstijging zich verhoudt t.o.v. andere factoren die het vestigingsklimaat van een bedrijf bepalen.

Het is mogelijk dat een bedrijf verschillende opties toepast, zoals een gedeeltelijke doorberekening en een gedeeltelijke absorptie. De mate waarin een bedrijf kan kiezen tussen deze acties hangt af van de bedrijfseconomische omstandigheden. Figuur 3-2 vat de opties schematisch samen.

Figuur 3-2 Schematische weergave handelingsperspectief & weglekrisico's



3.2. Kwantitatieve effecten op macroniveau

De figuren in deze sectie laten de directe economische effecten van de WKK-maatregel op sectorniveau zien. In sommige gevallen laten we enkel de effecten voor **2030** (het jaarlijkse effect in peiljaar 2030). De effecten voor andere peiljaren (**2025** en **2035**) zijn weergegeven in bijlage B. In de figuren in dit hoofdstuk geven we vaak de statische waarden bij de WKK-maatregel, de dynamische waarden in het basispad, en de dynamische waarden bij de WKK-maatregel:

1. De **statische ramingen** laten waarden zien bij de productie en het energiegebruik in 2021, enkel gecorrigeerd voor verwachte veranderingen van productieniveaus.
2. De **dynamische ramingen** in het **basispad** laten de waarden zien voor 2030 zonder rekening te houden met de WKK-maatregel. Gedragsverandering ten gevolge van verwachte ontwikkelingen richting 2030 worden wel meegenomen, zoals veranderingen in energieprijzen en een hogere ETS-prijs (en CO₂-heffing industrie: hierna CO₂-heffing).
3. De **dynamische ramingen** met de **WKK-maatregel** laten de waarden zien voor 2030 rekening houdend met de WKK-maatregel en gedragsverandering.

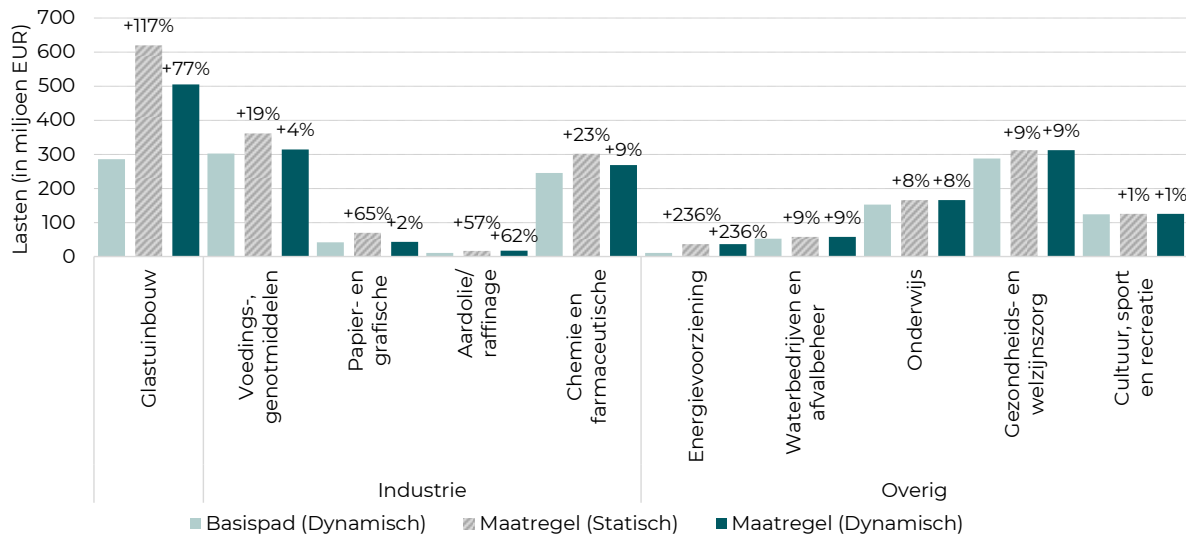
De impact van de WKK-maatregel is dus gelijk aan het verschil tussen de dynamische raming in het basispad en het dynamische scenario met de WKK-maatregel.

3.2.1. Economische effecten op macroniveau

Figuur 3-3 laat de meest directe effecten van de WKK-maatregel zien: de lasten onder de energiebelasting (EB-lasten).

- **De EB-lasten stijgen het meest in de glastuinbouw** met €219 miljoen per jaar in 2030. Ook in relatieve zin is de stijging in de glastuinbouw opvallend (+77%) ten opzichte van het basispad.¹⁵ Alleen in de sector energievoorziening is een hogere procentuele stijging zichtbaar. De relatieve stijging in de energievoorziening dient echter in perspectief te worden geplaatst. In energievoorziening was een zeer groot van het gasgebruik vrijgesteld van de energiebelasting in het basispad, waardoor de stijging procentueel zeer hoog is (de procentuele stijging startend bij een laag getal is snel hoog). De lastenstijging in de glastuinbouw is daarom het meest substantieel, hoewel ook hier geldt dat een relatief groot deel van het gasgebruik (zo'n 80%) was vrijgesteld in het basispad, wat de grote relatieve impact deels verklaart. In het basispad is al rekening gehouden met de afschaffing van het verlaagd tarief glastuinbouw.
- **In verschillende industriesectoren en in de energievoorziening wordt een lastenverzwaring van meer dan €10 miljoen per jaar in 2030 op sectorniveau geraamd.** Hierbij gaat het om de sectoren: chemie en farmaceutisch, gezondheids- en welzijnzorg, onderwijs, energievoorziening en voedings-/genotsmiddelen.
- **Ook zonder de WKK-maatregel zullen bedrijven verduurzamingsmaatregelen nemen, waardoor de lastenstijging door de WKK-maatregel minder hoog uitvalt dan dat het zou doen als bedrijven dezelfde productietechnieken zouden blijven gebruiken als nu.** Dit blijkt uit de observatie dat in vrijwel alle sectoren de statische effecten groter zijn dan de dynamische effecten. In het statische scenario (huidige productiemethoden en -technieken) stijgen de EB-lasten aanzienlijk in bijvoorbeeld in de glastuinbouw (+117%) en de papier en grafische industrie (+65%). Deze stijging wordt deels gedempt doordat bedrijven naar verwachting verduurzamingsmaatregelen nemen door marktontwikkelingen, overig beleid en/of de WKK-maatregel. Het overgrote deel van de verduurzamingsmaatregelen wordt al getroffen in het scenario zonder de WKK-maatregel, omdat deze maatregelen dan al rendabel zijn. Als gevolg van deze verduurzaming zijn de lastenstijgingen in de meeste sectoren lager dan in het statische scenario, zoals in de glastuinbouw (+77% in plaats van +117%) de papier en grafische industrie (+2% in plaats van +65%). Investerings in rendabele verduurzamingsmaatregelen mitigeren de EB-lastenstijging echter niet volledig (er vindt nog altijd een lastenverzwaring plaats).
- **Voor een aantal sectoren met WKK's heeft de WKK-maatregel slechts een zeer beperkt impact op sectorniveau.** Dit komt omdat in deze sectoren relatief weinig gasgebruik in de WKK's plaatsvindt (cultuur, sport en recreatie & waterbedrijven en afvalbeheer).

¹⁵ Alle kwantitatieve resultaten zijn ten opzichte van het basispad (de situatie in hetzelfde jaar, zonder de WKK-maatregel), tenzij anders vermeld. Voor de duidelijkheid vermelden we soms expliciet dat een resultaat ten opzichte van het basispad is.

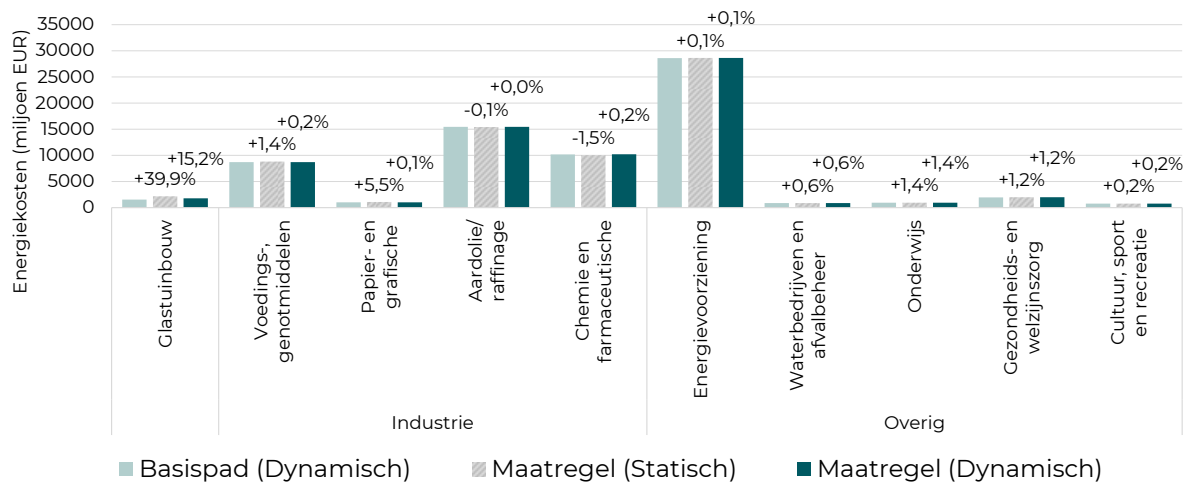
Figuur 3-3 Lasten onder de EB in het basispad & met de WKK-maatregel (statisch + dynamisch), 2030 (€ mln)


Statische effecten laten de effecten zonder gedragsverandering zien: de EB-lasten die gepaard gaat bij de energiebelasting in 2030 onder de WKK-maatregel o.b.v. het energiegebruik in 2021 en groeiramingen van PBL. De dynamische effecten zijn een raming van de effecten met gedragsverandering (indien van toepassing). Procentuele verschillen zijn t.o.v. het basispad.

Figuur 3-4 laat zien hoe de verandering in de EB-lasten zich vertaalt in de kosten voor energiegebruik:

- De stijging in de totale energiekosten is beperkter dan de stijging in EB-lasten, omdat de energieprijzen naast belastingen ook uit de groothandelsprijzen en nettarieven bestaat.** Het valt op dat de lastenstijging zich niet evenredig vertaalt in een energiekostenstijging in iedere sector. Zo stijgen de EB-lasten in de glastuinbouw met +77%, in de aardolie en raffinage-industrie met +57% en in de energievoorziening met +236%. In de raffinagesector (<0,1%) en de energievoorziening (+0,1%) leidt de relatief hoge lastenstijging tot een veel beperktere stijging van de energiekosten dan in de glastuinbouw (+15%).
- Het feit dat de lastenstijging per sector een andere impact heeft op de procentuele stijging van de energiekosten wordt grotendeels verklaard door de degressieve structuur van de energiebelasting** in combinatie met het gemiddelde gasgebruik van bedrijven in deze sectoren. Hierdoor verschilt de gemiddelde (energie)belastingdruk sterk per sector. In de glastuinbouwsector is het gemiddelde EB-tarief waartegen het gasgebruik na de WKK-maatregel wordt belast (na uitfasering van het verlaagd tarief glastuinbouw) aanzienlijk hoger dan in sectoren waar het gasgebruik gemiddeld hoger is per bedrijf (zoals in de industrie en in de energiesector).
- De totale kosten voor het energiegebruik stijgen het meest in glastuinbouwsector** in 2030 (+15%). In andere sectoren is de stijging van de energiekosten beperkt tot met minder dan 2% op sectorniveau. In de sectoren waar wel een grote procentuele stijging van de EB-lasten plaatsvindt wordt dit dus verklaard door de relatief lage energiebelastingdruk. Verder valt op dat de statische kosten in de chemische en raffinage industrie in 2025 lager zijn dan de dynamische energiekosten. Dit wordt verklaard doordat er in het dynamische scenario verduurzamingsmaatregelen worden genomen die leiden tot meer energiegebruik (CCS), maar tot lagere CO₂-kosten (gezamenlijke kosten voor ETS en de CO₂-heffing voor de industrie). De gecombineerde (energie- en CO₂-)kosten zijn lager in het dynamische scenario.

Figuur 3-4 Kosten (totaal) energieverbruik in basispad & met de WKK-maatregel, 2030 (€ mln en % stijging).

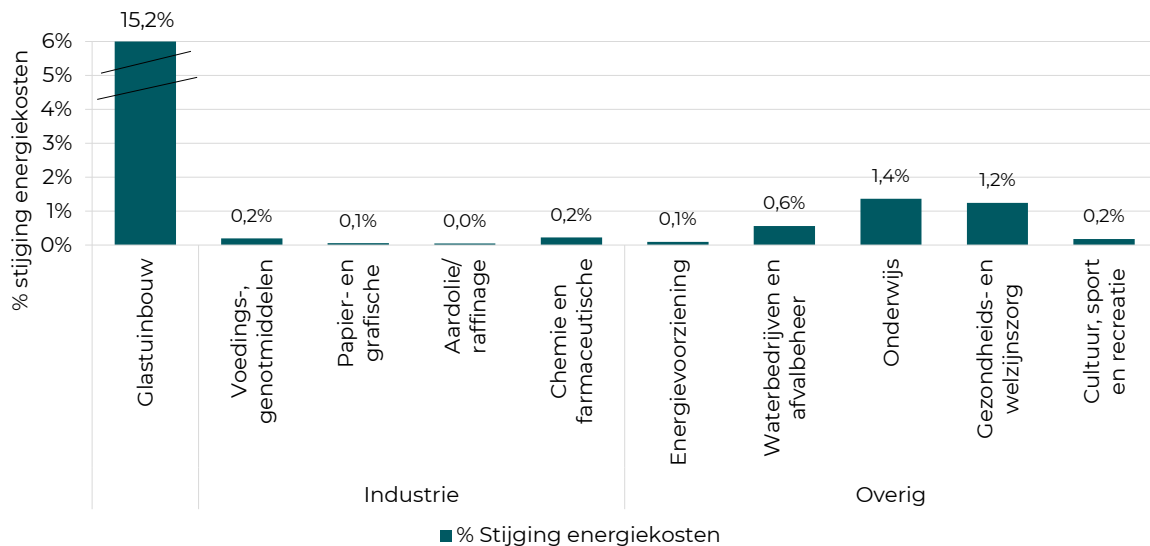


Statische effecten laten de effecten zonder gedragsverandering zien. De dynamische effecten zijn een raming van de effecten met gedragsverandering (indien van toepassing). De impact op de energiekosten kan afwijken van de impact op de EB-lasten, omdat bedrijven bijvoorbeeld switchen van energiedrager (de kosten per energiedrager verschillen). Energiekosten omvatten de kosten van energieverbruik (inclusief belastingen en netwerkkosten). Percentages zijn in vergelijking met het basispad.

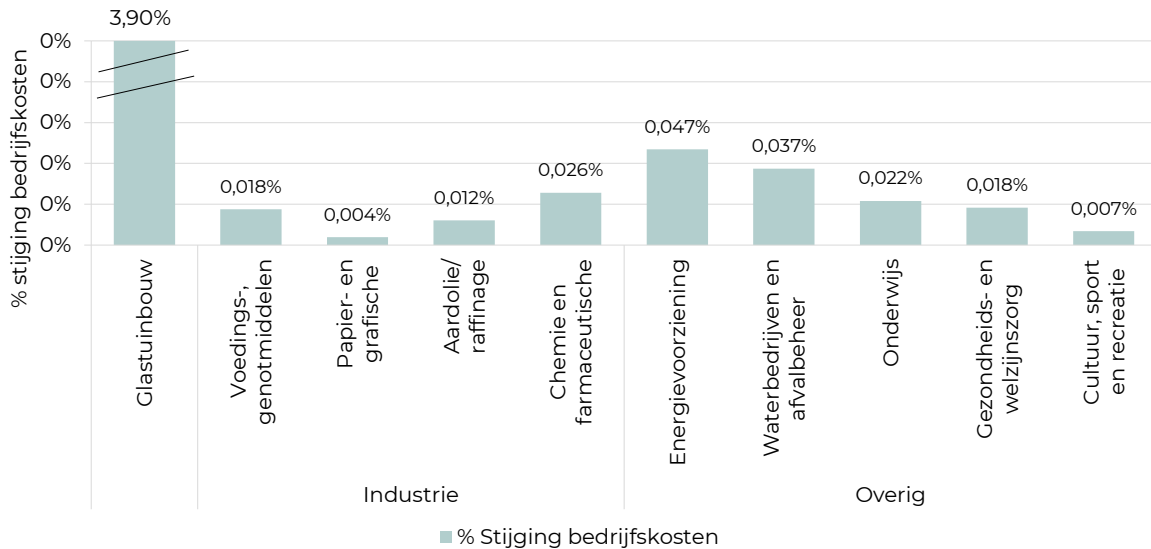
Figuur 3-5 laat de procentuele toename van energie- en bedrijfskosten zien door de WKK-maatregel:

- **De impact van de WKK-maatregel op de totale bedrijfskosten wordt (naast de hierboven behandelde punten) verder bepaald door het aandeel energiekosten in de totale bedrijfskosten.** Dit aandeel varieert sterk bij de relevante sectoren (2-52% op sectorniveau).¹⁶
- **De WKK-maatregel heeft ook het grootste impact op bedrijfskosten in de glastuinbouw (+3,9%).** Dit wordt verklaard doordat de relatief grote stijging in energiekosten (+15%) neerkomt in een sector waar de energiekosten een relatief groot aandeel hebben in de totale bedrijfskosten. In andere sectoren is de impact beperkter (stijging bedrijfskosten op sectorniveau < 0,1% toe).

Figuur 3-5 Procentuele stijging van energiekosten en bedrijfskosten ten gevolge van maatregel, 2030 (%)



¹⁶ Zo'n 25% in de glastuinbouw, 8% in de voedings- en genotmiddelenindustrie en papier en grafische industrie, 28% in de raffinagesector, 12% in de chemische sector, 53% in de energievoorziening, 7% bij waterbedrijven en afvalbeheer en 2-4% in de overige sectoren.



Totaal energiekosten voor Waterbedrijven en afvalbeheer, Onderwijs, Gezondheids- en welzijnszorgen en Cultuur, sport en recreatie worden geschat op basis van elektriciteit en gasgebruik per schijf van CBS.

3.2.2. Klimaat- en energie-effecten op macroniveau

Figuur 3-6 geeft de broeikasgas (BKG-)emissies weer in 2030 in megaton CO₂-equivalent (MtCO_{2e}).

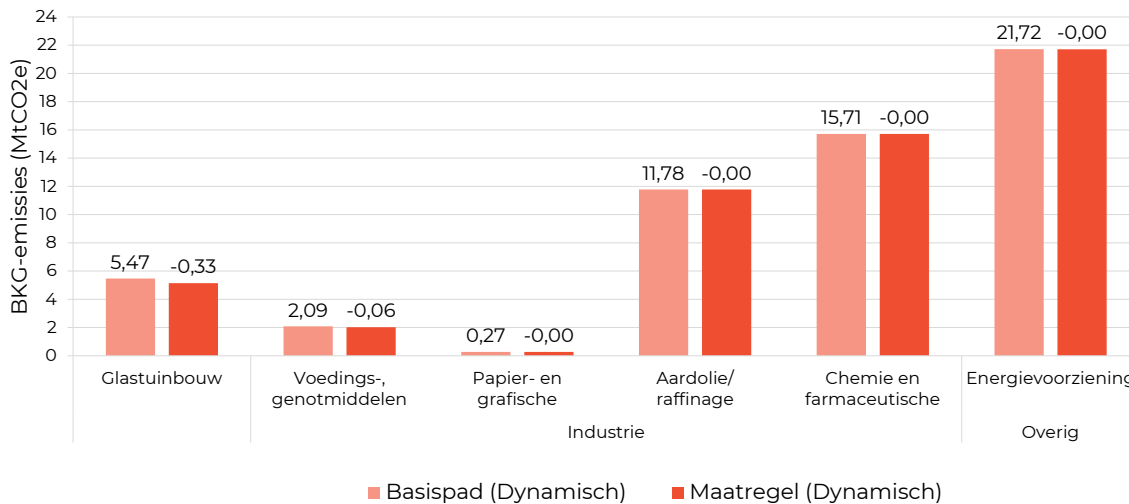
- De geraamde additionele emissiereductie ten gevolge van de WKK-maatregel is 0,40 MtCO_{2e} in 2030 (scope 1+2).** Het grootste deel van deze additionele emissiereductie (0,33 MtCO_{2e}) vindt plaats in de glastuinbouw. Het resterende deel van de reductie (0,06 MtCO_{2e}) vindt plaats in voedings- en genotmiddelen sector. De WKK-maatregel maakt verschillende verduurzamingsmaatregelen ter vervanging van WKK's weliswaar financieel aantrekkelijker, maar onvoldoende om deze maatregelen rendabel te maken. Daarnaast worden veel verduurzamingsmaatregelen al in het basispad rendabel, wat voornamelijk is gedreven door de ETS-prijs en/of het tarief van de CO₂-heffing industrie (hierna: de CO₂-prijs). De WKK-maatregel ontsluit hierdoor slechts beperkt nieuwe extra verduurzamingsopties.
- De WKK-maatregel zorgt er wel voor dat de onrendabele top van verschillende verduurzamingsopties kleiner wordt.** De WKK-maatregel verbetert de business case voor verduurzamingsopties omtrent biomassa, elektrificatie en geothermie ten opzichte van een gasgestookte WKK. De WKK-maatregel verandert echter niets aan de business case voor biogas of waterstof. De WKK-maatregel verbetert ook niet de business case voor brandstofwisseling (van aardgasgestookte WKK's naar groen gas en waterstof). Gebruik van groen gas of waterstof wordt namelijk tegen hetzelfde EB-tarief belast als aardgas. Ook leidt de WKK-maatregel niet tot een betere business case voor CCS (die zelfs kan verslechteren).¹⁷
- Bij de geraamde emissiereductie zijn geen systeemeffecten meegenomen die beperkt tot een toename van elektriciteitsemissies kunnen leiden.** De verduurzaming die door de WKK-maatregel plaatsvindt zorgt ervoor dat de WKK's minder draaiuren maken. Als de reductie in opwekking van elektriciteit wordt opgevangen door fossiele centrales leidt dit tot extra emissies op systeemniveau, waarbij in de geraamde effecten geen rekening is gehouden. Op basis van een analyse van de productiemix en de marktdynamiek is onze prognose dat deze emissies slechts zeer beperkt stijgen omdat de verminderde productie beperkt wordt ingevuld door fossiel vermogen. Het verschil zal grotendeels worden opgevangen door meer duurzame opwekking (minder afschakeling), vraagsturing en opslag. Daarnaast heeft de WKK-maatregel sowieso een effect op het aantal draaiuren van de WKK

¹⁷ Voor de CO₂-afvang is namelijk warmte en elektriciteit nodig en voor de compressie van de afgevangen CO₂ elektriciteit. Bij CCS zal deze warmte en elektriciteit van de eigen WKK afkomstig zijn. Door de WKK-maatregel wordt zowel de warmte als eigen opgewekte elektriciteit duurder en stijgen de energiekosten voor CCS t.o.v. het basispad.

ongeacht of er verduurzamingsmaatregelen worden genomen. Zo zal de industrie de gasketel meer draaiuren gaan maken ten koste van de WKK. De emissie-effecten hiervan zijn in zijn geheel niet meegenomen. De verwachting is ook in dit geval dat wanneer de ketel wordt ingezet ten koste van de WKK de verminderde inzet slechts zeer beperkt wordt opgevangen door fossiel vermogen. Een verdere toelichting op de impact van de verminderde draaiuren en BKG-emissies is te vinden in secties 3.3.1 en 3.3.2.

In bijlage B presenteren we de verduurzamingsmaatregelen die in de modellering rendabel worden. Kader 3-3 presenteert de belangrijkste bevindingen van de gevoeligheidsanalyse op de geraamde BKG-emissiereductie van de WKK-maatregel. Meer informatie hierover is te vinden in bijlage D.

Figuur 3-6 Broeikasgasemissies (scope 1+2) basispad & met maatregel, 2030 (MtCO₂e)



De labels voor maatregel (dynamische) geven het verschil in emissies aan tussen het basispad en de WKK-maatregel

Kader 3-3 Gevoeligheid van de resultaten

Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat lagere energieprijzen en het meenemen van extra CO₂-beprijzing in de glastuinbouw de geraamde BKG-emissiereductie van de WKK-maatregel significant verandert. In bijlage D gaan we beknopt in op de gevoeligheid van de resultaten bij andere aannames omtrent energieprijsscenario's, verduurzamingskosten en de impact van ETS2 en een CO₂-heffing in de glastuinbouw. In dit kader vergelijken we de geraamde BKG-emissiereductie van de WKK-maatregel in de gevoeligheidsanalyses ten opzichte van de geraamde BKG-emissiereductie van 0,40 MtCO₂e in 2030 in de resultaten.

- Het gebruik van het lage **energieprijsscenario** van de KEV maakt het gebruik van de WKK aantrekkelijker. In dit scenario is de geraamde BKG-emissiereductie van de WKK-maatregel slechts 0,08 MtCO₂e in 2030. Het hogere energieprijsscenario leidt slechts tot een zeer beperkte toename van de emissiereductie (0,41 MtCO₂e).
- Als in plaats van 5% (zoals aangenomen) 100% van de glastuinbouw onder **ETS2** komt te vallen en hierbij een prijs van €55/tCO₂ wordt aangenomen, betreft de geraamde emissiereductie van de WKK-maatregel 0,66 MtCO₂e.
- Als wordt aangenomen dat er een **CO₂-heffing voor** de glastuinbouw wordt ingevoerd (prijs €18/tCO₂) dan betreft de geraamde emissiereductie van de WKK-maatregel 0,58 MtCO₂e.
- Ook andere aannames omtrent de **kosten voor verduurzamingstechnieken** in de glastuinbouw hebben een significante impact op de geraamde BKG-emissiereducties. Als bijvoorbeeld een andere bron wordt gebruikt voor de kosten van warmtepompen (kosten zo'n 35% lager) dan is de geraamde emissiereductie van de WKK-maatregel 0,51 MtCO₂e. Lagere kosten voor restwarmte leiden ook tot meer geraamde BKG-emissiereductie, maar deze vindt al in het basispad plaats, waardoor de additionele emissiereductie van de WKK-maatregel juist iets lager is (0,37 MtCO₂e).

3.2.3. De impact van netcongestie op macroniveau

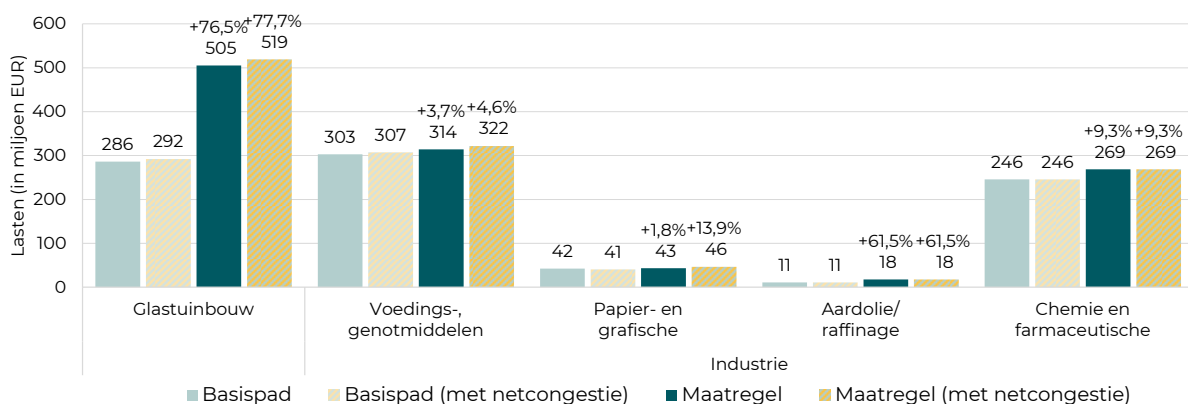
Figuur 3-7 en 3-8 laten zien hoe de geraamde macro-effecten veranderen als we de beschikbaarheid van verduurzamingsopties verder beperken in de modellering om zo de impact van elektriciteitsnetcongestie te ramen. De aannames omtrent netcongestie in de industrie zijn op basis van de resultaten van een analyse waarbij is gekeken naar de ruimte op het elektriciteitsnet in de

verzorgingsgebieden van de individuele installaties (zie hoofdstuk 4). Voor de glastuinbouw is deze ruimtelijke analyse ook uitgevoerd, maar is de gemiddelde impact van de netcongestie op tuinders meegenomen omdat de profielen niet direct gekoppeld konden worden aan de geografische locatie:

- **Netcongestie kan de geraamde verduurzaming in de glastuinbouw, voedings- en genotmiddelen industrie, en papier en grafische industrie gedeeltelijk belemmeren.** In het scenario met de WKK-matregel & netcongestie zijn de BKG-emissies in 2030 0,11 MtCO₂ hoger dan in het scenario met de WKK-maatregel & zonder netcongestie. Dit komt omdat er minder verduurzaming plaats kan vinden in het scenario met netcongestie. Dit geldt zowel voor verduurzaming die wordt gedreven door ontwikkelingen en maatregelen in het basispad, als verduurzaming die wordt gedreven door de WKK-maatregel.
- **In deze sectoren leiden de beperkingen door netcongestie ook tot hogere kosten van de WKK-maatregel.** Voor sommige bedrijven is elektrificatie meer rendabel dan de inzet van de WKK, omdat dit tot lagere energiekosten en CO₂-kosten leidt. Door netcongestie kunnen bedrijven echter tijdelijk geen gebruik maken van verschillende elektrificatie-opties. In ons netcongestiescenario is vervolgens aangenomen dat deze bedrijven de WKK blijven gebruiken en dus hogere kosten ondervinden. Voor de voedings- en genotmiddelen industrie en papier- en grafische industrie leidt netcongestie dan tot zowel hogere EB-lasten (zie Figuur 3-7) als CO₂-kosten. Voor de chemie en farmaceutische industrie zijn de EB-lasten weliswaar lager in het netcongestiescenario netcongestie, maar ervaren ze hogere CO₂-kosten die niet weergegeven zijn in Figuur 3-7.
- **Deze resultaten dienen te worden gezien als een indicatie van de impact.** Sommige bedrijven die tijdelijk niet kunnen elektrificeren vanwege netcongestie zullen mogelijk alternatieve verduurzamingsopties doorvoeren, zoals de toepassing van biogas. In ons netcongestiescenario is hier geen rekening mee gehouden. We hebben aangenomen dat bedrijven die met netcongestie te maken hebben de WKK blijven gebruiken en niet overschakelen naar alternatieve verduurzamingsopties (ook niet als deze rendabel zijn). Daarnaast hebben we aangenomen dat bedrijven nog niet voldoende afnamecapaciteit hebben om elektriciteit voor de belichting van het net te halen. In de praktijk blijkt dat een deel van de tuinders dit al wel hebben. Tot slot zijn we er vanuit gegaan dat bedrijven hun belichtingsstrategie niet aanpassen. Hierdoor is het waarschijnlijk dat de effecten van netcongestie in dit scenario worden overschat.

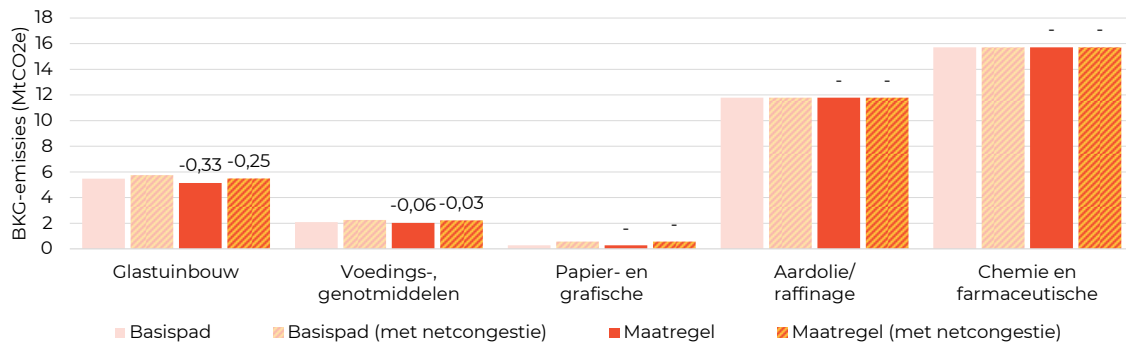
In sectie 3.3 gaan we in op de effecten van netcongestie op de impact van de WKK-maatregel op de verschillende sectoren. In hoofdstuk 4 behandelen we wat de WKK-maatregel voor impact heeft op de netcongestie.

Figuur 3-7 De EB-lasten met maatregel zonder/met netcongestie (2030), (€ mln)



Procentuele verschillen zijn t.o.v. het basispad. Het verschil tussen de scenario's met en zonder netcongestie geven een indicatie van de impact van congestie in het algemeen (dus de impact van netcongestie in het basispad en in de situatie met de WKK-maatregel). Het verschil tussen de scenario's 'Maatregel (met netcongestie)' en 'Maatregel (zonder netcongestie)' laat zien in hoeverre netcongestie de impact van de WKK-maatregel beïnvloedt.

Figuur 3-8 BKG-emissiereductie met maatregel zonder en met netcongestie (2030), (MtCO₂)



De labels geven het verschil in emissies aan tussen het basispad en de WKK-maatregel.

3.3. Gedetailleerde effecten per sector

In deze sectie gaan we in meer detail in op de effecten in de industrie, glastuinbouw, energievoorziening en overige sectoren met WKK's. Hierbij behandelen we de impact van de WKK-maatregel per sector door middel van kwantitatieve ramingen, de spreiding van effecten binnen de sectoren, de ontwikkeling van de inzet van WKK's richting 2035, het handelingsperspectief per sector en voor de sectoren industrie en glastuinbouw wordt er ook gekeken naar de weglekrisico's.

3.3.1. Industrie

De WKK wordt veel gebruikt in industrie. De industrie gebruikt 46% van het totale gasgebruik in de WKK.¹⁸ We richten ons op de industriële sectoren waarin het meeste gebruik wordt gemaakt van de WKK's. Dit zijn de voedings- en genotmiddelen, papier- en grafische, aardolie/raffinage en chemie en farmaceutische industrieën. WKK's worden ook gebruikt in de bouwmaterialen- en metaalindustrie. Veel bedrijven in deze industrieën vallen echter onder de vrijstelling voor metallurgische en mineralogische procedés, waardoor hun gasgebruik bijna geheel is vrijgesteld van de energiebelasting. We kijken daarom niet naar deze industrieën. De kwantitatieve effectenraming voor de industrie is primair gebaseerd op het MIDDEN-model, waarbij het elasticiteitsmodel is gebruikt als gapfilling. Het MIDDEN-model dekt het grootste deel van het WKK-gasgebruik van de industriële sectoren (75% tot 98%). Voor meer details over de methode verwijzen we naar Bijlage A.

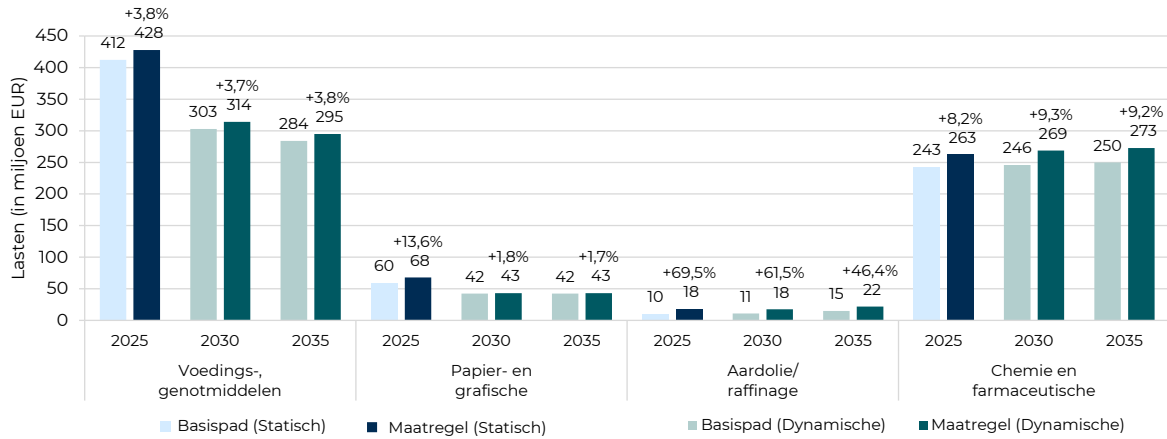
Kwantitatieve effectenraming op sectorniveau

In de aardolie- en raffinage-industrie en de chemische en farmaceutische industrie wordt een stijging van de EB-lasten geraamd in het basispad (zie Figuur 3-9). In het algemeen zijn de veranderingen in het energiegebruik het gevolg van aangenomen (en verwachte) veranderingen in energieprijzen (door o.a. veranderingen in ETS- en groothandelsprijzen, en belasting- en tarieven) en het beschikbaar komen van verduurzamingsmaatregelen. Bij deze sectoren speelt daarnaast ook de geraamde inzet van CCS een belangrijke rol. De resultaten wijzen erop dat de inzet van CCS (met behoud van de WKK) in het basispad bij een aantal installaties rendabel wordt. De inzet van CCS leidt tot meer energiegebruik, en daarmee hogere EB-lasten (maar besparingen op de kosten voor ETS en de CO₂-heffing). Aardgasgebruik in de raffinage-industrie is vrijgesteld van energiebelasting als het wordt gebruikt om brandstoffen te maken. Dit geldt ook voor het gasgebruik voor de WKK. De weergegeven EB-lasten in het basispad in de raffinage-industrie zijn voornamelijk gerelateerd aan de introductie van CCS in de sector (wat tot extra elektriciteitsgebruik leidt waarover wel belasting dient te worden betaald). In de voedings- en genotmiddelen en papier- en grafische sectoren wordt juist een daling in de EB-lasten geraamd tussen 2025 en 2035. Dit komt omdat bij deze sectoren

¹⁸ CBS (2023). [Elektriciteit; productie en productiemiddelen](#).

verduurzamingsmaatregelen rendabel worden die tot een afname van energiegebruik leiden (en/of een verschuiving van gas naar elektriciteit), zoals warmtepompen, geothermie en biomassa ketel, en daarmee tot lagere EB-lasten. Dit is het gevolg van de verwachte stijgende kosten van aardgasgebruik door de verhoging van energiebelastingtarieven en de CO₂-kosten.

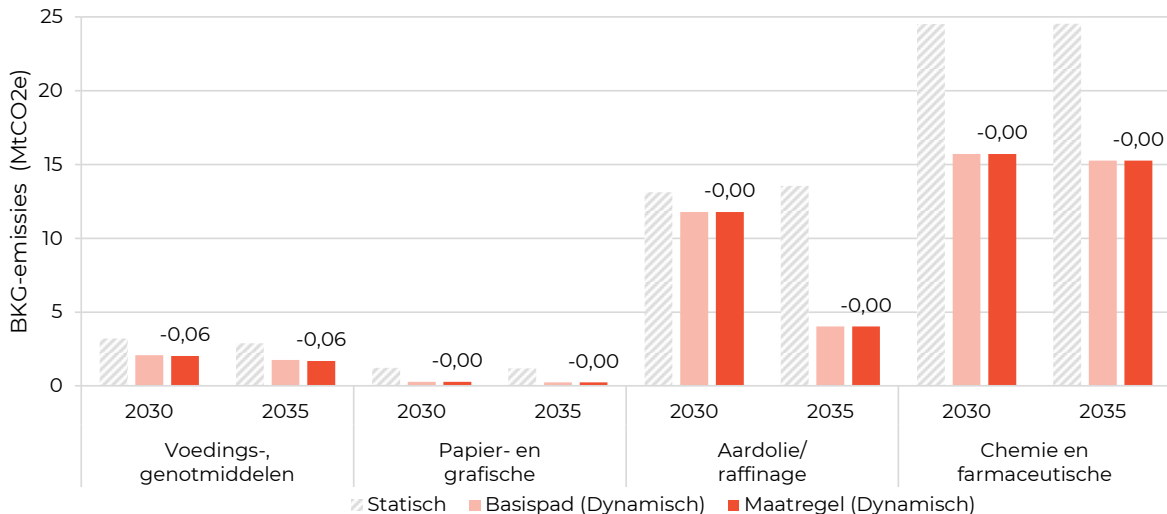
Figuur 3-9 EB-lasten voor de industriële sectoren in basispad & met maatregel, (€ mln)



De resultaten voor 2025 zijn statisch, aangezien van bedrijven niet wordt verwacht dat zij hun productieprocessen binnen dit korte tijdsbestek zullen veranderen.

In alle industriële sectoren wordt significante BKG-emissiereductie in het basispad geraamd (zie Figuur 3-10). Dit blijkt uit het verschil tussen de statische BKG-emissies en het basispad. De grootste absolute BKG-emissiereductie wordt geraamd in de chemische en farmaceutische industrie. Uit de analyse blijkt dat verschillende verduurzamingsopties bij industriële installaties rendabel worden in de komende jaren. Het grootste deel van de emissiereductie is het resultaat van CCS, elektrificatie en de switch naar biobrandstoffen. Bij een aantal installaties vindt ook de toepassing van geothermie plaats.

Figuur 3-10 Broeikasgasemissies (scope 1+2) in de industrie in basispad & met maatregel (MtCO₂e), '30 & '35



De WKK-maatregel zorgt in alle industriële sectoren voor een stijging in de EB-lasten. Het effect op de verschillende economische parameters verschilt per sector en de geraamde additionele BKG-emissiereductie is relatief beperkt:

- **Binnen de industriële sector heeft de WKK-maatregel de grootste relatieve impact op aardolie en raffinage industrie op sectorniveau** (zie Figuur 3-9). In deze sector is de relatieve stijging van de EB-lasten als gevolg van de WKK-maatregel groot in alle peiljaren. In deze sector is het gasgebruik grotendeels vrijgesteld van energiebelastingen, waarbij de

belangrijkste impact van de WKK-maatregel verband houdt met de extra belastingen op elektriciteit voor eigen gebruik. De meeste elektriciteit die in deze sector wordt geproduceerd wordt namelijk zelf gebruikt (en niet aan het net geleverd). Door de WKK-maatregel is dit gebruik niet meer vrijgesteld van de energiebelasting. Omdat CCS de meest rendabele verduurzamingsoptie is voor installaties in deze sector volgens de modellering wordt bovendien relatief weinig gekozen voor een vervanging of lagere inzet van de WKK, maar blijft de WKK draaien in combinatie met CCS.

- **Ook in de chemische en farmaceutische industrie wordt een merkbare kostenimpact van de WKK-maatregel op sectorniveau geraamd.** In deze sector hebben de meeste WKK's een efficiëntie van ten minste 30%, waardoor vrijwel al het gasgebruik in de WKK in het basispad is vrijgesteld van de energiebelasting. In de modellering wordt ook een substantiële inzet van CCS geraamd, die in het scenario met de WKK-maatregel rendabel wordt, waardoor het aardgasgebruik dus niet significant daalt. In tegenstelling tot de aardolie en raffinage industrie is het aandeel elektriciteitsproductie voor eigen gebruik relatief klein, waardoor de impact van dit onderdeel van de WKK-maatregel beperkter is.
- **Voor de voedings- en genotmiddelen industrie en de papier- en grafische industrie is het effect van de WKK-maatregel relatief beperkt op sectorniveau.** Dit wordt verklaard doordat in het basispad meerdere verduurzamingsmaatregelen worden uitgevoerd in de modellering ten gevolge van onder andere stijgende CO₂-kosten, wat de stijging in EB-lasten door de WKK-maatregel dempt. Daarnaast wordt in de voedings- en genotmiddelen industrie relatief veel gebruik gemaakt van minder efficiënte WKK's, waardoor de WKK-maatregel in sommige gevallen tot lagere lasten leidt.
- **In alle industriële sectoren is de geraamde directe stijging van de bedrijfskosten op sectorniveau ten gevolge van de WKK-maatregel gemiddeld lager dan 0,3%** (zie Tabel 3-1). De stijging in de EB-lasten vertaalt zich door in een stijging in de totale energiekosten en de totale bedrijfskosten. De grootste procentuele stijging in de totale energiekosten wordt geraamd in de chemische en farmaceutische industrie (ongeveer 0,23% in 2030), gevolgd door de voedings- en genotmiddelenindustrie, aardolie en raffinage sector en de papier- en grafische industrie. De verschillen tussen sectoren worden verklaard door (1) de grote van de stijging van de EB-lasten en (2) het aandeel van de energiebelasting in de totale energiekosten. De geraamde impact van de WKK-maatregel op de bedrijfskosten is in alle sectoren kleiner dan 0,3%. Op bedrijfsniveau kan de relatieve kostenstijging wel aanzienlijk hoger uitvallen, zoals verder toegelicht in de sectie *spreiding van effecten*.

Er wordt alleen additionele emissiereductie door de WKK-maatregel geraamd in de voedings- en genotmiddelenindustrie (zie Figuur 3-10 en Tabel 0-9 in bijlage B voor details). Met de WKK-maatregel wordt bij een aantal installaties in deze sector een biomassaketel en warmtepomp rendabeler dan de WKK. In totaal is de geraamde additionele BKG-emissiereductie in de voedingsindustrie 0,06 MtCO_{2e} per jaar in 2030 en 2035. In andere sectoren verkleint de WKK-maatregel weliswaar het financiële gat tussen fossiele productietechnieken en duurzame technieken, maar onvoldoende om verduurzamingsmaatregelen over de streep te trekken in de modellering.

Tabel 3-1 Impact op economische parameters (procentuele toe- of afname ten gevolge van maatregel)

		2025	2030	2035
Voedings-, genotmiddelen	Stijging energiekosten	+0,18%	+0,19%	+0,20%
	Stijging bedrijfskosten	+0,02%	+0,02%	+0,02%
Papier- en grafische	Stijging energiekosten	+0,76%	+0,05%	+0,05%
	Stijging bedrijfskosten	+0,06%	+0,00%	+0,00%
Aardolie/raffinage	Stijging energiekosten	+0,05%	+0,04%	+0,04%
	Stijging bedrijfskosten	+0,01%	+0,01%	+0,01%
Chemie en farmaceutische	Stijging energiekosten	+0,15%	+0,22%	+0,16%
	Stijging bedrijfskosten	+0,02%	+0,03%	+0,02%

Spreiding van effecten

De effecten van de WKK-maatregel verschillen sterk binnen de industriële sectoren. Tabel 3-2 illustreert de verschillen in de statische effecten van de WKK-maatregel op de EB-lasten en de energiekosten (gas en elektriciteit) tussen verschillende typen industriële installaties op basis van CBS-microdata verkregen via het Ministerie en op basis van eigen inschattingen:

- **Bij grote WKK's in de industrie is de procentuele toename van de EB-lasten het hoogst, maar de procentuele toename in de energiekosten het laagst.** De vergelijking tussen de grote en kleine installaties laat dit goed zien. Dit is omdat het gemiddelde EB-tarief waartegen het gasgebruik in de WKK na de WKK-maatregel wordt belast lager is in de grote installatie dan in de kleine installatie. De relatief beperkte impact van de WKK-maatregel voor bedrijven met veel gasgebruik in de WKK geldt ook voor bedrijven die relatief veel aardgasgebruik hebben buiten de WKK. Ook voor hen valt het additionele belaste aardgasgebruik in de hogere belastingschijven met de laagste tarieven.
- **Voor kleinere installaties is de impact door het degressieve karakter van de energiebelasting groter.** Hoe groter het deel van het belaste aardgasgebruik in de hoogste belastingschijf valt, hoe groter de relatieve belastingdruk. Voor kleinere WKK-installaties in de industrie of installaties met minder draaiuren is de impact op de energiekosten een stijging van 3 tot 6% in 2025 oplopend naar 5 tot 13% in 2030.
- **Industriële bedrijven die flexibel opereren ondervinden een grotere verhoging van de energiekosten dan bedrijven die baseload draaien.** Dit komt omdat baseload bedrijven een hoger gasgebruik hebben, waardoor ze eerder in de hogere schijven vallen met lagere belastingtarieven. Bovendien hebben flexibel opererende WKK's een lagere efficiëntie, waardoor een groter deel van het gasgebruik wordt belast.
- **De lastenstijging is groter voor netleverende WKK's, omdat voor deze installaties een groter deel van het gasgebruik wordt belast door de WKK-maatregel.** Dit wordt niet weergegeven in de tabel hieronder, maar blijkt uit aanvullende analyses over de spreiding.

Tabel 3-2 Statische benadering van effecten op bedrijfsprofielniveau ter illustratie van spreiding

Profiel	Gas-gebruik	E-gebruik	% WKK	% net-levering	% eigen gebruik	Renderment	2025			2030		
							Stijging lasten	Kosten		Stijging lasten	Kosten	
	1000 m ³	MWh	%	%	%	%	€1000	%	%	€1000	%	%
Industrie (klein)	13.252	27.957	80%	21%	79%	31%	584	51%	6%	1.268	103%	13%
Industrie deellast (groot)	90.000	173.466	90%	21%	79%	31%	1.734	63%	3%	2.786	92%	5%
Industrie baseload (groot)	180.000	263.091	95%	50%	50%	35%	2.219	75%	2%	4.742	149%	5%

Toelichting op de inzet van de WKK richting 2030 en de impact van de WKK-maatregel

De WKK-maatregel is voor veel partijen geen doorslaggevende factor bij de verduurzaming. Een aantal bedrijven zou ook zonder de versoering van de WKK-vrijstelling door marktomstandigheden de WKK uit bedrijf gaan nemen. Daarnaast zijn er partijen die door zaken als de maatwerkafspraken, (interne) CO₂-reductiedoelstellingen, of prognoses van CO₂-kosten al voornemens zijn om over te stappen op een alternatieve warmte-opwekker.

Een aantal bedrijven, met name bedrijven die de WKK flexibel opereren, ziet voor de komende jaren nog een grote meerwaarde voor de WKK. Door flexibel op de elektriciteitsmarkten te opereren kan geprofiteerd worden van de fluctuerende elektriciteitsprijzen op de elektriciteitsmarkt en van de waarde van flexibel opereren op de balanceringsmarkten. De mate waarin dit gebeurt hangt sterk af van het type installatie, maar ook van de warmtevraag dat bij het bedrijfsproces hoort. Meer start-stops leiden tot hogere onderhoudskosten, het is voor elke installatie anders in hoeverre deze hogere onderhoudskosten zich verhouden tot de meeropbrengsten van flexibel opereren. Een

andere reden waardoor de mate van flexibele inzet per bedrijf verschilt is dat bedrijven vaak focussen op hun kernactiviteiten. Hierdoor heeft flexibele inzet van de WKK niet altijd de prioriteit.

Het is de verwachting dat het aantal draaiuren van industriële WKK af gaat nemen de komende jaren en dat de WKK flexibeler zal worden ingezet door marktontwikkelingen. Dit werd ook door de verschillende stakeholders in de industrie benoemd. De industriële WKK sluit dan beter aan bij wat het elektriciteitssysteem nodig heeft. De WKK-maatregel kan echter een negatieve impact hebben op deze flexibele inzet. Het rendement van STEG-WKK's neemt namelijk af bij flexibele inzet. STEG's zijn ontworpen om continu op een stabiel niveau te draaien waarbij de restwarmte optimaal benut wordt voor het opwekken van elektriciteit in de stoomturbine. Frequent opstarten en stoppen verstoort dit evenwicht, waardoor de warmte niet efficiënt kan worden gebruikt. Bovendien blijft een installatie tijdens korte momenten van stilstand op een lage belasting draaien om snel weer te kunnen opstarten. Dit 'stand-by' draaien verbruikt brandstof zonder dat er elektriciteit wordt geproduceerd, wat het rendement verlaagt. Daarmee zorgt het flexibel opereren van de WKK voor een hogere belastingdruk per eenheid brandstofinput. Daarmee heeft de WKK-maatregel een licht beperkend effect op de flexibele inzet van industriële WKK's.

Handelingsperspectief

Uit de kwantitatieve analyse blijkt dat het handelingsperspectief voor industriële bedrijven om een verhoging van EB-lasten te verminderen door verduurzaming beperkt lijkt. Buiten de maatregelen in de voedings- en genotsmiddelenindustrie (besproken aan het begin van deze sectie) worden er geen maatregelen rendabel ten gevolge van de WKK-maatregel. Dit betekent dat de mogelijkheden om de kostenverhoging te dempen met verduurzaming beperkt zijn. Met handelingsperspectief doelen we op de mate waarin bedrijven in staat zijn lastenverhoging te vermijden door rendabele investeringen in verduurzaming. Hierbij gebruiken we dus ook een economische component, en niet enkel een fysieke component. We zeggen dus niet dat al deze bedrijven technisch niet kunnen verduurzamen.

Dit beeld wordt bevestigd in interviews: diverse bedrijven geven aan voorlopig geen alternatief te hebben voor het invullen van de warmtevraag. Zo zijn veel warmtealternatieven, zoals waterstof en groen gas, (nog) niet op grote schaal beschikbaar tegen een competitieve prijs. Bovendien zorgt de WKK-maatregel er dus ook niet voor dat het prijsverschil tussen de huidige productiemethode en duurzame alternatieven wordt overbrugt. Hoewel BKG-emissiereductie met CCS in het model bij een aantal installaties rendabel wordt in het basispad, geven partijen aan dat de infrastructuur voor CCS nog niet aanwezig is en dat CCS op sommige locaties geen optie is (vanwege ruimtegebrek). Bovendien worden verduurzamingsopties waarbij de WKK behouden blijft niet aantrekkelijker ten gevolge van de WKK-maatregel. Bijvoorbeeld het gebruik van waterstof als brandstof, en/of de combinatie met CCS wordt fiscaal niet anders behandeld dan de inzet van aardgas (en zonder CCS).

De financiële prikkel op energiebesparing en verduurzaming is afhankelijk van de marginale belastingdruk. Deze is voor veel bedrijven veel lager dan de gemiddelde belastingdruk door het degressieve belastingstelsel. Een verminderde inzet van de WKK leidt tot minder energiebelasting in de belastingschijf met het laagste tarief (het marginale tarief). Hierdoor is de prikkel voor verminderde inzet van de WKK is relatief klein bij bedrijven met veel gasgebruik.

Bovendien belemmert netcongestie de mogelijkheden tot elektrificatie. Het probleem van netcongestie heeft vooral gevolgen voor de voedings- en genotmiddelen en papier- en grafische industrieën. Voor sommige bedrijven in deze sectoren zijn er problemen met de netcapaciteit op basis van hun locatie, wat betekent dat elektrificatie niet altijd haalbaar is. Deze beperking leidt tot hogere energiekosten en beperkt de mogelijkheden om emissies te verminderen. De beperkte geraamde emissiereductie in de industriële sector halveert als rekening wordt gehouden met congestie (zie hoofdstuk 3.2.3).

Impact van de WKK-maatregel op de draaiuren van de WKK en scope 2 BKG-emissies

De WKK in de industrie past van oudsher goed bij stabiele baseload inzet. Industriële processen hebben vaak een constante vraag naar zowel elektriciteit als warmte (stoom) voor hun productieprocessen. WKK's zijn zowel kosten- als energetisch efficiënt in het opwekken van zowel elektriciteit en warmte, waardoor ze vanuit technisch oogpunt ideaal zijn voor continue baseload inzet. Stabiele en continue inzet zorgt bij STEG-installaties ook voor het hoogste praktijkrendement: het constant draaien op baseload zorgt voor optimaal brandstofgebruik, minder slijtage aan de installatie en lagere operationele kosten. Naast de WKK is er vaak ook nog een standalone stoomketel aanwezig voor de invulling van de piekvraag en als back-up. Bij enkele industriële bedrijven staat ook een e-boiler om op specifieke momenten aan de energievraag te voldoen.

Door de energietransitie wordt flexibeler opereren interessanter. Doordat het aandeel hernieuwbare energiebronnen in de totale mix toeneemt fluctueren elektriciteitsprijzen meer. Door flexibeler te opereren, kunnen STEG-installaties bijvoorbeeld elektriciteit produceren als de prijzen hoog zijn en de productie verminderen als de prijzen laag zijn. Dit kan door operationele aanpassingen van de installatie, zoals het verminderen van de belasting van de gasturbine of een bypass van de stoomturbine. Ook kunnen er standalone stoomketels in worden gezet op momenten van lage elektriciteitsprijzen. De flexibilisering van de elektriciteitsopwekking in de industrie zal de komende jaren door marktontwikkelingen verder toenemen. Industriële WKK-installaties zullen, binnen de operationele beperkingen, minder draaiuren gaan maken. Dit zal leiden tot meer draaiuren van de gasketel tenzij er een duurzaam flexibel alternatief is voor hun warmtevraag, zoals een e-boiler.

De verschuiving in de inzet van de WKK naar elektrische warmte opwek of warmte uit de ketel wordt door de WKK-maatregel verder gestimuleerd worden. Immers, de kosten voor de aardgasinput en daarmee de warmteprijs uit een WKK nemen toe terwijl de warmteprijs vanuit een aardgasketel gelijk blijft. Hierdoor zal sneller het omslagpunt bereikt worden waarop de warmte uit een ketel goedkoper wordt dan uit de WKK. De impact van de WKK-maatregel is afhankelijk van de marginale kostenstijging van de aardgasinput van de WKK. Deze bedraagt voor industriële WKK's 4 tot 6% van de inputkosten.

De exacte impact van de WKK-maatregel op het aantal draaiuren van de WKK is sterk afhankelijk van de technische kenmerken van de installatie en de bedrijfsvoering en zal dus per installatie verschillen. Bovendien hebben marktontwikkelingen een zeer grote invloed op de uiteindelijke impact van de WKK-maatregel op de inzet van de WKK. Gezien de relatieve kleine marginale prijsverhoging ten opzichte van de impact van marktontwikkelingen is onze inschatting dat de impact op het aantal draaiuren beperkt blijft. Een eerste inschatting op basis van het EMF-model is dat de WKK 50 tot 100 draaiuren per jaar minder zal draaien door de WKK-maatregel ten koste van de gasketel.

Deze vermindering van het aantal draaiuren van de WKK is niet meegenomen in de doorrekening van stijging van de energiekosten voor de industriële sectoren. Gezien het beperkte aantal draaiuren waarop de meerkosten gedeeltelijk zouden kunnen worden vermeden door een veranderende inzet van de WKK is deze impact echter zeer beperkt.

De vermindering van het aantal draaiuren van de WKK ten koste van een gasketel leidt tot een beperkte directe emissiereductie in de industrie. De toename van scope 2 emissies is naar verwachting beperkt. Zoals in toegelicht in hoofdstuk 2 is de thermische efficiëntie van een ketel hoger dan die van een WKK (maar de gecombineerde efficiëntie lager). Een verschuiving van WKK naar ketel verlaagt dus de directe (scope 1) emissies. De impact op de indirecte (scope 2) emissies is moeilijk te bepalen. Echter, het lijkt aannemelijk dat de WKK minder zal gaan draaien op momenten dat de elektriciteitsprijs. Dit zijn vaak momenten dat de emissie-intensiteit van elektriciteit van het net (zeer) laag is. De WKK zal in de regel niet minder gaan draaien ten koste van een aardgascentrale omdat dan de elektriciteitsprijzen hoog zijn en het dus rendabeler is om warmte met de WKK op te wekken. In deze redenatie zal de verminderde inzet van industriële WKK door de WKK-maatregel

leiden tot minder afschakeling van duurzame energie en betere benutting van vraagsturing en opslag. Slechts op specifieke momenten zouden fossiele elektriciteitscentrales de verminderde hoeveelheid draaiuren van de WKK opvangen. Het verminderd aantal draaiuren van WKK in de industrie zou daarmee dus tot een zeer kleine toename van de BKG-emissies in de elektriciteitssector leiden. Voor bedrijven die een e-boiler of biomassaketel hebben geïnstalleerd zal dit ook leiden tot een lichte verschuiving van de inzet naar de e-boiler of biomassaketel ten koste van de WKK. Ook hierbij geldt dat dit vooral gebeurt op momenten met lage elektriciteitsprijzen en dus een lage marginale emissiefactor.

Weglekrisico's

De WKK-maatregel verhoogt in alle industriële sectoren de energiekosten en de mogelijkheden om dit te voorkomen met rendabele verduurzaming zijn beperkt. De omvang van de gemiddelde kostenverhoging verschilt per sector, met de grootste impact op de aardolie- en raffinage-industrie. Voor de voedings- en genotsmiddelenindustrie en de papier- en grafische industrie is het effect beperkt op sectorniveau.

Het is niet aannemelijk dat de industriële bedrijven de kostenstijging volledig kunnen doorberekenen naar hun afnemers zonder verlies van marktaandeel. De mate waarin kosten kunnen worden doorberekend zonder verlies van marktaandeel, hangt af van de markten waarin bedrijven opereren. Industriële bedrijven kunnen de impact van de geraamde kostenstijging verzachten door deze kosten door te berekenen aan leveranciers (upstream) door lagere prijzen te onderhandelen of aan afnemers (downstream) door hogere verkoopprijzen. Door het internationale karakter van de markten waarin de relevante industriële bedrijven opereren, zowel in de EU als buiten de EU, is de mogelijkheid voor doorberekenen van de hogere kosten door nationaal beleid beperkt:

- **Volgens de Europese Commissie hebben drie van de vier industriële sectoren een significant risico op koolstoflekkage op Europees niveau.** Dit geldt voor de papier- en grafische industrie, aardolie- en raffinage-industrie en chemische en farmaceutische industrie. Alleen bij de voedings- en genotsmiddelenindustrie ziet de Commissie geen significant risico voor koolstoflekkage los van enkele specifieke subsectoren.¹⁹ Dit betekent dat de voedings- en genotsmiddelenindustrie als geheel minder kwetsbaar is voor extra kosten ten gevolge van klimaatbeleid dan de andere drie sectoren met WKK's vanuit een EU-perspectief. Dit betekent echter niet dat bepaalde subsectoren of bedrijven geen verhoogd risico hebben op koolstoflekkage.
- **Bovendien is de WKK-maatregel een nationale lastenverzwaring, terwijl uit onderzoeken blijkt dat de energiekosten voor de Nederlandse industrie al relatief hoog zijn ten opzichte van buurlanden.** Voor de WKK-maatregel geldt dat het een nationale maatregel is, waardoor ook concurrentie vanuit EU-landen relevant is. Recentelijk is er onderzoek uitgevoerd naar de elektriciteitskosten voor de industrie in Nederland²⁰ in vergelijking met buurlanden en naar het algemene speelveld.²¹ Hieruit blijkt dat de elektriciteitsprijs voor grootverbruikers in Nederland relatief hoog is, onder andere omdat volumekortingen (gedifferentieerde lagere nettarieven voor grootgebruikers) in 2024 zijn afgeschaft, terwijl omringende landen deze behouden. Het Europese speelveld is voor middelgrote gebruiker meer gelijk, omdat bedrijven in omringende landen hier ook geen recht hebben op volumekortingen. De toename van de energiebelastingkosten vindt plaats in een context waarin Nederland al relatief hoge energiekosten heeft in vergelijking met omringende landen. Daarbij zal het Nederlandse elektriciteitsnet in de komende jaren ook verzwaaard moeten worden, wat voor hogere netwerkkosten kan zorgen. Nederland kent geen

¹⁹ *Olie en vetten, zetmeel, suiker, malt, aardappelverwerking, melkpoeder, wei en bakkergist staan wel op de Commissielijst van sectoren met een significant risico op koolstoflekkage.*

²⁰ *E-Bridge (2024). Electricity cost assessment for large industry in the Netherlands, Belgium, Germany and France.*

²¹ *Strategy& (2024). Speelveldtoets 2024 - Effecten van de aanscherping van het energie- en klimaatbeleid op de industrie*

vrijstellingen en verlichtingen die de stijging van netwerkkosten voor bedrijven in de verschillende industriële sectoren zullen verzachten.²⁰ Voor de raffinagesector meldde de speelveldtoets dat Nederlandse raffinaderijen een klein marktaandeel binnen de Europese markt voor raffinageproducten hebben, waardoor hun marktmacht beperkt is. Het is waarschijnlijk dat ze beperkte mogelijkheden hebben om kosten door te berekenen.

Aangezien de mogelijkheden beperkt lijken om kostenstijgingen te dempen of door te zetten zullen kostenstijgingen grotendeels te worden geabsorbeerd door de industriële bedrijven. Dit vermindert de winstgevendheid van de industriële bedrijven. In het algemeen geldt dat een lagere winstgevendheid het concurrentievermogen verlaagt. Of, en in welke mate, de WKK-maatregel investeringen in Nederland minder aantrekkelijk maakt hangt ook af van de winstgevendheid van buitenlandse concurrenten (onder andere beïnvloed door energiebelastingregels in die landen).

De geraamde stijging van de EB-lasten is in een aantal onderzochte industriële sectoren meer dan 1% van de bruto toegevoegde waarde.²² Door de WKK-maatregel stijgen de lasten van de bedrijven met een WKK in de sectoren aardolie/raffinage (19.20), zetmeel en zetmeelproducten (10.62) en petrochemische producten (20.13) gemiddeld >1% van de toegevoegde waarde op sectorniveau.²³ Deze sectoren worden al beschouwd als sectoren met een significant risico op koolstoflekage. Voor deze deelsectoren kan dus gesteld worden dat de WKK-maatregel hun bestaande risico op weglek verder verhoogd. Hier is daarom niet verder naar gekeken in dit onderzoek. Voor de andere industriële sectoren bedraagt de lastenstijging minder dan 1% (of is in sommige gevallen zelfs negatief).

De WKK-maatregel vergroot dus het weglekrisico bij bedrijven in sectoren waarvan de meeste al een bestaande weglekrisico's hebben. Rond 65% van industriële BKG-emissies komt uit bedrijven die worden geraakt door de WKK-maatregel.²⁴ De BKG-uitstoot van deze bedrijven is ongeveer 24 MtCO_{2e} in het basispad in 2030.²⁵

3.3.2. Glastuinbouw

In de glastuinbouwsector worden zo'n 2500 WKK's gebruikt. Deze installaties gebruiken ongeveer een derde van het totale WKK-gasgebruik.²⁶ Voor de analyse van de glastuinbouw hebben we een methode ontwikkeld die vergelijkbaar is met de industriemethode en gebruik maakt van data van Berenschot & Kalavasta.²⁷

Kwantitatieve doorrekening op sectorniveau

Zonder de WKK-maatregel (basispad) wordt een significante stijging geraamd in de EB-lasten op sectorniveau tussen 2025 en 2035 in de glastuinbouwsector (zie Figuur 3-11). De belangrijkste oorzaak voor de lastenstijging in het basispad tussen 2025 en 2030 is de uitfasering van het verlaagd tarief glastuinbouw. Voor glastuinbouwbedrijven gelden nu nog lagere belastingtarieven voor gas in schijven 1 en 2 dan in alle andere sectoren (zoals weergegeven in Tabel 1-2 in sectie 1.3). Zoals aangekondigd in het belastingplan 2024 wordt deze uitzonderingspositie geleidelijk uitgefasseerd tussen 2025 en 2035. Hierdoor stijgen de EB-lasten in de sector voor het gasgebruik dat niet van de energiebelasting is vrijgesteld. Doordat de WKK-maatregel ertoe leidt dat een steeds kleiner deel van het aardgasgebruik vrijgesteld is van de energiebelasting, zijn de EB-lasten door de WKK-maatregel in 2035 flink hoger dan in 2025. Als gevolg van de veranderingen in energieprijzen in het basispad

²² In fase 3 van het ETS werden sectoren met een stijging van meer dan 5% van de bruto toegevoegde waarde aan ETS-kosten (i.c.m. een handelsintensiteit van 10%) als sectoren met een significant risico op koolstoflekage beschouwd. In

²³ Op basis van de resultaten van de MIDDEN-methode WKK-maatregel. Deze analyse is voornamelijk gericht op de ETS-industrie. Aangenomen wordt dat de WKK-maatregel een grotere impact op het weglekrisico zou hebben als de verandering in lasten als aandeel van bruto toegevoegde waarde groter is dan 1%.

²⁴ Op basis van de WKK database van BlueTerra en emissies per bedrijf van de [emissieregistratie](#).

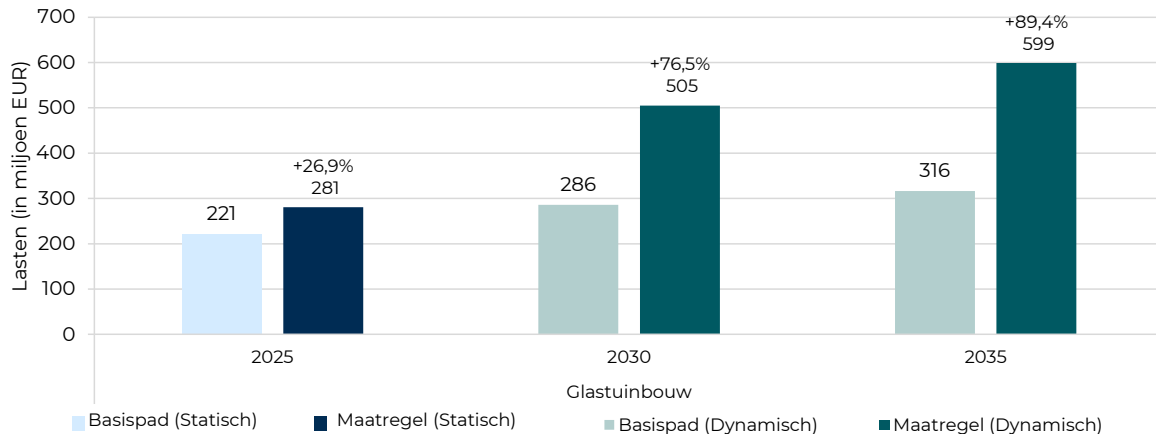
²⁵ Op basis van de dynamische emissies in het basispad scenario in 2030 voor industrie bedrijven met WKK.

²⁶ CBS (2023). [Elektriciteit: productie en productiemiddelen](#).

²⁷ Berenschot & Kalavasta (2023), [rekenmodel individueel sectorsysteem glastuinbouw](#)

worden ook veranderingen in energiegebruik geraamd. Energieprijzen veranderen niet alleen als gevolg van de uitfasering van het verlaagd tarief glastuinbouw, maar ook door onder andere veranderingen in groothandelsprijzen, nettarieven en de invoering van ETS2 (voor een deel van de grote energiegebruikers). Dit leidt ook tot ander energiegebruik en -kosten. In het basispad nemen we aan dat 5% van de glastuinbouw onder ETS2 komt te vallen (en nemen we de invoering van een nationale CO₂-heffing voor de glastuinbouw niet mee – zie bijlage D.2).

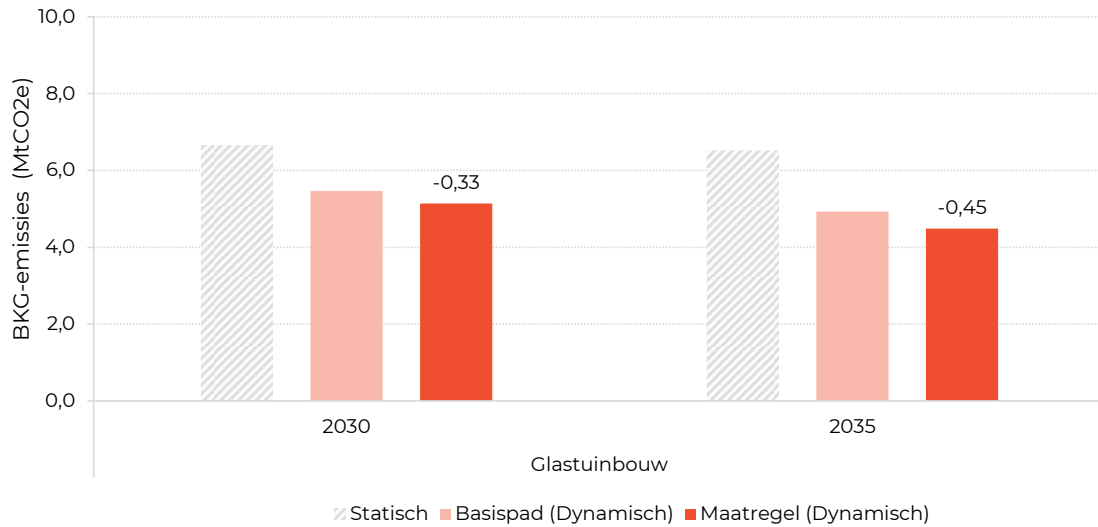
Figuur 3-11 EB-lasten in de glastuinbouw in het basispad & met maatregel, (€ mln)



In de glastuinbouw wordt zonder de WKK-maatregel een BKG-emissiereductie geraamd van 1,2 MtCO₂e per jaar in 2030 (zie Figuur 3-12).²⁸ Dit is voornamelijk (75%) het resultaat van de aangenomen autonome energiebesparing in de glastuinbouwsector.²⁹ De overige 25% wordt verklaard doordat duurzame alternatieven volgens de modellering rendabel worden in het basispad. De resultaten voor het basispad (het verschil tussen de statische en basispad emissies) laten ook zien dat verduurzaming (inclusief het vervangen van de WKK en gasboiler) in de glastuinbouwsector in minder gevallen rendabel wordt dan in de industrie. Dit is omdat de kostenbesparingen van verduurzaming in de industrie groter zijn dan in de glastuinbouw. Waar verduurzaming in de industrie ervoor zorgt dat kosten het EU-ETS en de CO₂-heffing worden ontlopen, geldt er momenteel geen CO₂-prijs voor het grootste deel van de glastuinbouw. Daarom blijven verduurzamingsalternatieven in veel gevallen minder rendabel dan huidige technieken in het basispad. De 0,3 MtCO₂e reductie (25% van het totaal in het basispad) wordt in de modellering verklaard door een gedeeltelijke overgang van de WKK naar de inzet van met name warmtepompen en in mindere mate geothermie en aquathermie, in combinatie met een WKK. Bij bedrijfsprofielen zonder WKK observeren we een overgang van de gasboiler naar de inzet van zowel een gasboiler als een WKK. Bij deze profielen wordt in het basispad dus juist een overgang naar meer WKK's geraamd.

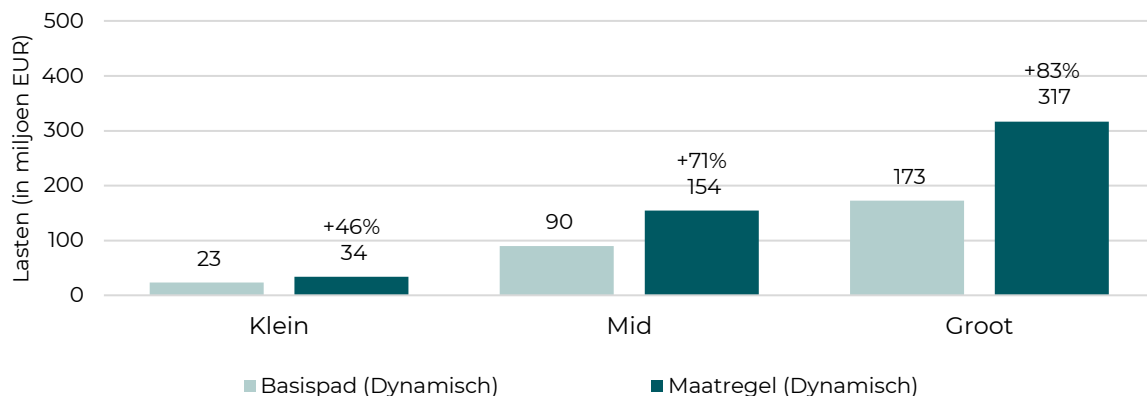
²⁸ De absolute waarden in het basispad zijn beperkt relevant voor de resultaten en dienen niet als alleenstaande resultaten te worden beschouwd.

²⁹ Er wordt een autonome verbetering van de energie-efficiëntie aangenomen van 1-2% per jaar in de glastuinbouw om aan te sluiten bij de methode van Berenschot en Kalavasta. Voor de industrie nemen we dit niet aan. Alle geraamde verduurzaming in de industrie is dus het resultaat van investeringen in verduurzaming die rendabel worden door ontwikkelingen in de modellering, terwijl een groot deel van de geraamde verduurzaming in de glastuinbouw door een algehele aanname wordt verklaard.

Figuur 3-12 Broeikasgasemissies (scope 1+2) in glastuinbouw in basispad & met maatregel (MtCO₂e) '30 + '35


De **WKK-maatregel** zorgt in glastuinbouw voor bijna een verdubbeling van de gemiddelde **EB-lasten op sectorniveau in 2030 en 2035** (zie Figuur 3-11). In 2025 is de geraamde lastenstijging beperkt tot 27%, omdat een groot deel van het gasgebruik wordt belast tegen de verlaagde tarieven in schijven 1-2 en omdat de WKK-maatregel gefaseerd wordt ingevoerd. In 2030 is de lastenstijging groter (77%) omdat het verlaagd tarief dan al verder is uitgefaseerd. Een andere belangrijke oorzaak voor de grote impact in de glastuinbouw in vergelijking met andere sectoren is het hoge aandeel aardgas dat in de WKK wordt ingezet in de glastuinbouw (80%). In andere sectoren wordt relatief meer gas gebruikt in gasboilers en procesinstallaties. Met andere woorden: een relatief groot aandeel van het aardgasgebruik in de glastuinbouw is op dit moment volledig vrijgesteld van de energiebelasting. Dit gasgebruik wordt met de WKK-maatregel onder de energiebelasting gebracht, waarna het fiscaal gelijk wordt behandeld als het aardgasgebruik in andere installaties.

De absolute financiële impact is het grootst bij glastuinbouwbedrijven met veel gasgebruik, omdat deze bedrijven een groter deel van het aardgasgebruik in de WKK inzetten (zie Figuur 3-13). Bij grote bedrijven wordt namelijk gemiddeld 87% van het gasgebruik ingezet in WKK's, tegenover 62% bij kleine bedrijven en 68% bij middelgrote bedrijven. Hierdoor is de procentuele lastenstijging bij grote glastuinbouwbedrijven groter dan bij kleine bedrijven, ondanks het feit dat de belastingtarieven voor grote bedrijven lager zijn vanwege de degressieve tariefstructuur. Hierbij wordt echter geen rekening gehouden met de relatieve impact op de bedrijfskosten.

Figuur 3-13 Kosten energiebelasting glastuinbouw per bedrijfsgrootte basispad & met maatregel, '30 (€ mln)


De hogere **EB-lasten vertalen zich zichtbaar op de verschillende economische parameters in de glastuinbouwsector** (zie Tabel 3-3). Zo stijgen de geraamde totale energiekosten met 15% (2030) en 23% (2035) ten gevolge van de WKK-maatregel. De geraamde stijging van de bedrijfskosten is met 4-

5% op sectorniveau ook zeer significant. Kostenstijgingen van deze omvang kunnen gepaard gaan met een significante productiedaling.

Tabel 3-3 Impact op economische parameters (procentuele toe- of afname ten gevolge van maatregel)

		2025	2030	2035
Glastuinbouw	Stijging energiekosten	+3,19%	+15,15%	+23,37%
	Stijging bedrijfskosten	+0,90%	+3,90%	+5,32%

De additionele geraamde BKG-emissiereductie in de glastuinbouwsector ten gevolge van de WKK-maatregel is 0,33 MtCO₂e per jaar in 2030 (zie Figuur 3-12). In 2035 stijgt de geraamde emissiereductie naar 0,45 MtCO₂e per jaar. Het grootste deel van de extra emissiereductie is het gevolg van elektrificatie (warmtepompen), geothermie, en aquathermie. Het wordt namelijk voor tuinders met ketels aantrekkelijker (meer rendabel) om over te stappen naar warmtepompen en geothermie, terwijl het zonder de WKK-maatregel het meest rendabel is om over te stappen naar WKK's. De WKK-maatregel voorkomt dit. De beschikbaarheid van SDE++ voor warmtepompen is in het model gelimiteerd vanwege de huidige opzet van de SDE++ en het te verwachten budget voor warmtepompen in de tuinbouw. Een ruimere beschikbaarheid van SDE++ zou modelmatig een grotere impact van de WKK-maatregel op de BKG-emissiereductie betekenen.

Spreiding van effecten

De effecten van de WKK-maatregel verschillen sterk tussen verschillende type glastuinbouwbedrijven. Tabel 3-4 illustreert de verschillen in de statische effecten van de WKK-maatregel op de EB-lasten en de energiekosten (gas en elektriciteit) in tussen verschillende typen glastuinbouwprofielen (op basis van CBS-microdata verkregen via het Ministerie):

- **De relatieve lastenverhoging neemt toe naarmate het aandeel WKK-gebruik stijgt.** Een hoog aandeel WKK-gebruik betekent namelijk dat een groot deel van het gasgebruik vrijgesteld is in het basispad en dus lage EB-lasten heeft in het basispad. Het profiel van de chrysantenteler heeft daarom de laagste procentuele lastenstijging.
- **Belichtende glastuinbouwbedrijven ondervinden een hogere lastenverzwaring dan niet-belichtende bedrijven.** Dit komt omdat belichtende bedrijven een relatief groot deel van de opgewekte elektriciteit zelf gebruiken. Doordat de WKK-maatregel de vrijstelling verder beperkt voor elektriciteit voor eigen gebruik dan voor elektriciteit voor netlevering wordt de belichtende tuinder dus zwaarder geraakt.
- **Glastuinbouwbedrijven met relatief veel aardgasgebruik ondervinden minder lastenstijging dan bedrijven met een lager gebruik,** net als bij de andere sectoren als gevolg van de degressieve tariefstructuur.

Tabel 3-4 Statische benadering van effecten op bedrijfsprofielniveau ter illustratie van spreiding

Profiel	Gas-gebruik <i>1000m³</i>	E-gebruik <i>MWh</i>	% WKK	% net-levering	% eigen gebruik	Ren-dement	2025			2030		
							Stijging lasten		Kosten	Stijging lasten		Kosten
							€1000	%	%	€1000	%	%
Chrysant (belicht, 4 ha)	2.200	3.000	85%	37%	63%	40%	67	47%	5%	267	136%	19%
Paprika (onbelicht, 6 ha)	3.300	300	93%	99%	1%	40%	7	12%	0%	252	252%	15%
Potplant (belicht, 3 ha)	1.350	300	91%	38%	62%	40%	43	262%	8%	184	409%	28%
Tomaat (belicht, 8 ha)	6.000	400	95%	49%	51%	40%	199	458%	8%	719	713%	26%

Ontwikkelingen inzet de WKK in de glastuinbouw richting 2035

In interviews wordt aangegeven dat WKK's ook na de WKK-maatregel voorlopig nog ingezet in de glastuinbouw en dat beschikbare alternatieven slechts in beperkte mate rendabel worden

door de WKK-maatregel. Dit bevestigt ons bestaande beeld. Vanuit economisch oogpunt blijven WKK's in veel gevallen in de glastuinbouw een logische optie in de periode t/m 2035. Door de WKK-maatregel, andere beleidsontwikkelingen, marktontwikkelingen en het beschikbaar komen van steeds meer alternatieven verandert de optimale strategie voor warmteproductie en elektriciteitsproductie (en verkoop) in de glastuinbouw wel. Zo is het aannemelijk dat het aantal draaiuren van de WKK afneemt als gevolg van de WKK-maatregel. Daarnaast zullen belichtende tuinders anders gaan kijken naar hun belichtingsmethoden en mogelijk minder gaan belichten vanwege de lagere eigen opwekking. Wel moet hierin worden meegenomen dat belichting ook belangrijk is om het hele jaar door te produceren. Onbelicht kan dit niet en/of moet steeds van een ander gebied komen. Belichting is daarom ook een groot onderdeel van de concurrentiepositie.

Een andere kanttekening is dat in de glastuinbouw veel installaties aan een grote revisie toe zijn. Deze revisie moet ongeveer na 60.000 draaiuren plaatsvinden. Veel installaties in de tuinbouw zijn geplaatst in de periode tussen 2005-2010 en een grootschalige revisie zal ergens de komende 5 tot 10 jaar plaats moeten vinden. De kosten voor een dergelijke revisie zijn al snel 25% van een nieuwe installatie. Bij de mogelijke investering in de revisie zullen de verminderde inkomsten door de WKK-maatregel in meegenomen worden. Dit kan, afhankelijk van de situatie per bedrijf, leiden tot de beslissing om niet te herinvesteren in de WKK, maar te kiezen voor een alternatieve invulling van de piekvraag zoals bijvoorbeeld een e-boiler indien dit qua beschikbare netcapaciteit mogelijk is.

Handelingsperspectief

Er zijn mogelijkheden voor glastuinbouwbedrijven om een verhoging van de EB-lasten voor WKK's te dempen door het nemen van rendabele verduurzamingsmaatregelen. De impact op de omvang van de lastenverhoging is echter beperkt. Dit blijkt onder andere uit de modelleringsresultaten. Veel bedrijven zullen overgaan op het plaatsen van een warmtepomp of het aansluiten op een warmtenet met restwarmte of geothermie. Hiermee wordt de WKK voor een groot deel uit de baselastwarmtevraag vervangen. De mogelijkheid voor het plaatsen van alternatieven voor de basislast is wel sterk locatie-afhankelijk en gedreven door de beschikbaarheid van subsidie.

Door deze inzet van warmtepompen en de aansluiting op warmtenetten zullen WKK's in de glastuinbouwsector minder gaan draaien, maar voorlopig nog niet volledig worden vervangen. Waar WKK's eerst werden gebruikt als baseload zullen ze nu vooral draaien op momenten dat de elektriciteitsprijs hoog is. Er zal dus ook elektrificatie plaatsvinden bij glastuinbouwbedrijven.

Dit beeld sluit aan bij het beeld van het onderzoeksteam van de sector en is bevestigd in interviews: WKK's worden ook na de WKK-maatregel nog ingezet in de glastuinbouw, maar de WKK-maatregel heeft een positieve impact op de rentabiliteit van beschikbare alternatieven voor de basislast. In de praktijk zien we al een sterke toename in interesse in alternatieven voor warmtevraag zoals warmtepompen en warmtenetten. De marktontwikkelingen zorgen ervoor dat tuinders naar een meer flexibele inzet van de WKK door warmtebuffers, belichting met netstroom en e-boilers. Het is de verwachting dat de WKK-maatregel deze ontwikkelingen zullen versnellen. Verder wordt ook aangegeven dat niet de WKK-maatregel, maar de merit order de WKK's uiteindelijk uit het systeem zal duwen, zolang dit niet het geval is zal de WKK blijven draaien.

Netcongestie beperkt de mogelijkheid om WKK's minder in te zetten en te belichten vanuit het net. Om die reden kan congestie de mogelijkheid op een warmtepomp beperken, maar ook de toepassing van warmtenetten tegenwerken bij belichtende tuinders. Om te kunnen blijven belichten buiten de uren dat de WKK draait, zal bij veel tuinders een uitbreiding van het gecontracteerd vermogen vereist zijn. Zo'n 60% van de glastuinbouwbedrijven ligt in een congestiegebied voor afname en heeft vooralsnog beperkingen in de toepassing van elektriciteitsafname voor belichting en warmtepompen. Daarnaast zal de WKK-maatregel zorgen voor meer inkoop van elektriciteit omdat het minder aantrekkelijk wordt om elektriciteit voor eigen gebruik op te wekken en zal om die reden tot meer netcongestie leiden.

Uiteindelijk is het handelingsperspectief sterk gebiedsafhankelijk. Het gebied bepaalt namelijk de mogelijkheden voor geothermie in de ondergrond, de benutting beschikbaarheid van (industriële)restwarmte in de nabijheid van de tuinbouw, de beschikbaarheid van lage temperatuur warmtebronnen en de situatie van netcongestie.

Impact van de WKK-maatregel op de draaiuren van de WKK en scope 2 BKG-emissies

Ook bij een beperking van de WKK-vrijstelling blijft het in het algemeen financieel aantrekkelijk om warmte te produceren met de WKK dan met de gasketel. In de tuinbouw worden WKK's en ketels vaak naast elkaar gebruikt om de energie- en warmtebehoefte van kassen efficiënt te beheren. Momenteel wordt de ketel met name gebruikt voor de invulling van een piekwarmtevraag bij koude periodes. Door de afschaffing van het verlaagd tuinbouwtarief zal de ketel fors minder worden ingezet ten koste van meer draaiuren van de WKK; tuinders zullen proberen de inzet van de ketel zoveel mogelijk te vermijden door flexibilisering. Door onder andere warmteopslag kan de warmtevraag flexibel worden ingevuld, waardoor in de meeste gevallen zowel de inzet van de ketel als de WKK op momenten met lage elektriciteitsprijzen kan worden vermeden (met uitzondering van momenten van piekvraag). Voor tuinders die geen aanpassingen maken aan hun warmtevoorziening is de impact van de WKK-maatregel op het aantal draaiuren van de WKK daarom beperkt.

Uit de doorrekeningen en de interviews blijkt dat een deel van de tuinders door de WKK-maatregel een alternatieve warmtevoorziening gaat installeren naast de WKK, zoals warmtepompen of een warmtenetaansluiting. Een dergelijk alternatief zal bij een gemiddelde tuinder ongeveer de helft van de warmtevraag gaan invullen. Door de vermindering van de inzet van de WKK vindt er emissiereductie plaats in de sector zoals weergegeven in Figuur 3-12. Echter, hierbij is geen rekening gehouden met de verminderde opwekking van elektriciteit vanuit de WKK en de alternatieve opwekking die hiervoor mogelijk vereist is.

De verminderde draaiuren van de WKK door de installatie van andere warmtevoorzieningen leiden echter maar in beperkte mate tot extra emissies elders in het elektriciteitssysteem. Zeker bij belichtende tuinders met veel eigen gebruik is de impact op de scope 2 emissies gering. Tuinders hebben veelal wat flexibiliteit in het belichtingsregime zodat belichtingsuren aangepast kunnen worden. Belichtingsuren met elektriciteit vanuit het net zullen meer gaan plaatsvinden op de momenten met lage elektriciteitsprijzen en dus een lage emissiefactor. Deze verschuiving zal over het algemeen leiden tot een betere benutting van duurzame bronnen. Het wegvallen van elektriciteitsproductie voor netlevering zal gedeeltelijk opgevangen worden door verminderde vraag, opslag van (duurzame) energie en meer import van elektriciteit. De uren dat ander aardgasgestookt vermogen prijszettend is, zullen de WKK's in de tuinbouw over het algemeen rendabel kunnen draaien. Het aantal momenten dat de verminderde aantal draaiuren van de WKK leidt tot meer elektriciteitsopwekking van ander aardgasgestookt vermogen is daarmee naar verwachting beperkt. De precieze impact is zeer moeilijk te kwantificeren en hangt sterk af van de bedrijfsvoering en technische kenmerken van de installaties en van de marktontwikkelingen.

Voor tuinders die reeds in het basispad al een warmtepomp installeren of gedeeltelijk overgaan op restwarmte of geothermie geldt dat de WKK iets minder draaiuren gaat maken ten opzichte van het alternatief door de WKK-maatregel. Dit zal leiden tot verdere directe emissiereductie. Ook hiervoor zal gelden dat de indirecte impact op de emissies in de elektriciteitssector gering zullen zijn omdat de verminderde opwekking slechts in geringe mate zal worden ingevuld door fossiel vermogen.

Weglekrisico's

Er is sprake van een substantiële kostenverhoging voor bedrijven in de glastuinbouwsector. De grootste financiële impact treft glastuinbouwbedrijven met een hoog gasgebruik, omdat bij deze

grote bedrijven het grootste deel van het gas wordt gebruikt door de WKK, terwijl het percentage gas dat door middelgrote en kleine glastuinbouwbedrijven voor de WKK wordt gebruikt lager is.

Ondanks de geraamde verduurzaming in de sector kunnen bedrijven de lastenstijging naar verwachting niet voorkomen. Alternatieve opties zullen worden overwogen en belichtende tuinders zullen mogelijk minder belichten vanwege verminderde eigen opwekking. De WKK wordt in de modellering niet volledig vervangen, waardoor er een resterende lastenverzwaring is. Ook wordt het gebruik van elektriciteit voor belichting en warmtepompen beperkt door netcongestie, met name in 60% van de tuinbouwgebieden.

De mate waarin glastuinbouwbedrijven kosten kunnen doorberekenen naar afnemers zonder verlies van marktaandeel verschilt per type bedrijf:

- **Tot op zekere hoogte kunnen glastuinbouwbedrijven de meerkosten terugverdienen via hogere opbrengsten uit de elektriciteitsmarkt.** Echter, slechts een beperkt deel van de meerkosten kan worden terugverdiend via de hogere prijzen op de elektriciteitsmarkt. Gasmotoren in de tuinbouw zijn lang niet altijd prijszettend gedurende hun draaiuren. Daardoor kunnen de meerkosten niet één op één worden doorgelegd aan de markt. De gemiddelde impact van de WKK-maatregel voor de prijszettende centrale in de elektriciteitsmarkt is fors lager dan die voor gasmotoren in de tuinbouw. De elektriciteitsprijs zal dus minder stijgen dan de kostprijs in de glastuinbouw. Meerkosten kunnen dus beperkt worden doorgerekend.
- **Verder geldt dat bedrijven met meer gespecialiseerde producten beter kostenverhogingen kunnen doorvoeren zonder verlies van marktaandeel dan bedrijven met minder gespecialiseerde producten.** In het algemeen is de internationale concurrentie in de glastuinbouw hoog. Dit bemoeilijkt het doorzetten van de kostenverhoging. In het algemeen is de mate van concurrentie lager voor gespecialiseerde producten.

De combinatie van de substantiële kostenverhoging, het beperkte handelingsperspectief en beperkingen in het doorberekenen of het absorberen van de kostenverhoging zonder verlies van marktaandeel betekent dat de WKK-maatregel het weglekrisico in de glastuinbouw significant vergroot. Als gevolg van het hoge aandeel energiebelasting in de bedrijfskosten in de glastuinbouw vertaalt de relatief hoge stijging van de EB-lasten in een grote stijging van de bedrijfskosten. Het is onwaarschijnlijk dat deze kostenverhoging kan worden geabsorbeerd in de winstmarge zonder bedrijfseconomische consequenties. De gemiddelde kostentoeename in de sector bedraagt namelijk 10% van de toegevoegde waarde.³⁰ Zelfs zonder rekening te houden met enig bestaand weglekrisico kan daarom worden gesteld dat enkel de WKK-maatregel gemiddeld leidt tot een significant weglekrisico voor de glastuinbouwsector, tenzij buitenlandse concurrenten een vergelijkbare kostenverhoging zullen ondervinden (dit is niet onderzocht). Indien buitenlandse concurrenten geen vergelijkbare kostenverhoging ondervinden zullen glastuinbouwbedrijven de hogere prijzen dus deels moeten absorberen en meenemen in hoe de WKK wordt geïntegreerd in de bedrijfsprocessen. Hierbij wordt rekening gehouden met de optimalisatie van de WKK, zodat deze efficiënt wordt beheerd. Dit omvat strategische keuzes over verminderde inzet van de WKK en investeringen in de technologie in Nederland.

Tot slot geldt, in tegenstelling tot de industrie, dat weglek in de glastuinbouw vaak geen volledige koolstofweglek is. Het is dus niet zo dat de bereikte BKG-emissie in Nederland volledig teniet wordt gedaan door een BKG-uitstoot toename in het buitenland. Nederlandse glastuinbouwbedrijven met verwarmde kassen concurreren met zowel verwarmde als onverwarmde productiesystemen. Terwijl Noord-Europese concurrenten ook voornamelijk in verwarmde kassen produceren, kunnen concurrenten in warmere klimaten dezelfde gewassen, zoals tomaten, produceren in onverwarmde (of minder verwarmde) kassen of op het land. Het energiegebruik per

³⁰ In fase 3 van het ETS werden sectoren met een stijging van meer dan 5% van de bruto toegevoegde waarde aan ETS-kosten (i.c.m. een handelsintensiteit van 10%) als sectoren met een significant risico op koolstoflekkage beschouwd.

eenheid product is dan ook aanzienlijk lager in deze zuidelijke landen. Dit resulteert erin dat voor Nederlandse glastuinbouwbedrijven de energiekosten een groter deel van de totale productiekosten vormen dan voor onverwarmde productie, met enkele verschillen tussen gewassen. Op dit (energetisch) vlak is er dus een comparatief voordeel voor producenten in landen met gunstigere temperaturen. Door het verlies van de toegang tot veel en goedkoop aardgas vanwege de lagere aardgasproductie en vanwege de klimaattransitie is het te verwachten dat de concurrentiepositie van de (verwarmde) glastuinbouw in Nederland achteruit gaat ten opzichte van landen waar niet wordt verwarmd. Door het verschil in energiebehoefte leidt een verschuiving van productie in Nederland naar concurrenten die geen verwarming nodig hebben vaak niet tot een evenredige verschuiving van emissies. Deze concurrenten hebben immers minder warmte nodig, waardoor bij de productie minder BKG-emissies vrij kunnen komen. Er kan daarom wel sprake zijn van economische weglek, maar wordt de daling in BKG-emissies niet volledig teniet gedaan. Dus, hoewel de BKG-uitstoot van glastuinbouw bedrijven waar de WKK-maatregel van toepassing is 4,9 MtCO_{2e} bedraagt in het basispad, is niet dit hele volume wordt blootgesteld aan koolstoflekkagerisico's.

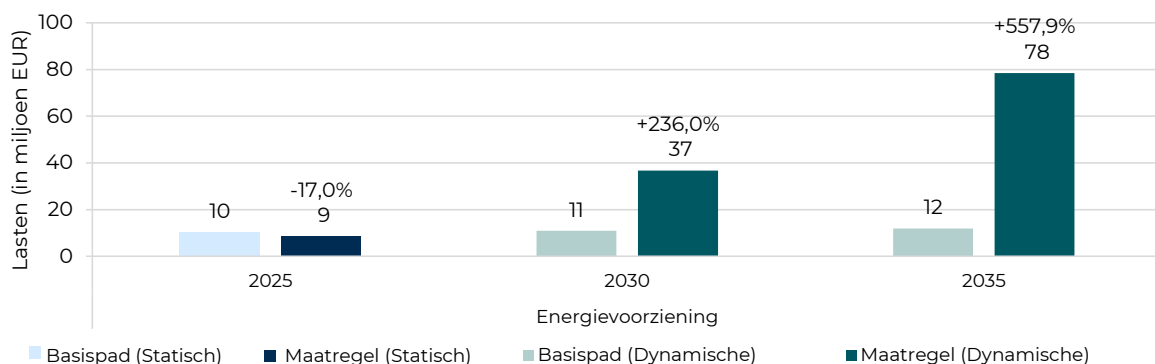
3.3.3. Energievoorziening

Binnen de energievoorziening kunnen zowel **warmte-** als **elektriciteitscentrales** worden geraakt door de WKK-maatregel. Voor de raming op sectorniveau maken we gebruik van de elasticiteitsmethode en kunnen we geen onderscheid maken tussen elektriciteitsproductie en standswarmte vanwege databeperkingen. In de verdere analyses maken we dit onderscheid wel. In deze sectie gaan we enkel in op het directe effect van de WKK-maatregel op installaties. Elektriciteitssysteemvraagstukken (de impact op de elektriciteitsprijs, import en export, leveringszekerheid en balancering) worden behandeld in hoofdstuk 5.

Kwantitatieve doorrekening op sectorniveau

Zonder de fiscale maatregel (basispad) wordt een geleidelijke stijging in de EB-lasten geraamd in de energievoorziening vanaf 2025 tot 2035 (zie Figuur 3-14). Dit is het gevolg van de stijgende energiebelastingtarieven voor gas. Het effect van de stijgende tarieven wordt in de periode 2025-2030 gedempt door de verwachte afname van het gasgebruik in de sector. In de jaren daarna stijgt het gebruik weer ten opzichte van 2030 (hoewel het gebruik lager blijft dan in 2021 en 2025). Na 2030 veranderen de belastingtarieven niet meer in de scenario's.

Figuur 3-14 Kosten energiebelasting voor energievoorziening³¹ in basispad & met maatregel, (€ mln)



De WKK-maatregel zorgt voor een zeer substantiële procentuele stijging van de EB-lasten op sectorniveau. Dit wordt grotendeels verklaard door de zeer lage belastingdruk in de sector in het basispad. Tussen 2025 en 2030 wordt een steeds groter deel van de installaties geraakt omdat

³¹ De WKK's in de glastuinbouw en de (joint ventures in de) industrie vallen dus niet onder de energievoorziening, ook niet als het om WKK's bij glastuinbouwbedrijven gaat die niet in hun bestaande BV zijn geïntegreerd.

de efficiëntie die nodig is om volledig vrijgesteld te blijven stijgt. Omdat de WKK-maatregel er direct voor zorgt dat de 30% efficiëntiedrempel vervalt zorgt de WKK-maatregel in 2025 voor een lastenverlaging voor installaties met een lagere efficiëntie dan 30%. In 2030 wordt een toename van de kosten geraamd van 236% en in 2035 van 558%. Hierdoor is de energievoorzieningssector de sector met de grootste procentuele toename in de EB-lasten als gevolg van de WKK-maatregel. De absolute kosten zijn beperkter, met stijgingen van €26 miljoen per jaar in 2030 en €67 miljoen per jaar in 2035. De grote procentuele toename wordt verklaard doordat de sector vrijwel volledig is vrijgesteld van de energiebelasting op dit moment. De relatieve belastingdruk in de energiekosten voor deze sector blijft echter laag; door de WKK-maatregel zou het aandeel van de energiebelasting in de totale energiekosten stijgen van 0,0% naar 0,1%.

Op sectorniveau vertaalt de geraamde stijging in EB-lasten zich in een stijging van de energiekosten van 0,09% in 2030 en 0,23% in 2035 (zie Tabel 3-5). Het feit dat de stijging van de EB-lasten meer dan verdubbelen, maar dat de energiekosten beperkt stijgen is ook het gevolg van de relatief lage belastingdruk voor de energievoorziening in vergelijking met andere sectoren.

Tabel 3-5 Impact op economische parameters (procentuele toe- of afname ten gevolge van maatregel)

		2025	2030	2035
Energievoorziening	Stijging energiekosten	-0,01%	+0,09%	+0,23%
	Stijging bedrijfskosten	-0,00%	+0,05%	+0,12%

In de raming leidt de WKK-maatregel tot beperkte extra BKG-emissiereductie in de energievoorziening (<0.01 MtCO₂e) (zie bijlage B voor details). De relatief lage emissiereductie is het gevolg van de relatief lage elasticiteit die in de literatuur wordt gerapporteerd voor de energiesector (en die door ons is gebruikt in de raming).

Elektriciteitscentrales

Spreiding van effecten

Doordat het praktijkrendement van elektriciteitscentrales lager ligt dan 60% zullen alle producenten met een aardgasgestookte elektriciteitscentrale energiebelasting gaan betalen door de WKK-maatregel. Nieuwere elektriciteitscentrales (STEG-centrales), kunnen in theorie een elektrisch rendement halen van 60%, in welk geval ze geen lastenverzwaring ondervinden. Dit kan echter alleen behaald worden bij ideale omstandigheden en een baseload inzet. In de praktijk zullen centrales een rendement halen van 56%-57%. Het rendement daalt verder als het installatie flexibeler opereert (en het aantal draaiuren afneemt). Naar verwachting zullen elektriciteitscentrales richting 2030 (en zeker ook daarna) flexibeler worden ingezet en minder draaiuren gaan maken. Het flexibel opereren van de aardgascentrales is van belang voor een stabiele elektriciteitsmarkt, maar betekent dus dat een lager rendement kan worden verwacht. Minder efficiënte elektriciteitscentrales hebben een elektrisch rendement dat tussen de 50-55% ligt en zullen bij een flexibelere inzet onder de 50% zakken. Door het relatief hoge rendement van elektriciteitscentrales ten opzichte van WKK's in andere sectoren in combinatie met het ingroeipad zullen elektriciteitscentrales de eerste jaren na invoering nog geen lasten ondervinden van de WKK-maatregel.

Door verschillen in rendementen en het volume aardgasgebruik verschilt de impact per centrale. Tabel 3-6 illustreert de verschillen in de statische effecten van de WKK-maatregel op de EB-lasten en de energiekosten (gas en elektriciteit) in tussen een elektriciteitscentrale met relatief veel (4.000) en weinig (1.000) draaiuren (op basis van eigen data):

- **Voor grote nieuwe elektriciteitscentrales met een hoge efficiëntie en veel draaiuren wordt in 2030 bij invoering van de WKK-maatregel zo'n 5% van het aardgasgebruik belast.** Hiermee verhoogt de WKK-maatregel de energiekosten met zo'n 2% tot 3%. De marginale extra kosten die relevant zijn voor de inzet op de elektriciteitsmarkt stijgen slechts

met minder dan 1% doordat al het marginale belastbare aardgasgebruik in de hoogste belastingschijf valt.

- Voor oudere elektriciteitscentrales, met een rendement dat daalt richting 50% bij 1.000 draaiuren, is de impact van de WKK-maatregel in 2030 al op de energiekosten al 11%. De marginale kosten 2%.
- **Voor piekcentrales met een lager rendement en lagere volumes gasgebruik** is de lastenverzwaring relatief hoog, omdat een groter deel van het gasgebruik wordt belast, en omdat het gemiddelde belastingtarief hoger is.

Tabel 3-6 Statische benadering van effecten op bedrijfsprofielniveau ter illustratie van spreiding

Profiel	Gas-gebruik 1000 m ³	E-gebruik MWh	% WKK	% net-levering	% eigen gebruik	Rendement	2025		2030			
							Stijging lasten	Kosten	Stijging lasten	Kosten		
							€1000	%	€1000	%	%	
STEG e-centrale (groot)	322 000	Verwaarloosbaar	100%	100%	0%	57%	0	n.v.t.	0%	2 820	n.v.t.	2%
STEG e-centrale piek (groot)	54 000					48%	0	n.v.t.	0%	2 540	n.v.t.	11%

Handelingsperspectief

De lastenverzwaring door de WKK-maatregel kan bij elektriciteitscentrales deels worden terugverdiend via de elektriciteitsmarkt. Voor nieuwe elektriciteitscentrales met een hoog rendement geldt dat zij met een minder hoge lastenverzwaring te maken krijgen dan overig gasgestookt vermogen (zoals WKK's in de glastuinbouw). Dit betekent dat op bepaalde momenten in het jaar (bij draaiuren waarin ander gasvermogen prijszettend is) de opbrengst bij doorvoering van de WKK-maatregel groter zal zijn dan in het basispad. Echter, de gemiddelde prijs tijdens draaiuren zal minder stijgen dan de meerkosten voor elektriciteitscentrales. Op basis van de EMF-doorrekeningen kan ongeveer 40 tot 50% van de meerkosten gecompenseerd worden door hogere elektriciteitsprijzen in 2030.

Door de WKK-maatregel zullen Nederlandse elektriciteitscentrales ook draaiuren verliezen aan vermogen in het buitenland. Op basis van een eerste doorrekening kan er een verschuiving van de elektriciteitsproductie plaatsvinden (zie hoofdstuk 5.2) van 3 TWh. Dit kan een grote impact hebben op de winstgevendheid van Nederlandse elektriciteitscentrales.

In de toekomstige elektriciteitsmarkt zullen elektriciteitscentrales steeds flexibeler moeten opereren en minder draaiuren moeten gaan maken Door de WKK-maatregel neemt de belastingdruk voor flexibele centrales toe. Door deze WKK-maatregel neemt de belastingdruk per geproduceerde eenheid elektriciteit bij een flexibele inzet toe. Het rendement van STEG-centrales neemt namelijk sterk af bij een flexibele inzet. Daarnaast komt er bij minder draaiuren relatief veel van het belaste aardgasgebruik in de duurdere schijven terecht.

Stadswarmtecentrales

Spreiding van effecten

De effecten voor stadswarmtecentrales kunnen worden onderverdeeld in twee categorieën. De kleinere gasmotoren van een paar honderd kW tot enkele MW en de grote STEG-installaties. Tabel 3-7 illustreert de verschillen in de statische effecten van de WKK-maatregel op de EB-lasten en de energiekosten tussen kleinere gasmotoren en grote STEG-installaties (op basis van eigen data):

- **De financiële impact voor de kleinere stadswarmtecentrales is relatief groot: de energiekosten stijgen zo'n 4% in 2025 en dit loopt op tot zo'n 20% in 2030.** Deze kosten kunnen slechts zeer beperkt worden terugverdiend op de elektriciteitsmarkt, omdat de warmtevraag leidend is in de sector en er maar beperkt kan worden ingespeeld op

elektriciteitsprijsfluctuaties. De kosten zullen daarom grotendeels worden verwerkt in de warmtetarieven van afnemers, voor zover het maximale tarief daar ruimte voor laat. Met de nieuwe tarievenstructuur op basis van daadwerkelijke kosten zal de kostenstijging voor het warmtebedrijf leiden tot een hogere warmteprijs voor de consument.

- **Grotere STEG-centrales ondervinden veelal nog geen lastenverzwaring in 2025, maar vanaf 2027/2028 zullen de meeste warmtecentrales belasting gaan betalen over hun aardgasinput in de WKK als gevolg van de WKK-maatregel.** Het overgrote deel van het gebruik zal in de hoogste belastingschijf vallen omdat het belast aardgasgebruik van de WKK input al snel boven de 10 miljoen m³ valt en er vaak een deel van de warmte wordt opgewekt met aardgasketel waarvoor de input al wordt belast. De impact op de kosten voor de aardgasinput beperkt zich daarmee veelal tot 3-4%. Een deel van deze kosten zullen worden gecompenseerd door hogere opbrengsten in de elektriciteitsmarkt waar de gemiddelde prijs door deze maatregel omhoog zal gaan. Het resterende deel van de hogere aardgaskosten zal worden doorberekend in een de warmteprijs.

Tabel 3-7 Statistische benadering van effecten op bedrijfsprofielniveau ter illustratie van spreiding

Profiel	Gas-gebruik 1000 m ³	E-gebruik MWh	% WKK	% net-levering	% eigen gebruik	Ren-dement	2025			2030		
							Stijging lasten		Kos-ten	Stijging lasten		Kos-ten
							€1000	%	%	€1000	%	%
Gasmotor stadswarmte (klein)	2.400	Verwaarloosbaar	85%	100%	0%	38%	39	24%	4%	252	145%	20%
STEG stadswarmte (groot)	129.000		90%	100%	0%	43%	0	0%	0%	1.759	66%	3%

Handelingsperspectief

Warmtecentrales zijn beperkt in de mogelijkheden om de lastenverzwaring te voorkomen door verdere of snellere verduurzaming. In de warmtesector worden diverse opties overwogen om te verduurzamen. In het wetsvoorstel *wet collectieve warmte* staat benoemd dat CO₂-reductie voor warmtenetten met verduurzamingsnormen zal worden opgelegd. Er zal sprake zijn van een afbouwpad waarin de maximale uitstoot per geleverde eenheid warmte wordt genormeerd. De implementatie van deze wet zal leiden tot een sterke prikkel op verduurzaming. Versnelde of verdere verduurzaming door de maatregel zal moeilijk te realiseren zijn in de praktijk.

De mogelijke verduurzamingsopties zijn zeer locatie-afhankelijk. Netcongestie zorgt er op diverse plekken voor dat alternatieven als een e-boiler of een warmtepomp niet mogelijk zijn.

Het eventueel uit bedrijf nemen van grote stadswarmtecentrales kan tot grotere problemen leiden op het gebied van netcongestie. Bovendien hebben diverse centrales specifieke afspraken met netbeheerders om bij te dragen aan het handhaven van de spanningshuishouding op het elektriciteitsnet.

Over het algemeen betekenen de veranderende marktomstandigheden dat WKK als warmteleverancier bij grote warmtenetten steeds minder zal gaan draaien ten koste van vaak duurzamere bronnen, maar eventueel ook een gasketel. Veel WKK's zullen nog voldoende draaiuren maken om rendabel te blijven maar levensvatbaarheid kan na 2030 wel onder druk komen te staan.

Voor kleinere collectieve warmtenetten blijkt verduurzaming zeer complex. Er zijn hiervoor diverse oorzaken. Veelal is er een gebrek aan ruimte voor alternatieve oplossingen, gelden er strikte geluidsnormen, of wordt elektrificatie belemmerd door netcongestie. Warmtetarieven zijn bovendien gereguleerd en kosten kunnen niet makkelijk worden doorgerekend. Het mitigeren van de impact van de hogere belastingdruk door verduurzaming is daarmee in veel gevallen zeer lastig. De inzet van de aardgasketel zal toenemen ten opzichte van het basispad, omdat de warmte uit de WKK relatief duurder wordt. Dit kan alleen in de gevallen waarbij er flexibiliteit is voor de warmteleverancier om de aardgasketel meer in te zetten zonder daarbij de 50%-norm voor de

stadsverwarmingsregeling te overschrijden. Verder zal de wet collectieve warmte ook zorgen voor restricties voor de mogelijkheden om lastenverzwaring te voorkomen. Het is daarmee de vraag in hoeverre deze WKK-maatregel tot extra CO₂-besparing zal leiden bij met name kleine stadswarmtecentrales.

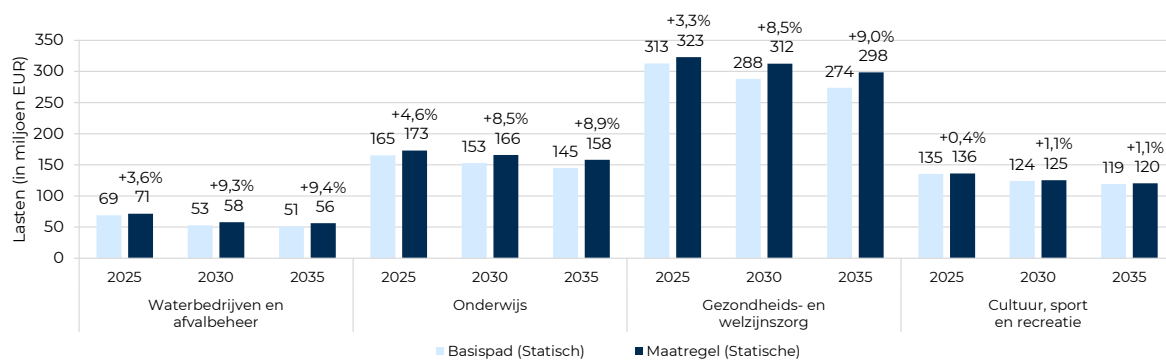
3.3.4. Overige sectoren met WKK's

In een aantal andere sectoren wordt ook gebruik gemaakt van WKK's. De inzet van WKK's in deze sectoren is aanzienlijk lager is dan in de industrie, glastuinbouw en energievoorziening. Hierbij gaat het om de sectoren waterbedrijven en afvalbeheer, onderwijs, gezondheids- welzijnszorg en cultuur, sport en recreatie. Voor deze sectoren hebben we de statische effecten geraamd.

Kwantitatieve doorrekening op sectorniveau

In alle overige sectoren dalen de geraamde EB-lasten zonder de WKK-maatregel (basispad) tussen 2025 en 2035 op sectorniveau (zie Figuur 3-15).

Figuur 3-15 Kosten energiebelasting voor overige sectoren in basispad & met maatregel, (€ mln)



De WKK-maatregel zorgt in de overige sectoren voor een stijging van de lasten, variërend tussen de 1,1% en 9,3% op sectorniveau (zie Figuur 3-15). Bij de waterbedrijven en afvalbeheer stijgen de lasten als gevolg van de WKK-maatregel het meest in de overige sectoren (met 3,6% in 2025 en 9,3% in 2035), gevolgd door het onderwijs en de gezondheids- en welzijnszorg met 8,5% in 2030 en met 8,9-9,0% in 2035.

Op sectorniveau vertonen de geraamde stijgingen in energiekosten aanzienlijke verschillen en in stijgende bedrijfskosten gematigde verschillen tussen de verschillende overige sectoren (zie Tabel 3-8). Energiekosten laten de grootste stijging zien tussen 2025 en 2035 in de sectoren onderwijs en gezondheids- en welzijnszorg, gevolgd door waterbedrijven en afvalbeheer, terwijl cultuur, sport en recreatie de laagste toenames ervaren. In het onderwijs stijgen de energiekosten van +0,79% in 2025 naar +1,36% in zowel 2030 als 2035. Voor gezondheids- en welzijnszorg bedragen de stijgingen +0,52% in 2025 tot +1,24% in zowel 2030 als 2035. Waterbedrijven en afvalbeheer zien een stijging van +0,28% in 2025 naar +0,56% in 2035. Cultuur, sport en recreatie vertonen de kleinste stijgingen, beginnend bij +0,07% in 2025 en toenemend tot +0,19% in 2035. Wat betreft bedrijfskosten blijven deze over het algemeen laag in alle sectoren, met minimale variaties afhankelijk van specifieke sectorbehoefte. De stijgingen in bedrijfskosten zijn bescheiden: waterbedrijven en afvalbeheer stijgen van +0,02% in 2025 naar +0,04% in 2035, terwijl onderwijs en gezondheids- en welzijnszorg een toename van +0,01% in 2025 naar +0,02% in 2035 laten zien. Cultuur, sport en recreatie kennen de kleinste toename, van +0,00% in 2025 naar +0,01% in 2035. Deze analyse toont aan dat ondanks de variaties in kostenstijgingen tussen sectoren, bedrijfskosten over het algemeen stabiel blijven, wat wijst op efficiëntie in kostenbeheer in alle sectoren.

Tabel 3-8 Impact op economische parameters (procentuele toe- of afname ten gevolge van maatregel)

		2025	2030	2035
Waterbedrijven en afvalbeheer	Stijging energiekosten	+0,28%	+0,56%	+0,54%
	Stijging bedrijfskosten	+0,02%	+0,04%	+0,04%
Onderwijs	Stijging energiekosten	+0,79%	+1,36%	+1,36%
	Stijging bedrijfskosten	+0,01%	+0,02%	+0,02%
Gezondheids- en welzijnszorg	Stijging energiekosten	+0,52%	+1,24%	+1,24%
	Stijging bedrijfskosten	+0,01%	+0,02%	+0,02%
Cultuur, sport en recreatie	Stijging energiekosten	+0,07%	+0,17%	+0,19%
	Stijging bedrijfskosten	+0,00%	+0,01%	+0,01%

Spreiding van effecten

Tabel 3-9 illustreert de verschillen in de statische effecten van de WKK-maatregel op de EB-lasten en de energiekosten (gas en elektriciteit) tussen een kleiner en een groter ziekenhuis (op basis van CBS-microdata verkregen via het Ministerie)

- **In de overige sectoren wordt de WKK veel minder ingezet dan in de hiervoor besproken sectoren. Ondanks relatief beperkte effecten op sectorniveau kunnen de effecten bij individuele partijen toch groot zijn.** Veel WKK's in deze sectoren zijn relatief kleine gasmotoren en er is relatief veel eigen gebruik. Hierdoor worden deze installaties relatief hard geraakt door de WKK-maatregel.
- **Het relatieve percentage in lasten- en kostenstijging zal voor het kleine en grote ziekenhuis ongeveer even groot zijn in de periode 2025-2030.**

Tabel 3-9 Statische benadering van effecten op bedrijfsprofielniveau ter illustratie van spreiding

Profiel	Gas-gebruik 1000 m ³	E-gebruik MWh	% WKK	% net-levering	% eigen gebruik	Ren-dement	2025			2030		
							Stijging lasten		Kos-ten	Stijging lasten		Kos-ten
							€1000	%	%	€1000	%	%
Ziekenhuis (klein)	15	136	80%	11%	89%	41%	3	18%	6%	5	47%	14%
Ziekenhuis (groot)	760	3.549	80%	11%	89%	41%	72	30%	7%	152	64%	16%

Handelingsperspectief

Kleinere gasmotoren die primair voor gebouwverwarming ingezet worden zoals bij onderwijsinstellingen en sportcomplexen verdwijnen langzaam. Deze trend is al geruime tijd zichtbaar en wordt nog eens versterkt door de WKK-maatregel. Kanttekening hierbij is wel dat de elektrificatie met warmtepompen hierbij vaak de meest interessante optie is. Netcongestie is daarbij geregeld een beperkende factor.

Bij ziekenhuizen is de hoge betrouwbaarheid van de WKK in combinatie met een grote waarde van een onafgebroken levering van elektriciteit de belangrijkste reden voor de toepassing van WKK. Hierbij speelt de kostenoverweging een minder grote rol. Ziekenhuizen zullen door specifiek deze maatregel niet gaan verduurzamen en de meerkosten dragen. Wel zijn veel ziekenhuizen aan het verkennen welke andere, duurzame back-up voorzieningen voor elektriciteit zij kunnen inzetten om een zeer hoge betrouwbaarheid van hun elektriciteitsvoorziening te continueren. Een verduurzaming van de warmtevoorziening zal niet getriggerd worden door deze maatregel.

4. Interactie WKK-maatregel & netcongestie

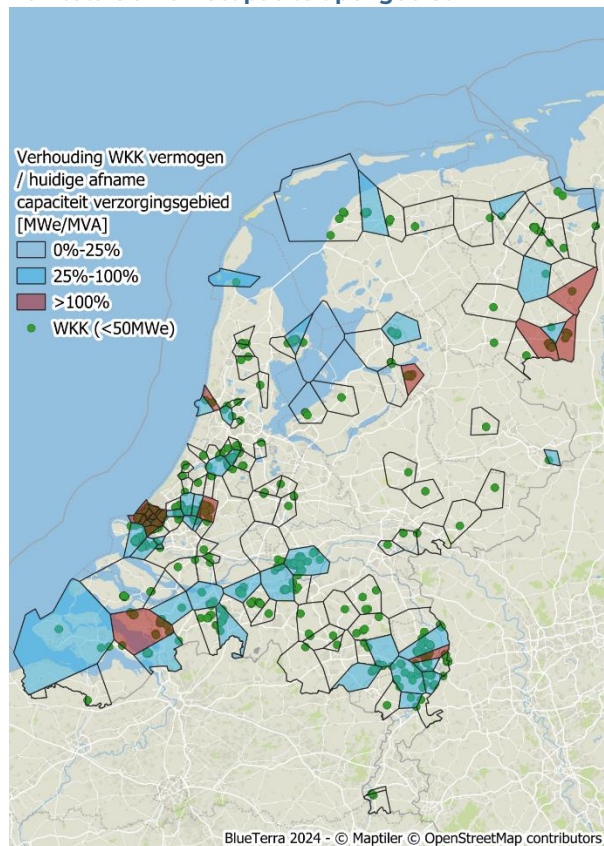
4.1. De WKK & het elektriciteitsnet

Per verzorgingsgebied is het opgesteld elektrisch vermogen aan WKK's vergeleken met de huidige totale afnamecapaciteit van het verzorgingsgebied. Het overgrote deel van de WKK's is aangesloten op het middenspanningsnet van de regionale netbeheerders. WKK's die (naar verwachting) zijn aangesloten op het hoogspanningsnet zijn daarom niet meegenomen in de analyse (aannee: bij WKK's > 50 MWe). De totale afnamecapaciteit per verzorgingsgebied is gebaseerd op de dataset van het kadaster.³² De verzorgingsgebieden behorende bij de middenspanningsstations zijn in deze dataset vereenvoudigd en de resultaten zijn daarmee indicatief. Deze dataset is gekoppeld met BlueTerra's dataset van alle WKK-installaties in Nederland. Hiermee zijn WKK-installaties en hun kenmerken gekoppeld aan specifieke verzorgingsgebieden. Op basis hiervan kan de rol van de WKK in specifieke verzorgingsgebieden worden geduid. Om de impact van deze WKK's op het net inzichtelijk te maken is het elektrisch vermogen van alle WKK's in een verzorgingsgebied bij elkaar opgeteld. Dit totale elektrische vermogen van de WKK's is vervolgens vergeleken met de afnamecapaciteit in het verzorgingsgebied zoals opgegeven door de netbeheerders in de dataset van het Kadaster.

In het overgrote deel van de verzorgingsgebieden zijn weinig (of geen) WKK's aangesloten op het regionale net. In totaal zijn er 337 verzorgingsgebieden in Nederland. In 132 gebieden zijn WKK-installaties op het regionale net aangesloten. Dit wordt getoond in Figuur 4-1 en Figuur 4-2. In 61% van de verzorgingsgebieden is geen WKK aanwezig. In veel andere gebieden speelt WKK-vermogen slechts een relatief beperkte rol.

In gebieden waar wel WKK's staan hebben deze in veel gevallen een grote impact op de netbelasting. In 23% van de verzorgingsgebieden betreft het WKK-vermogen meer dan 25% van de totale capaciteit. In deze gebieden zouden grote veranderingen in de inzet van de WKK veel impact kunnen hebben op de netbelasting. In negen gebieden waar veel tuinbouw gevestigd is, is het gecombineerde vermogen van de WKK's groter dan de netcapaciteit. In een beperkt aantal gebieden is het geïnstalleerde WKK-vermogen groter dan het totale vermogen dat bediend kan worden in het verzorgingsgebied (zowel het beschikbare vermogen als het vermogen dat al in gebruik is). Dit betekent dat als alle WKK's in deze gebieden

Figuur 4-1 Opgesteld WKK-vermogen als percentage van totale afnamecapaciteit per gebied



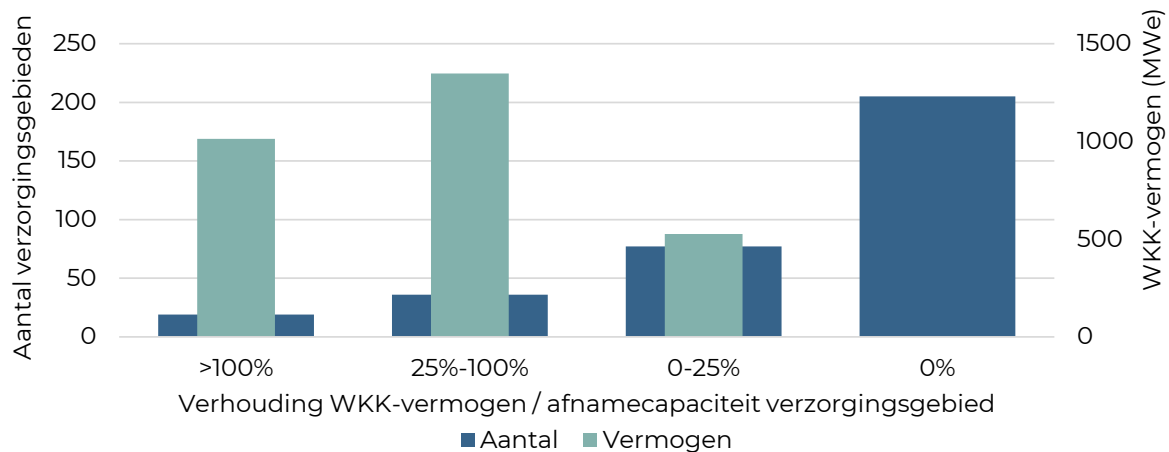
Toelichting: De figuur laat de totaal geïnstalleerde elektrische capaciteit van WKK's per verzorgingsgebied zien, uitgedrukt als percentage van de afnamecapaciteit van het verzorgingsgebied. Een percentage >100% betekent dat de geïnstalleerde capaciteit groter is dan de capaciteit van het elektriciteitsnet in het gebied. Alleen in de verzorgingsgebieden die als vlak zijn weergegeven in de figuur is een WKK-installatie gekoppeld aan het regionale net.

³² Dataset Kadaster i.s.m. netbeheerders. Dataset is opgesteld in opdracht van het samenwerkingsverband VIVET (Verbetering Informatie Voorziening Energie Transitie) om voor het in kaart brengen van de capaciteit en geplande investeringen voor stations met een spanningsniveau van 25 kV en meer. Bron: *Introductie - PDOK*

zouden verdwijnen en dezelfde elektriciteitsvraag zou via het net moeten worden bediend dan vraagt dit meer netcapaciteit dan dat er überhaupt beschikbaar is. In een aantal gebieden (met name in het Westland) is het WKK-vermogen meer dan twee keer zo groot als de afnamecapaciteit van het verzorgingsgebied. In deze gebieden is op dit moment nog geen afnamecongestie, mede door de rol van de WKK. Dit laat zien hoe belangrijk het WKK-vermogen is voor de netbelasting in het gebied. Een veranderende inzet van de WKK's kan een grote impact hebben op de netbelasting en dus op congestie in deze gebieden.

De impact van het wegvallen van WKK-vermogen op de congestie op het hoogspanningsnet is niet geanalyseerd omdat deze analyse complex is en er onvoldoende gegevens beschikbaar zijn om een onderbouwde analyse uit te voeren. Vanwege de grote vermogens kan wel worden gesteld dat de stadswarmtecentrales, elektriciteitscentrales en industriële WKK's een grote impact hebben op de netbelasting op het hoogspanningsnet. Het sluiten van WKK's zal de netcongestieproblematiek sterk kunnen verergeren. Een analyse per individuele centrale zal vereist zijn om de specifieke consequenties voor het hoogspanningsnet te bepalen.

Figuur 4-2 Verhouding WKK-vermogen en afnamecapaciteit

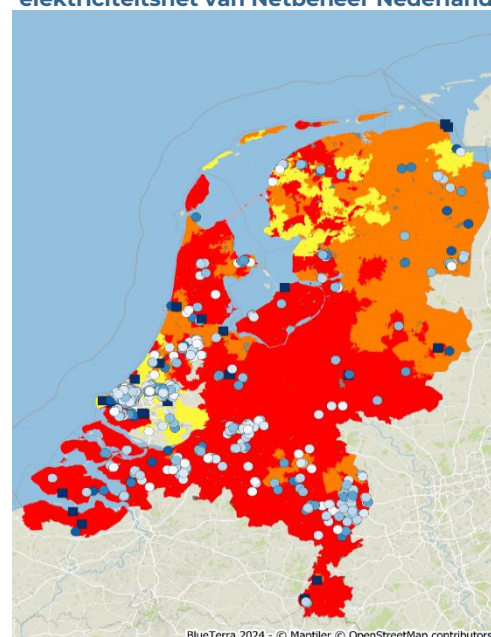


4.2. Impact netcongestie op handelingsperspectief

Momenteel is verduurzaming van veel WKK-vermogen niet mogelijk omdat er geen transportcapaciteit kan worden aangevraagd. Figuur 4-3 geeft een weergave van de locaties van de WKK's ten opzichte van de capaciteitskaart van Netbeheer Nederland. Ruim 70% van het WKK-vermogen ligt op dit moment in een netcongestiegebied. Hierdoor is (gedeeltelijke) elektrificatie van de warmtevraag niet mogelijk. Daarnaast kan netcongestie ook andere verduurzamingsopties (zoals geothermie en restwarmteprojecten) in de tuinbouw belemmeren, omdat belichtende tuinders meer afnamecapaciteit nodig hebben om te kunnen blijven belichten. Op de korte termijn vormt netcongestie daarmee een beperking voor het handelingsperspectief van bedrijven.

In hoofdstuk 3 is toegelicht dat netcongestie met name in de tuinbouw een beperkend effect kan hebben op verduurzaming richting 2030. Daarmee beperkt de netcongestie ook de BKG-emissiereductie die de WKK-maatregel kan opleveren. Op basis van de momenteel

Figuur 4-3 Locaties WKK's weergegeven op de capaciteitskaart afname elektriciteitsnet van Netbeheer Nederland



geplande netuitbreidingen uit de dataset zou er mogelijk voor 40% van de tuinders onvoldoende netcapaciteit zijn om een warmtepomp te installeren (die naast de WKK kan worden gebruikt). Dit is waarschijnlijk wel een overschatting van de problematiek omdat hierbij geen rekening is gehouden met de gelijktijdigheid van netafnames en de mogelijkheden om de warmtepomp flexibel in te zetten. Daarnaast is het aannemelijk dat de dataset nog geen volledig beeld geeft van de netuitbreidingen die richting 2030 zullen worden uitgevoerd.

In hoeverre de netcongestie richting 2030 de verduurzaming van bedrijven met een WKK in de praktijk belemmert is sterk afhankelijk van netuitbreidingen, en daarmee onzeker. Er zal in de periode richting 2030 veel extra capaciteit worden gerealiseerd door regionale netbeheerders. Het is echter de vraag of deze capaciteitsuitbreidingen tijdig gerealiseerd zullen zijn en voldoende ruimte bieden om de gewenste verduurzaming mogelijk te maken. Daarnaast lijken verzwaringen van het hoogspanningsnet pas na 2030 te worden afgerond. Diverse bedrijven hebben al te horen gekregen dat zij voor 2032 geen capaciteitsuitbreidingen kunnen verwachten.

Er zijn ook diverse bedrijven die in het basispad al zouden verduurzamen maar dit niet kunnen door netcongestie. Bij dergelijke bedrijven leeft veel irritatie over de WKK-maatregel; zij ervaren het als een lastenverzwaring die niet te ontlopen is door verduurzaming vanwege een externe factor (netcongestie).

Ook bedrijven in de glastuinbouw die willen aansluiten op een warmtenet kunnen worden belemmerd door een tekort aan transportcapaciteit op het elektriciteitsnet. Voor een grote groep belichtende tuinders is onvoldoende netafnamecapaciteit beschikbaar om te gaan belichten met elektriciteit van het net. Minder draaiuren van de WKK door warmteafname van een warmtenet zou betekenen dat zij hun belichtingsstrategie moeten aanpassen. In de praktijk kan daardoor een aansluiting op een warmtenet minder interessant worden voor tuinders.

Binnen de huidige netcongestiegebieden is er mogelijk ook door middel van slimme sturing wel verduurzaming mogelijk. De WKK-maatregel zorgt ervoor dat diverse bedrijven overstappen naar een hybride situatie (elektrificatie, of een warmtenet in combinatie met de WKK). Het vermogen van de WKK's blijft dus in principe beschikbaar. Als dit vermogen goed wordt ingezet hoeft dit geen negatief effect te hebben op de netbelasting en kan het juist bijdragen aan het verminderen van netcongestie. Dit vereist wel een duidelijke afstemming tussen de inzet van de WKK en de netbelasting zoals ook verder toegelicht in hoofdstuk 4.3.

4.3. Impact maatregel op netcongestie

De directe impact van de WKK-maatregel op de netcongestieproblematiek t/m 2030 is beperkt. Er verdwijnen volgens onze doorrekeningen weinig WKK's door de WKK-maatregel, waardoor dit decentrale vermogen beschikbaar blijft, ook als de warmtevraag deels wordt geëlektrificeerd. Het aantal draaiuren van veel WKK's zal wel verminderen door de WKK-maatregel, maar zolang het vermogen blijft bestaan heeft dit dus in theorie geen negatief effect op de netbelasting. Met name bij veel glastuinbouwbedrijven is de eerste verduurzamingstap het verduurzamen en hybridiseren van de basislast van hun warmtevraag. De WKK blijft daarbij als piekvoorziening behouden. De WKK kan dus nog altijd worden ingezet om lokale afnamecongestie te voorkomen.

De maatregel heeft volgens onze doorrekeningen geen directe invloed op het verdwijnen van vermogen van WKK's en elektriciteitscentrales die aangesloten zijn op het hoogspanningsnet van TenneT. Er spelen voor deze partijen zeer veel aspecten die het in bedrijf houden van WKK's beïnvloeden; de WKK-maatregel heeft een relatief beperkte impact hierop. Gezien de grote vermogens van deze installaties zou een buitendienststelling ervan overigens wel een grote impact hebben op de netbelasting.

De verdere flexibilisering van de inzet van WKK's kan wel voor aanvullende problemen zorgen op het elektriciteitsnet. Netbeheerders stellen nu al vast dat WKK's steeds meer op dezelfde momenten opereren. Dit dreigt congestie te veroorzaken. Deze gelijktijdigheid kan ontstaan doordat

veel (of alle) WKK's dezelfde (prijs)prikkels krijgen uit de elektriciteitsmarkten (day-ahead), maar ook uit de balanceringsmarkten. Verdere flexibilisering van de WKK's door de WKK-maatregel kan dit probleem verergeren.

Om ervoor te zorgen dat de WKK netcongestie kan verminderen of voorkomen dient de WKK de juiste prikkels te krijgen. De landelijke elektriciteitsmarkten en balanceringsmarkten kunnen industriële bedrijven of tuinders prikkels geven die netcongestie juist kunnen verergeren. Door elektrificatie gaan deze partijen meer elektriciteit afnemen en eventueel minder zelf produceren. De momenten waarop de bedrijven prikkels krijgen om elektriciteit af te nemen of te produceren zouden kunnen leiden tot netcongestie. Het is van belang om de landelijke prikkels voor energie- en balanceringsmarkten op elkaar af te stemmen. Op basis van de grote aantallen WKK's en de grote vermogens ten opzichte van de netcapaciteit in sommige gebieden is het complex om deze prikkels goed vorm te geven. Hierbij zou onderzocht kunnen worden hoe nieuwe contractvormen de inzet van WKK in het voorkomen van congestie kunnen stimuleren.

De interactie van de inzet van WKK-vermogen en netcongestie na 2030 is moeilijk nauwkeurig te voorspellen. Het potentieel versneld verdwijnen van dit vermogen en een sterke elektrificatie van de bijbehorende warmtevraag door de WKK-maatregel zou kunnen leiden tot substantiële aanvullende afnamecongestie gezien de grote vermogens die hiermee gepaard gaan. Op het gebied van netcongestie wordt echter op allerlei manieren gewerkt om de problematiek te verzachten, niet alleen verzwaring van de netten maar ook met nieuw beleid, nieuwe contractvormen en slimmere sturingen van het netgebruik.

5. Effecten op het elektriciteitssysteem

Op korte termijn lijkt de impact van de WKK-maatregel in het algemeen beperkt omdat er weinig vermogen door lijkt te verdwijnen. Rond 2030 en later is er wel een potentiële impact.

Hoe dit zich vertaalt in de impact van de WKK-maatregel op verschillende onderdelen van de elektriciteitsmarkt wordt in dit hoofdstuk besproken.

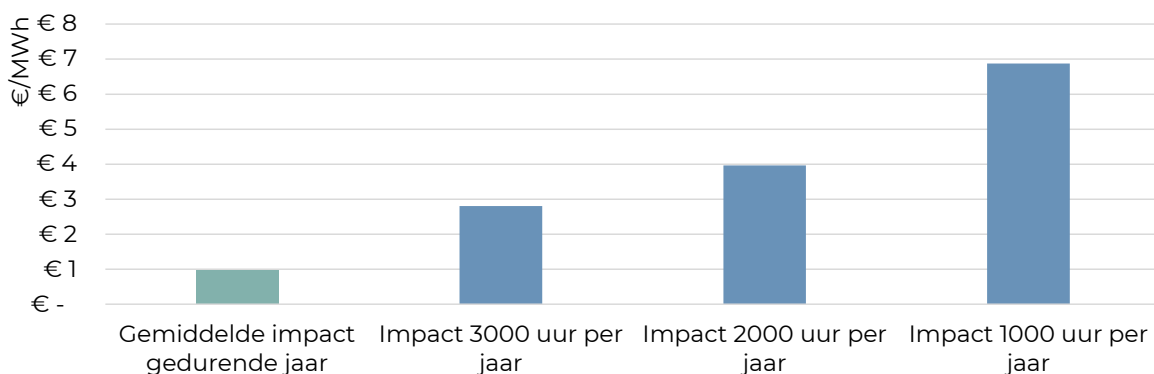
5.1. Impact elektriciteitsprijs

Elektriciteitscentrales en WKK's op aardgas bepalen nog vaak de prijs op de korte termijn elektriciteitsmarkt. Het aantal uren waarin dit het geval is zal de komende jaren steeds verder dalen. Deze verandering wordt gedreven door een stijgend aandeel van hernieuwbare elektriciteitsopwekking (zon en wind), die vanwege hun lage marginale kosten een groeiende invloed hebben op de draaiuren van WKK's. Daarnaast spelen technologische ontwikkelingen in energieopslag en vraagsturing een cruciale rol in deze verschuiving. Energieopslagtechnologieën, zoals batterijen, maken het mogelijk om de variabiliteit van hernieuwbare energiebronnen beter te beheren en zullen draaiuren 'weghalen' van gasgestookte eenheden aan het eind van de merit-order.

Hernieuwbare elektriciteitsopwekking (in combinatie met energieopslag en vraagsturing) zal steeds vaker de elektriciteitsprijs bepalen. Op basis van het EMF-model is een inschatting gemaakt van het aantal uren dat aardgasgestookt vermogen prijszettend (of de marginale optie) is. Uit deze doorrekening blijkt dat gasvermogen in 2024 voor meer dan 6.000 uren per jaar prijszettend is op de korte termijnmarkt. In 2030 is dit aantal afgenomen naar ongeveer 3.000 uren per jaar.

De impact van de WKK-maatregel op de elektriciteitsprijs stijgt tussen 2025 en 2030. In 2025 ondervindt het merendeel van het gasgestookte elektriciteitsvermogen nog geen impact van de WKK-maatregel. Daarmee is de impact van de WKK-maatregel op de elektriciteitsprijs zeer beperkt. Vanaf 2030 ondervinden alle centrales een lastenverhoging door de WKK-maatregel. Daarmee is er vanaf dan ook een meer substantiële impact op de elektriciteitsprijs. Met het EMF-model (zie toelichting 2.3.1) kan geschat worden hoe groot deze impact op de elektriciteitsprijs in 2030 is ten opzichte van het basispad. Hiervoor zijn de marginale meerkosten per type vermogen doorgevoerd in de merit order en vertaald in prognoses van de marktprijs per uur.

Figuur 5-1 Geraamde impact WKK-maatregel op elektriciteitsprijs in 2030



De geraamde impact van de WKK-maatregel op de gemiddelde elektriciteitsprijs over het gehele jaar bedraagt 0,96 €/MWh, dit is een verhoging van ongeveer 1%. De impact op de elektriciteitsprijs verschilt per uur. Bij de gemiddelde elektriciteitsprijs wordt de impact verminderd doordat een groot deel van het jaar (ongeveer 5.500 uur) aardgasgestookt vermogen *niet* prijszettend is. Figuur 5-1 geeft daarnaast de impact weer voor de 1.000, 2.000 en 3.000 uur waarin het verschil tussen de marktprijs met en zonder doorvoering van de WKK-maatregel het grootst is. Hieruit blijkt

dat de WKK-maatregel de elektriciteitsprijs op de korte termijnmarkt verhoogt op de momenten dat aardgasvermogen de elektriciteitsprijs bepaalt. De impact van de WKK-maatregel op de day-ahead marktprijs is gedurende 1.000 uren per jaar zo'n 7 €/MWh: een prijsverhoging van 7% ten opzichte van het basispad. Dit zijn de uren dat vermogen dat veel impact ondervindt van deze maatregel, zoals piekelektriciteitscentrales en gasmotoren, prijszettend is. De WKK-maatregel heeft dus vooral impact op de piekprijs van elektriciteit. Het verschil tussen de dure en goedkope uren op de korte termijn elektriciteitsmarkt wordt met deze maatregel groter.

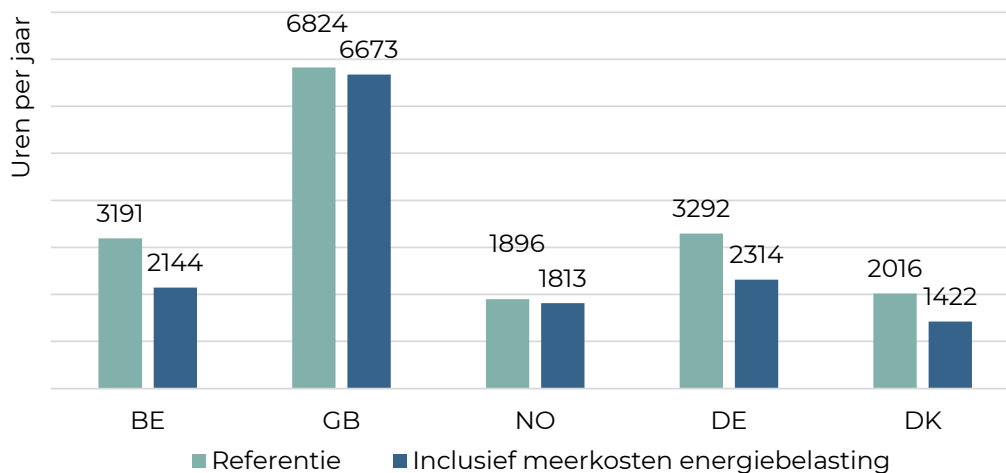
Hoe groot de impact van de WKK-maatregel in 2035 zal zijn is zeer moeilijk te bepalen door de grote onzekerheid in de markt- en beleidsontwikkelingen richting 2035. Dezelfde mechanismes zullen zichtbaar zijn in 2035. Met de huidige aannames in het EMF-model leidt de WKK-maatregel tot een stijging van gemiddeld 0,60 €/MWh. De minder grote prijsstijging in 2035 ten opzichte van 2030 is te verklaren doordat gasvermogen een kleinere rol gaat spelen in de prijszetting op de elektriciteitsmarkt in 2035 en dat daardoor de impact van de energiebelasting op de elektriciteitsprijs verder afneemt. De piekprijs gedurende een beperkt aantal uren per jaar zal wel verder stijgen. Bovendien heeft het eventueel versneld verdwijnen van WKK-vermogen ook een sterk verhogend effect op de elektriciteitsprijs tijdens piekuren.

5.2. Impact import & export

De WKK-maatregel verhoogt de productiekosten voor gasgestookt elektriciteitsvermogen in Nederland. Dit zorgt voor kostenverschillen met het buitenland. Als andere landen geen vergelijkbare kostenverhogingen invoeren zal minder elektriciteit geëxporteerd worden en meer elektriciteit geïmporteerd worden. In hoeverre de Nederlandse energiesector draaiuren verliest aan buitenlandse productie-eenheden hangt sterk af van de markt en beleidsontwikkelingen in de omliggende landen. In de afgelopen jaren is gebleken dat de dynamiek rondom de interconnectiviteit bovendien erg fluctueert. Door de sterke groei van duurzame productievermogen en meer flexibiliteit in het systeem veranderen de verhoudingen in de marktprijzen in de verschillende landen veel sneller.

De WKK-maatregel kan leiden tot een verschuiving van zo'n 3 TWh (zo'n 3% van de elektriciteitsvraag) van elektriciteitsexport naar -import in 2030. Om een indicatie te geven van de potentiële impact van de WKK-maatregel op de hoeveelheid elektriciteit die niet langer in Nederland geproduceerd zou worden is in kaart gebracht wat de impact zou zijn geweest voor referentiejaar 2023. De verschillende marktprijzdata in het buitenland zijn vergeleken met de Nederlandse marktprijs, rekening houdend met de verwachte meerkosten door de WKK-maatregel in 2030. Het aantal uren dat de prijs op de Nederlandse korte termijnmarkt lager ligt neemt logischerwijs af door de meerkosten die de WKK-maatregel met zich meebrengt. Op basis van de analyse is er een verschuiving in de uren dat de prijs op de Nederlandse markt lager zou liggen dan in alle landen waarmee Nederland interconnectiviteit heeft. De verschillen per land staan weergegeven in Figuur 5-2. Met name voor België en Duitsland is het verschil relatief groot met meer dan 1.000 uur waarmee de Nederlandse markt niet langer de laagste marktprijs zou hebben. Op basis van de vermogens van de interconnecties met de verschillende landen kan vervolgens de hoeveelheid elektriciteit worden geschat die niet langer geëxporteerd maar geïmporteerd zou worden. Hierbij is gecorrigeerd voor een gemiddelde vollastfactor waarbij de interconnectie de afgelopen jaren is ingezet. Op basis van deze vereenvoudigde analyse kan de impact op de elektriciteitsimport en -export in Nederland substantieel zijn.

Figuur 5-2 Uren dat Nederlandse marktprijs voor elektriciteit lager is dan de marktprijs in andere landen



Toelichting: In de grafiek wordt de verschuiving van de uren per jaar waarin de Nederlandse elektriciteitsprijs lager is dan die van de omliggende landen getoond. De referentie laat per land het aantal uren zien waarin de Nederlandse elektriciteitsmarkt goedkoper was dan die in de omliggende landen in het referentiejaar 2023. In de "inclusief meerkosten energiebelasting" is voor dit referentiejaar bij alle gasgestookte elektriciteitsopwekking de meerkosten van de energiebelasting in 2030 meegenomen om per uur een nieuwe Nederlandse marktprijs te bepalen. Deze is vervolgens vergeleken met de marktprijs in omliggende landen. Het verschil tussen beide uitkomsten is het potentiële effect van de WKK-maatregel op de verhoudingen tussen de markten. Let op: dit is puur indicatief. Om de effecten op de import en export nauwkeurig te kunnen ramen is een gedetailleerde modellering van de Europese energiemarkten in 2030 vereist.

5.3. Impact leveringszekerheid

Uit TenneT's monitor van de leveringszekerheid blijkt dat de leveringszekerheid t/m 2030 voldoende geborgd is. Hierbij is echter geen rekening gehouden met de WKK-maatregel. TenneT voert jaarlijks een monitoring uit van de middellange en lange termijn leveringszekerheid van elektriciteit. Deze monitoring biedt inzicht in de toekomstige leveringszekerheid van elektriciteit op basis van het verwachte productievermogen in het elektriciteitssysteem. Volgens de analyses van TenneT is de afname van de leveringszekerheid t/m 2030 beperkt en blijft de leveringszekerheid binnen de norm. De leveringszekerheidsindicator LOLE³³ (Loss-of-Load Expectation) is in 2030 1,4 uur per jaar volgens de monitoring leveringszekerheid. Dit betekent dat in 50% van de uitgewerkte scenario's er in het jaar 2030 slechts gedurende 1,4u per jaar niet genoeg vermogen beschikbaar is om in alle elektriciteitsvraag te voorzien. De LOLE betrouwbaarheidsnorm bedraagt in Nederland 4 uur. Uit een gevoeligheidsanalyse van TenneT blijkt dat zelfs bij het verdwijnen van 1,6 GW extra gasgestookt vermogen in 2030 de betrouwbaarheidsnorm niet wordt overschreden.

Tot 2030 heeft de WKK-maatregel naar verwachting geen grote impact op de leveringszekerheid. De WKK-maatregel verlaagt weliswaar het aantal draaiuren van de WKK's, maar het geraamde WKK-vermogen daalt slechts met enkele honderden MW t/m 2030. Dit beeld wordt bevestigd door de interviews en de kwalitatieve analyses. Het teruglopen van het aantal draaiuren van de WKK's in verschillende sectoren heeft in principe geen effect op de leveringszekerheid, omdat het vermogen beschikbaar blijft in de markt om in te spelen op de momenten dat de elektriciteitsprijzen hoog zijn. Een kanttekening hierbij is dat noodzakelijke revisies van installaties investeringen vereisen die door de WKK-maatregel minder snel gedaan zullen worden, met name in de tuinbouwsector. Onze schattingen van enkele honderden MW aan vermogensverlies is lager dan de 1,6 GW uit de gevoeligheidsanalyse van TenneT. Het meer flexibel opereren van WKK-vermogen in de glastuinbouw kan zorgen voor meer stabiliteit in het elektriciteitssysteem en dus bijdragen aan de leveringszekerheid.

³³ LOLE, oftewel Loss-of-Load Expectation, is een maatstaf voor de betrouwbaarheid van de elektriciteitsvoorziening. Het geeft aan hoeveel uren per jaar men verwacht dat de vraag naar elektriciteit niet kan worden voldaan door de beschikbare productiecapaciteit.

In 2033 neemt de leveringszekerheid ten opzichte van 2030 fors af volgens de analyse van TenneT. De reden hiervoor is de elektrificatie van de energievraag, een afname van het regelbaar thermisch productievermogen en een toename van het aandeel duurzame opwek met variabele productie in Nederland. De berekende LOLE van ruim 14 uur voor 2033 ligt ruim boven de 4 uur LOLE-betrouwbaarheidsnorm. TenneT roept daarbij op om maatregelen te nemen om voldoende regelbaar vermogen te waarborgen.

Na 2030 zorgt de WKK-maatregel ervoor dat de leveringszekerheid verder onder druk komt te staan. Op basis van de MIDDEN-analyse leidt de WKK-maatregel niet tot een grote afname van het WKK-vermogen richting 2035. Op basis van de kwalitatieve analyse en de interviews kan echter gesteld worden dat *mogelijk* een significante hoeveelheid WKK-vermogen zal verdwijnen. In het basispad zullen WKK-installaties in alle sectoren richting 2035 minder draaiuren hebben door veranderende marktomstandigheden. Zeker voor oudere installaties kan de rentabiliteit onder druk komen te staan bij een te beperkt aantal draaiuren. Op het moment dat het in bedrijf houden van een installatie niet meer opweegt tegen de kosten zal WKK-vermogen verdwijnen. De keuze voor uitbedrijfname zal vaak worden gemaakt rond grote revisiemomenten, omdat dan een significante investering is vereist om de WKK operationeel te houden. Rond 2030 zullen bij veel WKK's revisies plaatsvinden. Hoewel de WKK-maatregel geen bepalende factor is voor vervanging van de WKK, kan deze het proces voor het uit bedrijf nemen wel versnellen. Voor oudere installaties die flexibel moeten opereren in het toekomstige elektriciteitssysteem zijn de lasten van de WKK-maatregel relatief groot.

De impact van de WKK-maatregel op de keuzes bij revisiemomenten is lastig te kwantificeren. Deze zijn immers installatie-specifiek en worden vaak niet alleen op puur economische overwegingen gemaakt. Het is echter waarschijnlijk dat de meerkosten een rol zullen spelen bij het de keuze voor het wel of niet uit bedrijf nemen van de WKK. TenneT gaat in de monitoring leveringszekerheid uit van 12,4 GW aan gasgestookt vermogen in 2033 ten opzichte van 17,8 GW aan huidig vermogen. Hierbij is de aanname gedaan dat het WKK-vermogen in de glastuinbouwsector en van de must-run installaties gelijk blijft. Het is dus echter aannemelijk dat de WKK-maatregel leidt tot een verminderd aanbod van WKK-vermogen in deze sectoren na 2030. Op basis van het EMF-model kan een grove inschatting gemaakt worden van het effect op de LOLE. Onze inschatting is dat de WKK-maatregel tot het sneller uit bedrijf nemen van 0,5 GW in de glastuinbouw zou kunnen leiden en potentieel tot maximaal 0,5 GW in de industrie en overige sectoren richting 2035. Dit zou volgens het EMF-model leiden tot een 40 tot 50% hogere LOLE.

De conclusie is dat de WKK-maatregel tot 2030 geen of een zeer beperkte impact heeft op de leveringszekerheid. Dit beeld verandert na 2030 (en is dan meer onzeker). Na 2030 is de impact op de leveringszekerheid modelmatig ook beperkt doordat er in de modellering geen WKK-vermogen verdwijnt. In de praktijk is het aannemelijk dat er, in combinatie met andere verduurzamingsmaatregelen en marktomstandigheden, WKK-vermogen verdwijnt als gevolg van de WKK-maatregel en de leveringszekerheid daarmee verder onder druk komt te staan na 2030.

5.4. Impact balanceringsmarkten & overige flexibele diensten

Een significant deel van het huidige WKK-vermogen wordt ingezet op de balanceringsmarkten (zoals toegelicht in sectie 2.3.2). Met name in de glastuinbouw worden gasmotoren hier veel voor ingezet vanwege de mogelijkheid tot het snelle en flexibele op- en afschakelen in combinatie met de flexibiliteit van de warmtevraag. Ook STEG-centrales worden steeds vaker ingezet op de aFRR en de mFRR (binnen de beperkingen van een eventuele warmtevraag).

Omdat WKK-vermogen slechts beperkt verdwijnt door deze maatregel is er geen grote impact te voorzien op de balanceringsmarkten tot 2030. Het is echter aannemelijk dat de onbalansprijzen hoger zullen worden door de kostenstijging van gasgestookte eenheden. Extra aandachtspunt hierbij is dat een flexibele inzet van WKK's (met name bij STEG-installaties) ten koste gaat van het energetisch rendement. Dit betekent dat de belastingdruk toeneemt voor deze installaties en tot hogere kosten voor balancering leidt.

Ook na 2030 verwachten we niet dat de WKK-maatregel leidt tot problemen op het gebied van balanceringsmarkten. Het WKK-vermogen dat potentieel verdwijnt na 2030 door de WKK-maatregel zal ook impact hebben op de balanceringsmarkten. Echter, de komende jaren zullen er steeds meer alternatieven komen voor balanceringsmarkten, zoals batterijen, vraagsturing en e-boilers voor zowel opregelvermogen als afregelvermogen. Met name voor primair reservevermogen en regelbaar vermogen zijn er mogelijk meerdere alternatieven. WKK-installaties (met name) in de tuinbouw zullen een belangrijke rol blijven spelen in het noodvermogen. Echter, TenneT heeft hierbij in het interview aangegeven dat zij verwachten dat het eventueel wegvallen van dit vermogen kan worden opgevangen door de markt.

Het eventueel wegvallen van vermogen vormt dus een minder groot probleem voor de balanceringsmarkten dan voor de leveringszekerheid. Dit heeft te maken met de kortere duur van de vermogensvraag in de balanceringsmarkten. Hiervoor zijn er meerdere duurzame alternatieven.

6. Conclusies

Algemeen

De versobering van de inputvrijstelling voor WKK's corrigeert het fiscale voordeel dat warmte uit WKK's nu ontvangt. Op dit moment is gasgebruik in de WKK volledig vrijgesteld van de energiebelasting, in tegenstelling tot ander energiegebruik voor warmteproductie. Gasgebruik buiten de WKK wordt regulier belast. Dit geldt ook voor gas- en elektriciteitsgebruik bij duurzame alternatieven. In de huidige situatie is er dus een fiscaal voordeel voor gasgebruik in de WKK. Dit draagt bij aan de goede financiële uitgangspositie van de WKK. De WKK-maatregel dient het fiscale voordeel te verkleinen. Het kan daarom worden verwacht dat de WKK-maatregel tot hogere lasten leidt in sectoren waarin de WKK wordt gebruikt.

De WKK-maatregel verhoogt de lasten voor de meeste bedrijven met een WKK en voor gasgestookte elektriciteitscentrales. De totale lastenverhoging is zo'n €330 miljoen per jaar in 2030. Enkel voor WKK's met een efficiëntie van minder dan 30% leidt de WKK-maatregel tot lagere lasten. Door de vormgeving van de maatregel, het degressieve karakter van de energiebelasting en de verschillende karakteristieken van bedrijven verschillen de effecten per sector en bedrijf:

- **Voor bedrijven met relatief laag gasgebruik wordt het gasgebruik in de WKK na de WKK-maatregel tegen een relatief hoog tarief belast.** Dit is het gevolg van de degressieve energiebelasting, waardoor het tarief voor de energiebelasting hoger is voor bedrijven met een relatief laag gasgebruik.
- **Centrales met lage rendementen ondervinden een relatief grote lastenstijging.** Dit is het gevolg van het ontwerp van de WKK-maatregel, waarbij de resterende vrijstelling is gebaseerd op een rendement van 60%. Hoe lager het rendement van een installatie, des te lager het deel van het gasgebruik dat vrijgesteld blijft. Over het algemeen geldt dat het rendement daalt naarmate een installatie flexibeler wordt ingezet, terwijl flexibele inzet juist gewenst is vanuit transitieperspectief.
- **Bedrijven die een relatief groot deel van de opgewekte elektriciteit zelf gebruiken ondervinden hogere kosten dan bedrijven die meer aan het net leveren.** Dit is het gevolg van het feit dat eigen gebruik zwaarder wordt belast door de WKK-maatregel dan netlevering.

De WKK-maatregel verlaagt de onrendabele top van verschillende verduurzamingsopties. Hiermee leidt de WKK-maatregel tot emissiereductie en brengt het verdere verduurzaming dichterbij. De geraamde additionele emissiereductie van de WKK-maatregel is 0,40 MtCO₂e per jaar in 2030 (scope 1 + 2 emissies). Het merendeel van de geraamde emissiereductie (0,33 MtCO₂e) vindt plaats in de glastuinbouw. Het resterende deel (0,06 MtCO₂e) vindt plaats in voedings- en genotmiddelen sector. De beperkte impact van de WKK-maatregel op de BKG-emissies in onder andere de industrie wordt verklaard doordat de WKK-maatregel verschillende verduurzamingsopties ter vervanging van gasgestookte WKK's weliswaar financieel aantrekkelijker maakt (waarmee de subsidiebehoefte om de onrendabele top te overbruggen daalt), maar vaak onvoldoende om deze maatregelen over de rentabiliteitsstreep te trekken. Daarnaast zijn in de industrie veel maatregelen al rendabel in het basispad (voornamelijk door de CO₂-kosten, bestaande uit ETS en de CO₂-heffing).

Bedrijven zijn beperkt in staat om de lastenverzwaring te dempen via rendabele investeringen in verduurzaming. De consequentie van het beperken van het fiscale voordeel van de WKK is dus ook dat de concurrentiepositie achteruitgaat. Uit de resultaten blijkt dat het zeer onwaarschijnlijk is dat het merendeel van de bedrijven een groot deel van de lastenverhoging kan voorkomen door rendabele investeringen in verduurzaming. Dit betekent niet dat partijen technisch niet kunnen verduurzamen (hoewel dit soms het geval is, bijvoorbeeld door netcongestie), maar dat duurzame productietechnieken duurder blijven dan de huidige productietechniek, ondanks de WKK-maatregel. Afhankelijk van sector- en bedrijfsspecifieke omstandigheden zullen bedrijven de

resterende lastenverhoging doorberekenen in de prijs, of absorberen. De mate waarin bedrijven de kostenverhoging kunnen absorberen verschilt. Ook als een bedrijf de kostenverhoging kan absorberen verslechtert de concurrentiepositie (want lagere winstgevendheid). Het doorberekenen van de kosten van de WKK-maatregel leidt tot hogere prijzen in de sectoren met een WKK, zoals hogere elektriciteitsprijzen en warmtetarieven.

De WKK-maatregel valt samen met andere ontwikkelingen die kostenverhogend werken voor de WKK, waardoor het aantal draaiuren naar verwachting afneemt. Dit zijn maatregelen zoals de eerdere aanpassingen in de energiebelasting, of expliciete CO₂-beprijzing. Tegelijkertijd neemt naar verwachting het aantal uren met zeer hoge elektriciteitsprijzen toe (ongeacht de WKK-maatregel), waardoor de WKK financieel aantrekkelijk kan blijven voor flexibele inzet. Als het aantal draaiuren onvoldoende wordt om rendabel te opereren door marktontwikkelingen en beleidsmaatregelen kan de WKK uit bedrijf worden genomen. Het aantal draaiuren voor rendabele inzet verschilt per bedrijf.

Effecten van de WKK-maatregel per sector

De glastuinbouw ondervindt de meest substantiële lastenverzwaring. Dit komt doordat meer dan 80% van het gasgebruik in de sector in de WKK wordt gebruikt (en momenteel dus vrijgesteld is) in combinatie met het degressieve belastingstelsel. In 2030 betreft de geraamde lastenstijging zo'n €220 miljoen per jaar. Dat is een toename van +77% ten opzichte van het basispad.³⁴ Een kanttekening bij de substantiële lastenverhoging (naast de gunstige uitgangspositie met het grote aandeel vrijgesteld gasgebruik) is dat de kosten in het kader van ander klimaatbeleid in de industrie en energiesector hoger zijn (door het ETS en de CO₂-heffing voor de industrie).

De WKK-maatregel vertaalt zich in een forse stijging van bedrijfskosten. Namelijk 4% in 2030 op sectorniveau. Deze stijging wordt verklaard door (1) het grote aandeel WKK-gebruik, (2) het relatief lage gasgebruik per bedrijf ten opzichte van andere sectoren, (3) het grote aandeel energiekosten in de totale bedrijfskosten. Belichtende glastuinbouwbedrijven ondervinden een hogere lastenverzwaring dan bedrijven die niet belichten. In de bedrijfsprofielanalyse stijgen de energiekosten in 2035 bij het profiel belichtende tuinder tot 34% (tegenover +23% op sectorniveau).

Bedrijven ervaren door de WKK-maatregel een grotere prikkel op verduurzaming. Hierdoor wordt in de glastuinbouw de hoogste BKG-emissiereductie geraamd door de WKK-maatregel. In de glastuinbouw lijken met name warmtepompen interessantere alternatieven te worden voor de invulling van de basislast. Doordat de WKK-maatregel de onrendabele top van verschillende alternatieven verlaagt, wordt ook de benodigde subsidie om een eventueel resterende onrendabele top te overbruggen kleiner. Subsidies blijven wel een belangrijke rol spelen. Zo worden warmtepompen in de modellering alleen rendabel in combinatie met de SDE++. Netcongestie kan verduurzaming met warmtepompen, maar ook met warmtenetten, belemmeren. Belichtende glastuinbouwbedrijven zijn bijvoorbeeld beperkt in de mogelijkheden om WKK's uit te zetten en te belichten vanuit het net.

Onderaan de streep vergroot de beperking van het fiscale voordeel voor de WKK de prikkel op verduurzaming, maar verslechtert de WKK-maatregel de concurrentiepositie. Tuinbouwers met een WKK verliezen een goede uitgangspositie met relatief zeer lage energiekosten door de WKK-maatregel. Dit vergroot het weglekrisico in de glastuinbouw significant, omdat het onwaarschijnlijk is dat de resterende lastenverzwaring door kan worden berekend zonder verlies van marktaandeel.

In de industriële sectoren stijgen de lasten ook merkbaar, maar slechts beperkt op sectorniveau. Dit geldt niet voor ieder bedrijf. De impact op de energie- en bedrijfskosten op sectorniveau zijn relatief klein op sectorniveau. De hoogste stijging in energiekosten is +0,20% (voor de voedings- en genotsmiddelenindustrie). In termen van bedrijfskosten is de hoogste stijging +0,05% (voor dezelfde

³⁴ Alle kwantitatieve resultaten zijn ten opzichte van het basispad (de situatie in hetzelfde jaar, zonder de WKK-maatregel), tenzij anders vermeld. Voor de duidelijkheid vermelden we soms expliciet dat een resultaat ten opzichte van het basispad is.

sector en de chemische en farmaceutische industrie). De verschillen worden verklaard door (1) verschillen in het gemiddeld belastingtarief, (2) verschillen in het aandeel (en de efficiëntie van) WKK's in de sector en (3) verschillen in het klein aandeel van energiekosten in de totale bedrijfskosten. Op bedrijfsniveau kan de impact groter zijn. Zo laat de bedrijfsprofielanalyse zien dat de stijging in energiekosten kan oplopen tot 13% in 2035 (tegenover maximaal 0,2% op sectorniveau).

In de industrie verwachten we dat de WKK-maatregel slechts beperkt invloed heeft op de keuzes omtrent verduurzaming. Dit komt omdat de kostenverhoging door de WKK-maatregel relatief klein is ten opzichte van de energie- en CO₂-kosten (ETS en CO₂-heffing industrie). Hierdoor wordt alleen verduurzaming bij een aantal installaties in de voedingsmiddelenindustrie over de rentabiliteitsstreep getrokken. De WKK-maatregel verbetert de business case voor de inzet van groen gas en waterstof niet, omdat beide hetzelfde worden belast als aardgas. Doordat bedrijven slechts zeer beperkt de mogelijkheid hebben om de lastenverzwaring te voorkomen of te dempen met *rendabele* investeringen in verduurzaming zal de lastenverhoging dienen te worden doorberekend of geabsorbeerd. Gezien de aanwezige internationale concurrentie (waardoor de sectoren al bestaand weglekrisico hebben volgens o.a. de Europese Commissie), verhoogt de WKK-maatregel de bestaande weglekrisico's. Bovendien zijn de energiekosten in Nederland al relatief hoog ten opzichte van het buitenland en zal de nationale CO₂-heffing tot extra kosten voor Nederlandse bedrijven leiden. In welke mate het risico op weglek tot daadwerkelijke weglek zal leiden is niet vast te stellen en zal bedrijfsafhankelijk zijn.

In de energievoorziening ligt de financiële impact van de WKK-maatregel zowel bij warmte- als elektriciteitscentrales. In 2030 is de geraamde lastenstijging €26 miljoen per jaar. Dit vertaalt zich in een gemiddelde stijging van +0,2% van de energiekosten en van +0,1% van de bedrijfskosten (beide 2035) op sectorniveau. Ook hier geldt dat de impact op bedrijfsniveau anders kan uitpakken. De bedrijfsprofielanalyse laat zien dat de WKK-maatregel de energiekosten maximaal 20% doet stijgen.

Door het ontwerp van de WKK-maatregel ondervinden elektriciteitscentrales (zonder WKK) ook een lastenverzwaring. Doordat het praktijkrendement van elektriciteitscentrales lager ligt dan 60% zullen alle producenten met een aardgasgestookte elektriciteitscentrale energiebelasting gaan betalen door de WKK-maatregel. Voor grote nieuwe elektriciteitscentrales met een hoge efficiëntie en veel draaiuren zal in 2030 door de WKK-maatregel zo'n 5% van het aardgasgebruik worden belast. Voor piekcentrales met een lager rendement stijgt het aandeel van belast gasgebruik al naar 20% en is het gasgebruik lager waardoor relatief veel gasgebruik in de duurdere schijven valt. Hierdoor is voor dergelijke centrales de impact van de WKK-maatregel dus ook groter.

De lastenverzwaring kan elektriciteitscentrales deels worden goedge maakt door hogere inkomsten op de elektriciteitsmarkt, maar ze verliezen waarschijnlijk ook draaiuren aan het buitenland. Voor nieuwe elektriciteitscentrales met een hoog rendement geldt dat zij een minder hoge lastenverzwaring zullen ervaren dan concurrerend gasgestookt vermogen in Nederland (in de elektriciteitssector, industrie en glastuinbouw). Hierdoor kunnen ze op bepaalde momenten zelfs hogere inkomsten hebben dan in het basispad, omdat de elektriciteitsprijs verder stijgt dan de kostenstijging van deze installaties.

Standwarmtecentrales zijn zeer beperkt om de relatief hoge lastenverzwaring te dempen. Vooral bij kleinere collectieve warmtenetten blijkt verduurzaming zeer complex. Hierdoor vertaalt de WKK-maatregel zich vooral in een lastenstijging voor stadswarmte (met name bij kleine stadswarmte-installaties). Dit kan in de toekomst tot hogere warmtetarieven leiden.

In de overige sectoren met WKK is de impact op sectorniveau beperkter omdat het aandeel WKK-gebruik aanzienlijk lager is dan in andere sectoren. Hierdoor is de geraamde stijging van de bedrijfskosten beperkt tot maximaal 0,04% op sectorniveau (waterbedrijven en afvalbeheer).

Dit neemt niet weg dat de impact bij specifieke partijen met WKK's in deze sector substantieel kan zijn. Veel WKK's in deze sectoren zijn relatief kleine gasmotoren en er is relatief veel eigen gebruik. Hierdoor worden deze installaties relatief hard geraakt door de WKK-maatregel.

Interactie van de WKK-maatregel met netcongestie

Er zit veel verschil in het WKK-vermogen dat in regionale verzorgingsgebieden staat opgesteld.

In het merendeel van de regionale verzorgingsgebieden speelt de WKK geen rol. In specifieke gebieden is het totale vermogen, en daarmee de potentiële impact op de regionale netbelasting, groot. Veranderingen in de inzet kunnen daarom grote impact hebben op de netbelasting in deze gebieden. Dit geldt ook voor het kleine aantal WKK's dat is aangesloten op het hoogspanningsnet. Door de grote vermogens is de impact op de netbelasting groot.

Netcongestie vormt een belemmering voor de snelheid waarmee de inzet van WKK's gedeeltelijk kan worden vervangen.

Ongeveer 70% van de bedrijven met WKK kan nu door een gebrek aan contractcapaciteit niet elektrificeren. Uit interviews blijkt ook dat netcongestie het handelingsperspectief zeer wezenlijk beperkt. Door netuitbreidingen de komende jaren zal er in veel gebieden ruimte ontstaan. In hoeverre dit voldoende is voor de verwachte verduurzaming is onzeker. Dit hangt sterk af van de tijdslijn van de uitbreidingen en de manier waarop de extra ruimte kan worden ingevuld. Daarnaast hoeft een gedeeltelijke elektrificatie niet belemmerd te worden door netcongestie, omdat het WKK-vermogen beschikbaar blijft.

Tot en met 2030 leidt de WKK-maatregel er niet toe dat de bijdrage van de WKK aan het voorkomen of beperken van netcongestie substantieel verandert.

Dit komt omdat we t/m 2030 weliswaar minder draaiuren van de WKK ramen, maar geen substantiële vervanging van de WKK. Als de mindere draaiuren op de juiste momenten worden ingezet (via de juiste prikkels) kunnen de WKK's dus een vergelijkbare bijdrage leveren aan het verhelpen van congestie. Aandachtspunt hierbij is dat door de WKK-maatregel WKK-vermogen flexibeler ingezet gaat worden, wat de gelijktijdigheid van de installaties kan vergroten. Gezien het grote vermogen van WKK in sommige gebieden kan dit voor problemen zorgen.

Na 2030 is dit beeld onzeker en zou het vermogen wel kunnen dalen en zouden de WKK's mogelijk minder kunnen bijdragen aan het beperken van netcongestie.

Versnelde volledige elektrificatie door de WKK-maatregel kan bestaande congestie verergeren, maar ook nieuwe congestiegebieden creëren. Het lijkt nuttig om hier bij netuitbreidingen rekening mee te houden.

Impact van de WKK-maatregel op het elektriciteitssysteem

De WKK-maatregel leidt tot een hogere elektriciteitsprijs op momenten dat aardgasgestookt vermogen prijszettend is.

Dure uren worden dus nog duurder. Door de stijgende kosten van elektriciteitsopwekking in Nederland ten opzichte van het buitenland door de WKK-maatregel zal er ook meer elektriciteit worden geïmporteerd, en minder geëxporteerd. Naar onze inschatting kan dit om een substantieel aantal uren gaan.

De WKK-maatregel leidt tot 2030 niet direct tot problemen voor de leveringszekerheid. De WKK-maatregel lijkt er niet toe te leiden dat het WKK-vermogen significant daalt. Minder draaiuren voor de WKK is geen probleem voor de leveringszekerheid omdat het vermogen beschikbaar blijft.

In de periode na 2030 kan de WKK-maatregel ervoor zorgen dat de leveringszekerheid verder onder druk komt te staan.

TenneT waarschuwt in de monitoring leveringszekerheid dat de leveringszekerheid na 2030 afneemt. De WKK-maatregel kan leiden tot een versnelde uitbedrijfname van WKK in de periode na 2030. Dit kan de leveringszekerheid verder doen verminderen.

De WKK-maatregel zal naar verwachting niet zorgen voor problemen op het gebied van balanceren en netstabiliteit.

Momenteel speelt WKK-vermogen een cruciale rol op de balanceringsmarkten, vooral in de tuinbouw en in toenemende mate ook in de industrie. Zolang WKK's in bedrijf blijven, kunnen ze deze rol blijven vervullen, hoewel de WKK-maatregel tot beperkte prijsverhoging kan leiden. Na 2030, als mogelijk WKK-vermogen versneld verdwijnt, zullen er naar verwachting voldoende alternatieven zijn om flexdiensten te leveren.

Bijlagen

A. Methode

A.1. Overkoepelende methode

A.1.1. Dynamische & statische effecten

In dit onderzoek maken we onderscheid tussen twee effecten:

- Het **statische effect**, waarbij wordt aangenomen dat de productietechnieken niet veranderen ten opzichte van de huidige situatie. Zo worden de statische lasten in 2030 voor een sector bijvoorbeeld berekend op basis van de het meest recente energieverbruik, vermenigvuldigd met de verwachte productieverandering voor die sector tussen het meest recente jaar en 2030, vermenigvuldigd met de energiebelastingstarieven in dat jaar (versimpelede weergave). Het statische effect is dus een benadering van de effecten van de WKK-maatregel zonder aanpassingen in productieprocessen (gedragsverandering). In sectie A.2.3 van deze bijlage lichten we de statische methode in meer detail toe.
- Het **dynamische effect**, daarentegen omvat een scenario waarbij technologieën en methoden zich blijven ontwikkelen en verbeteren, en nieuwe reductiemaatregelen en beleidsmaatregelen worden geïntroduceerd. Dit kan dus leiden tot veranderingen in energieverbruik en mogelijke kostenreducties door verduurzaming.

Bij de resultaten op sectorniveau laten we enkel het statische effect zien in 2025. Het is namelijk niet aannemelijk dat partijen hun gedrag nog wezenlijk kunnen aanpassen op de WKK-maatregel voor 2026. Het statische effect is dus een goede inschatting. Voor 2030 en 2035 laten we enkel het dynamische effect zien, omdat het juist aannemelijk is dat partijen wel reageren op de nieuwe omstandigheden ten gevolge van de WKK-maatregel. Voor andere analyses (zoals de spreiding van effecten binnen sectoren) kijken we enkel naar het statische effect.

A.1.2. Het basispad

Om de effecten van de fiscale maatregel te ramen maken we gebruik van een basispad: de uitgangssituatie in 2025, 2030 en 2035 zonder de WKK-maatregel. Het effect van de WKK-maatregel is gelijk aan het verschil tussen de situatie in het basispad en de situatie na doorvoering van de WKK-maatregel. Vanuit theoretisch oogpunt zouden we een zo nauwkeurig mogelijke raming van de toekomst als basispad willen gebruiken. Dit kost echter veel tijd en levert naar verhouding weinig op. Veel waarden in het basispad hebben slechts beperkt invloed hebben op de resultaten, bijvoorbeeld omdat ze dezelfde impact hebben op het basispad als op de situatie met de fiscale maatregel. Daarom zijn we pragmatisch te werk gegaan: een zo goed mogelijke voorspelling van de toekomst als basispad is geen doel op zich. De absolute waarden in het basispad zijn beperkt relevant voor de resultaten en dienen niet als alleenstaande resultaten te worden beschouwd. Tabel 0-1 geeft een overzicht van de meest relevante bronnen voor het basispad.

Tabel 0-1 Meest relevante bronnen in basispad.

Parameter	Bron
Energiegebruik (belast/onbelast per schijf)	CBS (2022): Elektriciteitsverbruik bedrijven; belastingschijf , Aardgasverbruik bedrijven; belastingschijf
Gebruik WKK (input gas, output elektriciteit, per schijf)	CBS: data WKK verbruik per sector.
Productie, bedrijfs- en energiekosten per sector	CBS (2022). Bedrijfsleven; arbeids- en financiële gegevens
Productie, bedrijfs- en energiekosten landbouw	CBS (2021). Landbouw; financiële gegevens landbouwbedrijven
Groei/krimp toekomstig energiegebruik	PBL (2022). Klimaat- en Energieverkenning 2022 . (Interne sectorale ramingen; beschikbaar t/m 2040.
Groei/krimp toekomstige productie	KEV 2021 o.b.v. CE Delft (2021). Groeiprojecties energie-intensieve industrie en WEcR (2021). Effecten van actuele ontwikkelingen op prognoses CO2-emissie glastuinbouw 2030
Toekomstige energieprijzen	KEV 2022 ramingen (voorlopig) + voor 2025 gas TTF future
Elektriciteitsmarkt (EMFI)	TenneT (2022). Monitor leveringszekerheid 2021 . Bevat 3 scenario's, waarvan 1 o.b.v. KEV2021.
Inflatie	CPB (2023). Centraal Economisch Plan (CEP) 2023, raming maart 2023 CPB.nl
Emissiefactoren	PBL (2022). KEV 2022 ramingen en RVO (2022), Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO2 emissiefactoren, versie januari 2022
Netwerkkosten	CBS (2023). StatLine - Aardgas en elektriciteit, gemiddelde prijzen eindverbruikers, 2007-2022 (cbs.nl)
Groei/krimp netwerkkosten	PBL (2021). Ontwikkelingen in de energierekening tot en met 2030 ; Beschikbaar t/m 2030.

Omdat de KEV 2023 dezelfde energieprijzramingen gebruikt als de KEV 2022 zijn er geen veranderingen in de geraamde marktprijzen voor gas en elektriciteit. De marktprijzen voor andere energiedragers zijn ook constant gehouden. Tabel 0-2 geeft een overzicht van de energieprijzen. Bijlage C geeft een overzicht van de belangrijkste verschillen in het basispad t.o.v. het [Effectenonderzoek vrijstellingen energiebelasting](#).

Tabel 0-2 Gehanteerde energieprijzen in het basispad (inclusief componenten) in €₂₀₂₄/MWh

Parameter	Prijs 2025 [€/MWh]	Prijs 2030 [€/MWh]	Prijs 2035 [€/MWh]	Bron
Steenkool- en bruinkoolbriketten	13,11	13,11	13,11	PBL (2022). Klimaat- en Energieverkenning 2022 (pbl.nl)
Cokeskolen	14,29	14,29	14,29	Afhankelijk van prijs kolen
Petroleumcokes	16,48	16,48	16,48	Afhankelijk van prijs kolen
Stookolie	63,05	63,05	63,05	PBL (2022). Klimaat- en Energieverkenning 2022 (pbl.nl)
LPG	58,05	83,59	83,59	IRENA (2018). Renewable Energy Prospects for the European Union.
Gas-/dieselolie	81,98	118,06	118,06	IRENA (2018). Renewable Energy Prospects for the European Union
Biogas	109,94	101,76	101,76	PBL (2022). Klimaat- en Energieverkenning 2022 (pbl.nl)
Waterstof	190,52	190,52	190,52	PBL (2022). Klimaat- en Energieverkenning 2022 (pbl.nl)

A.2. Methode per sector

A.2.1. Industrie

Om de impact op de industrie in kaart te brengen zijn verschillende methoden toegepast:

- **Dynamische effectenraming** op basis van **MIDDEN-methode**: zie toelichting hieronder
- **Statische effectenraming op microprofielen** waarbij voor een aantal bedrijfsprofielen die relevant zijn in de context van dit onderzoek (bijvoorbeeld omdat ze relatief hard geraakt worden door de WKK-maatregel) de statische effecten is berekend.³⁵
- **Kwalitatieve analyses**: op basis van interviews met marktpartijen en op basis van de expertise van het onderzoeksteam.

De dynamische effecten voor de industrie zijn berekend op basis van een methode waarbij gebruik is gemaakt van de **MIDDEN-database** van TNO en PBL. Voor deze analyse hebben we de data bijgewerkt met informatie uit de database van industriële WKK's van BlueTerra. Deze beschrijving van de methode is ook te vinden in de 2023 studie bij Trinomics en BlueTerra, [Effectenonderzoek vrijstellingen energiebelasting](#). Hierbij gelden de volgende uitgangspunten:

- Alleen **rendabele maatregelen** (netto contante waarde: NCW > 0) worden genomen, waarbij de NCW wordt bepaald op basis van de volgende formule:

$$\sum_{t=1}^T \frac{(Kostenbesparing - OPEX)}{(1+r)^t} - CAPEX$$

- Onrendabele maatregelen worden niet genomen.
- Voor technieken waar data voor de investeringskosten (CAPEX) ontbreken, zijn de CAPEX van gelijksoortige technieken in de MIDDEN-database aangenomen.
- Ontbrekende waarden voor onderhoudskosten zijn geschat op 3% van de CAPEX.

³⁵ Bij de statische analyse op microprofielen wordt geen correctie uitgevoerd voor productiegroei (zoals wel wordt gedaan bij de statische analyse op sectorniveau).

- Er wordt **geen autonome energiebesparing** aangenomen. Energiebesparing wordt apart meegenomen waar dit in de MIDDEN-database als een maatregel voorkomt op dezelfde manier als alle andere emissiereductiemaatregelen.³⁶
- Voor installaties in de MIDDEN-database kijken we naar het effect van de fiscale maatregelen op het nemen van verduurzamingsmaatregelen op installatieniveau t.o.v. het basispad.
 - Per installatie is aangenomen dat de meest rendabele verduurzamingsmaatregelen wordt gekozen. Dit wordt apart in het basispad en na de fiscale maatregelen bepaald.
 - De investeringskosten zijn gebaseerd op de MIDDEN-database. Dit zijn dus de *huidige* investeringskosten van reductiemaatregelen.
 - De WKK-maatregelen in de MIDDEN-database kunnen enkel volledig genomen worden.
- Alle investeringsbeslissingen vinden plaats in de zichtjaren 2030 of 2035 (niet eerder of tussendoor).
- Alleen maatregelen die technisch beschikbaar zijn in 2030 en/of 2035 worden meegenomen:
 - Extra beschikbare maatregelen in 2035 t.o.v. 2030 zijn beperkt in aantal en niet rendabel door hoge investeringskosten.
 - Maatregelen die vooral na 2035 pas beschikbaar komen zijn elektrificatie in de raffinage en chemiesectoren.
- We gaan uit van **één** gemiddelde **elektriciteitsprijs** per jaar en nemen dus geen variatie binnen een jaar mee.
- We houden rekening met kostenbesparingen gerelateerd aan emissiereducties o.b.v. de ETS-prijs (en CO₂-heffing en gerelateerde dispensatierechten, indien relevant).
- We nemen in de berekening **geen subsidies** (zoals de SDE++) mee voor de industrie:³⁷
 - Omdat het per bedrijf kan verschillen of er (en hoe veel) subsidie beschikbaar is.
 - De genomen maatregelen bepaald o.b.v. de MIDDEN-methode voor de industrie zijn dus rendabel zonder subsidies.
- Er wordt rekening gehouden met infrastructuurkosten voor CCS (transport- en opslagkosten) en bij elektrificatie (netaansluiting, on-site infra., en netwerkkosten). Infrastructuurkosten met betrekking tot waterstof en biogas worden slechts indirect in de energieprijs verrekend.

Tabel 0-3 vat de meest relevante aannames in de MIDDEN-analyse samen. De MIDDEN-database bevat gegevens over kostenbesparing, investeringskosten, operationele kosten, en relevante financiële parameters.

³⁶ Alleen voor de glastuinbouw wordt in dit onderzoek autonome energiebesparing aangenomen om aan te sluiten bij het onderzoek van Berenschot & Kalavasta.

³⁷ Hiermee wijken we af van de aanpak voor de glastuinbouwsector, waarbij we naast een gemiddelde prijs ook een peak en off-peakprijs hanteren en wel rekening houden met de SDE++ subsidie gezien de grote impact van de fiscale maatregelen op de sector.

Tabel 0-3 Meest relevante aannames in MIDDEN-methode

Parameter	Waarde
Kostenbesparing	Besparing van energiekosten (incl. lasten) en CO ₂ -kosten (ETS en CO ₂ -heffing) t.o.v. huidige technologie
CAPEX	Volledige investeringskosten van MIDDEN-database
OPEX	Verschil tussen de huidige technologie & verduurzamingsmaatregel MIDDEN-database
Reële WACC (r)	7%
Economische levensduur (T)	15 jaar of korter (als technische levensduur korter is)
ETS-prijs	110 €/tCO ₂ in 2030, 145 €/tCO ₂ in 2035 (constante 2021 prijzen)
CO₂-heffing	144 €/tCO ₂ in 2030, constant na 2030 (constante 2022 prijzen)

Om de WKK te vervangen en het systeem te verduurzamen kunnen verschillende alternatieven technologieën worden overwogen. De volgende alternatieven zijn meegenomen in de analyse:

- E-boiler
- Waterstof ketel/WKK
- Biogas ketel/WKK
- Biomassa ketel/WKK
- Warmtepomp
- Waterstof WKK
- Ultradiepe geothermie
- CO₂-afvang en opslag (niet als volledig alternatief, maar als toevoeging)

Investerings- en onderhoudskosten zijn gebaseerd op waarden opgenomen in de [MIDDEN-database \(2021\)](#) en geactualiseerd op basis van waarden uit [SDE++ 2024 eindadvies](#) en [Kalavasta & Berenschot \(2023\)](#) (zie Tabel 0-6).

A.2.2. Glastuinbouw

- **Dynamische effectenraming** op basis van **het glastuinbouwmodel**: zie hieronder.
- **Statische effectenraming op microprofielen** waarbij voor een aantal bedrijfsprofielen die relevant zijn in de context van dit onderzoek (bijvoorbeeld omdat ze relatief hard geraakt worden door de WKK-maatregel) de statische effecten is berekend.³⁵
- **Kwalitatieve analyses**: op basis van interviews met marktpartijen en op basis van de expertise van het onderzoeksteam.

Het startpunt bij het ontwikkelen van de methode voor de glastuinbouw was aansluiting bij de data van Berenschot & Kalavasta (2023).³⁸ Zij hebben deze data gebruikt voor de ontwikkeling van een rekenmodel in het kader van het ontwerpen van het individueel sectorsysteem glastuinbouw in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV). Alleen bij goede redenen wijken we af van hun uitgangspunten en data, zoals het ontbreken van relevante mechanismes in het kader van ons onderzoek.

Vervolgens hebben een model ontwikkeld, waarbij we het door Trinomics ontwikkelde model voor de industrie op basis van MIDDEN-data toepassen op de glastuinbouwsector. Deze beschrijving van de methode is ook te vinden in de 2023 studie bij Trinomics en BlueTerra, [Effectenonderzoek vrijstellingen energiebelasting](#). De data en uitgangspunten sluiten aan bij Berenschot & Kalavasta. Aanvullende analyses (op het gebied van data en uitgangspunten) zijn

³⁸ Berenschot & Kalavasta (2023). [Rekenmodel individueel sectorsysteem glastuinbouw](#).

uitgevoerd door BlueTerra. Voor de glastuinbouw werken we met bedrijfsprofielen, in plaats van data op installatieniveau. Voor ieder profiel maken we vervolgens onderscheid tussen een groot, middel en klein bedrijf (qua energiegebruik). In totaal dekken de 30 profielen 100% van het glastuinbouwareaal. De 10 gebruikte profielen:

1. Gemiddelde onbelichte kas met WKK (28% van het totale glastuinbouwareaal)
2. Extensieve onbelichte kas met gasketel (15%)
3. Zeer extensieve onbelichte kas met gasketel (7%)
4. Gemiddelde onbelichte kas met alternatieve warmte en geen WKK (7%)
5. Gemiddelde belichte kas met WKK (7%)
6. Gemiddelde belichte kas met alternatieve warmtebron en WKK (9%)
7. Intensieve belichte kas (7%)
8. Gemiddelde onbelichte kas met alternatieve warmtebron en WKK (8%)
9. Zeer intensieve belichte kas (3%)
10. Overig (9%)

Per profiel beschikken we over de volgende informatie: het areaal, het aantal bedrijven, de warmtevraag per m², de beschikbare warmtebronnen, de inzet van de warmtebronnen, de elektriciteitsinkoop per m², de CO₂-vraag per m² en de jaarlijkse energiebesparing.³⁹

Tuinders kunnen erg flexibel anticiperen op de fluctuerende elektriciteitsprijzen en zo optimaal gebruik maken van de WKK. Hierbij speelt vaak een andere dynamiek dan bij (sommige) industriële installaties waarbij de (constante) warmtevraag leidend is in het wel of niet laten draaien van de WKK. Daarom werken we met andere elektriciteitsprijzen voor de glastuinbouw. Op basis van het EMF-model⁴⁰ is een gemiddelde elektriciteitsprijs geschat die WKK's ontvangen in de markt bij netlevering, op basis van hun (1) draaiuren en (2) flexibiliteit in de warmtevraag. Dit is de **peak prijs** in onderstaande tabel. De opbrengsten uit de elektriciteitsmarkt worden afgetrokken van de totale energieprijzen in onze resultaten. Daarnaast is er een elektriciteitsprijs vastgesteld als de warmtevraag door een e-boiler flexibel zou kunnen worden ingevuld. Dit is de **off-peak prijs** in onderstaande tabel. Voor het overige elektriciteitsgebruik is de gemiddelde elektriciteitsprijs aangehouden die overeenkomt met het EMF.

Tabel 0-4 Gebruikte elektriciteitsprijzen in de analyse voor de glastuinbouw

Parameter	2030	2035
Peak	€126/MWh	€119/MWh
Off-peak	€31/MWh	€20/MWh
Gemiddeld	€81/MWh	€70/MWh

De doorgerekende warmtealternatieven inclusief achterliggende uitgangspunten zijn afgeleid van Berenschot & Kalavasta. Alle basislastechnieken zijn doorgerekend met WKK of ketel, afhankelijk van de huidige warmteopwekker in het bedrijfsprofiel (WKK of ketel). Ook is de optie om een e-boiler te plaatsen als alternatief voor de piekvraag doorgerekend. Ten slotte, is het alternatief WKK en e-boiler doorgerekend voor alle bedrijfsprofielen met WKK. Tabel 0-5 geeft de combinaties van warmte-alternatieven in scope weer.

³⁹ In de dynamische scenario's nemen we autonome energiebesparing aan van 1,6% per jaar in het basispad. Hierbij volgen we Berenschot & Kalavasta (2023). Dit is dus een aanname (en geen resultaat van de modellering).

⁴⁰ BlueTerra's Electricity Market Forecast (EMF) model helpt door de impact van veranderende energieproductiebronnen te voorspellen, rekening houdend met geplande sluitingen zoals kolencentrales in 2030. Het model gebruikt KNMI-weersdata en TenneT-verwachtingen om de productiecapaciteit per uur te simuleren over een jaar, wat inzicht geeft in de variërende elektriciteitsprijs. Op basis daarvan is er een elektriciteitsprofiel gegenereerd: hoe verder in de merit order het aanbod komt, hoe hoger de marktprijs is.

Tabel 0-5 Combinaties van warmte-alternatieven die zijn meegenomen in de analyse voor de glastuinbouw

Technologie	Deel van vermogen			
	% ketel	% WKK	% e-boiler	% alternatieve techniek
WKK + ketel	5%	95%		
Ketel	100%			
Warmtepomp + WKK		70%		30%
Geothermie + WKK		40%		60%
Restwarmte + WKK		40%		60%
Aquathermie + WKK		40%		60%
Kaswarmte + WKK		40%		60%
E-boiler + WKK		70%		30%
Warmtepomp + e-boiler			30%	70%
Geothermie + e-boiler			30%	70%
Restwarmte + e-boiler			30%	70%
Aquathermie + e-boiler			30%	70%
Kaswarmte + e-boiler			30%	70%
Ketel + WKK waterstof	5%			95%
Ketel + WKK biogas	5%			95%
WKK biomassa + WKK aardgas		50%		50%
Geothermie + ketel	40%			60%
Restwarmte + ketel	40%			60%
Aquathermie + ketel	40%			60%
Kaswarmte + ketel	40%			60%
Ketel + e-boiler	70%			30%

Tabel 0-6 geeft de gebruikte kostenaannames en de bronnen weer voor de glastuinbouw.

Tabel 0-6 Kostenaannames per techniek voor de glastuinbouw

Technologie	CAPEX (EUR ₂₀₂₄ /kWth)	OPEX ⁴¹ (EUR ₂₀₂₄ /kWth)	SDE++ subsidie ⁴² (EUR ₂₀₂₄ /kWh)	Bron
Warmtepomp ⁴³	714	68	0,0694	
Aquathermie ⁴⁴	1.053	70	0,0488	
Geothermie ⁴⁵	1.443	111	0,0183	SDE++ 2024 eindadvies (2024)
Biomassa ketel ⁴⁶	860	107	-	
Elektrische ketel ⁴⁷	261	8	-	
Ketel	32	0.30	-	
WKK	408	33	-	
Restwarmte ⁴⁸	2.414	27	0,0063	Kalavasta & Berenschot (2023)
Kaswarmte	1.413	71	-	
Biomassa WKK	1.525	122	-	
Waterstof WKK	408	33	-	Zie WKK
Biogas WKK	408	33	-	Zie WKK

A.2.3. Energievoorziening

Om de impact op de energievoorziening in kaart te brengen zijn verschillende methoden toegepast:

- **Effectenraming met terugvalmethode:** Zie hieronder.

⁴¹ Exclusief energiekosten

⁴² Inclusief correctiebedrag

⁴³ Energie uit lucht met warmtepomp, lage temperatuur, glastuinbouw. Opname SDE++ subsidie warmtepompen ter vervanging van WKK beperkt tot 38% vanwege budgettaire beperkingen van SDE++.

⁴⁴ Aquathermie, met WKO en direct levering

⁴⁵ Diepe geothermie 12-20 MW

⁴⁶ Ketel op vaste biomassa 5 MWth (6000h)

⁴⁷ Alleen industriële elektrische ketels komen in aanmerking voor SDE++

⁴⁸ Wij gebruiken het CAPEX/OPEX schattingen van Kalavasta & Berenschot voor restwarmte want deze waarde zijn specifiek voor landbouw (van Agro Advies Bureau). Voor de SDE++ subsidie gebruiken we restwarmtebenutting zonder warmtepomp $\geq 0,4$ m/kWth.

- **Statische effectenraming op microprofielen** waarbij voor een aantal bedrijfsprofielen die relevant zijn in de context van dit onderzoek (bijvoorbeeld omdat ze relatief hard geraakt worden door de WKK-maatregel) de statische effecten is berekend.³⁵
- **EMF-modelberekeningen:** Zie kader 2-2.
- **Kwalitatieve analyses:** op basis van interviews met marktpartijen en op basis van de expertise van het onderzoeksteam.

Terugvalmethode

We maken gebruik van een generieke terugvalmethode voor het ramen van effecten op sectorniveau in de energievoorziening en voor gapfilling in de industrie. Deze beschrijving van de methode is ook te vinden in de 2023 studie bij Trinomics en BlueTerra, [Effectenonderzoek vrijstellingen energiebelasting](#).

Het dynamische energiegebruik wordt als volgt berekend:

1. Bereken % verandering statische energiekosten t.g.v. lastenverandering.
2. Bereken % verandering statische totale bedrijfskosten.
3. Bereken dynamisch gebruik, inclusief gedragsverandering, t.g.v. nieuwe energieprijzen:

$$\text{Dynamisch gebruik} =$$

$$\text{statisch gebruik} \times [(1 + \text{vraagelasticiteit}) \times \% \text{ verandering in totale bedrijfskosten}]$$

De mate waarin gebruik wordt gemaakt van de terugvalmethode wordt bepaald door de dekking van het energiegebruik in de MIDDEN- en glastuinbouwmethode (zie Tabel 0-7):

- De **terugvalmethode niet** wordt gebruikt voor de **glastuinbouwanalyse**.
- De **terugvalmethode deels** wordt gebruikt bij andere **industriesectoren**. Het merendeel wordt gedekt door MIDDEN.
- De **terugvalmethode volledig** wordt gebruikt bij **energievoorziening** en de overige sectoren.

Tabel 0-7 Gebruik van de terugvalmethode per sector

Sector	% gebruik terugvalmethode		
	WKK-gas	Niet-WKK gas	Elektriciteit
Glastuinbouw	Niet gebruikt		
10-12 Voedings-, genotmiddelenindustrie	21%	62%	81%
17-18 Papier- en grafische industrie	2%	40%	40%
19 Aardolie-industrie	2%	33%	0%
20-21 Chemie en farmaceutische industrie	25%	35%	62%
D Energievoorziening	100%	100%	100%

Gebruik elasticiteiten

Bij de terugvalmethode wordt gebruik gemaakt van elasticiteiten. De gebruikte elasticiteit geeft een inschatting van hoe gevoelig een bepaalde sector is veranderingen in bedrijfskosten. Als aangegeven in de 2023 studie bij Trinomics en BlueTerra, [Effectenonderzoek vrijstellingen energiebelasting](#) is de productie-elasticiteit gebaseerd op vraag en exportelasticiteiten uit de wetenschappelijke en grijze literatuur, met name DNB⁴⁹ en twee meta-studies.^{50, 51} Hoewel aangesloten wordt bij de literatuur, blijft het gebruik van elasticiteiten generiek. Daarbij is er veel variatie in de geschatte waarden in de literatuur, wat elasticiteiten inherent onzeker maakt. Export-elasticiteiten voor Nederland zijn nauwelijks beschikbaar, dus worden internationale bandbreedtes voor Armington-elasticiteiten als proxy gebruikt. Verder wordt uitgegaan van gelijkblijvende buitenlandse prijzen, waarbij geraamde kostenimpacts zich 1-op-1 vertalen in prijsstijgingen ten opzichte van buitenlandse producten.

⁴⁹ DNB (2018), [The economic impact of pricing CO₂ emissions: Input-Output analysis of sectoral and regional effects](#)

⁵⁰ Ahmad, Montgomery and Schreiber (2020), [A comparison of Armington elasticity estimates in the trade literature](#)

⁵¹ Bajzik et al. (2020), [Estimating the Armington elasticity: The importance of study design and publication bias](#)

Kostenstijgingen worden volledig doorberekend in prijsstijgingen en niet geabsorbeerd door besparingen op andere kosten of verlaagde winstmarges en er worden geen alternatieve kostenbeperkende maatregelen genomen.

Tabel 0-8 geeft de waardes van de productie-elasticiteit weer van de verschillende waardes die zijn gebruikt in dit onderzoek voor de verschillende sectoren. Daarnaast laat de tabel zien hoe we tot deze waardes zijn gekomen: De productie-elasticiteiten zijn een gewogen gemiddelde van vraag- en export-elasticiteiten. Centrale waardes zijn bepaald met de export-elasticiteiten van DNB.⁴⁹ De bandbreedtes zijn gebaseerd op Armington-elasticiteiten uit twee meta-studies.^{50,51} Weging is gebaseerd op de CBS Input-Output tabel voor 2021. Dit zijn waardes op sectorniveau. De situatie kan sterk uiteenlopen op product- en bedrijfsniveau.

Tabel 0-8 Gebruikte vraag-elasticiteit en achterliggende data (incl. bandbreedte)

Glastuinbouw	Binnenlandse vraagelasticiteit	Export elasticiteit	Weging binnenland	Productie elasticiteit
10-12 Voedings-, genotmiddelenindustrie	-0,2	-1,12 (-1,12 : -3,75)	41%	-0,74 (-0,74 : -2,29)
17-18 Papier- en grafische industrie	-0,5	-1,64 (-1,25 : -3,75)	54%	-1,02 (-0,85 : -2,00)
19 Aardolie-industrie	-0,5	-1,64 (-1,5 : -4,5)	28%	-1,32 (-1,22 : -3,38)
20-21 Chemie en farmaceutische industrie	-1,2	-2,04 (-1,25 : -4)	26%	-1,82 (-1,24 : -3,27)
D Energievoorziening	-0,1	n.v.t.	100%	-0,1

A.2.4. Overige sectoren met een WKK

Om de impact op de overige sectoren in kaart te brengen zijn verschillende methoden toegepast:

- **Statische effectenraming op sectorniveau en op microprofielen:** Voor de overige sectoren met WKK is de analyse op sectorniveau statisch. Daarnaast is voor een aantal bedrijfsprofielen die relevant zijn in de context van dit onderzoek (bijvoorbeeld omdat ze relatief hard geraakt worden door de WKK-maatregel) de statische effecten berekend.³⁵
- **Kwalitatieve analyses:** op basis van de expertise van het onderzoeksteam.
- Statische effectenraming.

B. Extra resultaten

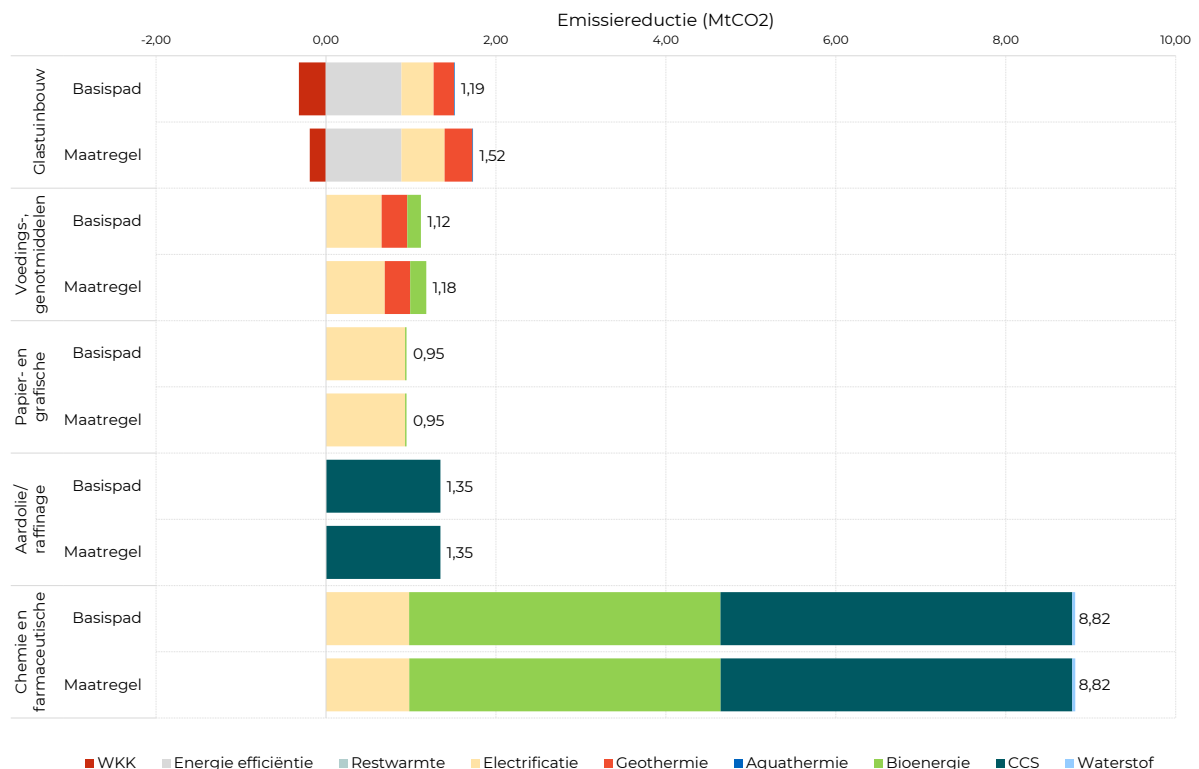
Tabel 0-9 presenteert de geraamde veranderingen in broeikasgasemissies als gevolg van de implementatie van de WKK-maatregel voor de periode 2030 en 2035. Deze emissies worden weergegeven in miljoen ton CO₂-equivalent (MtCO₂e) en zijn onderverdeeld in verschillende sectoren en type (scope) emissies. Voor elk van deze categorieën worden zowel de absolute emissiereducties (uitgedrukt in Mton CO₂e) als de procentuele verminderingen ten opzichte van het basisjaar gepresenteerd voor zowel Scope 1 (directe emissies) als Scope 2 (indirecte emissies).

Tabel 0-9 Broeikasgasemissies in de industrie ten gevolge van de WKK-maatregel (MtCO₂e)

		Scope 1		Scope 1+2	
		2030	2035	2030	2035
Totaal	Emissiereductie (Mton)	0,41	0,53	0,39	0,52
	Emissiereductie (%)	0,6%	0,9%	0,6%	0,9%
Glastuinbouw	Emissiereductie (Mton)	0,35	0,46	0,33	0,45
	Emissiereductie (%)	6,8%	9,7%	6,0%	9,0%
Industrie	Emissiereductie (Mton)	0,06	0,06	0,06	0,06
	Emissiereductie (%)	0,2%	0,4%	0,2%	0,4%
Energievoorziening	Emissiereductie (Mton)	<0,01	0,01	<0,01	0,01
	Emissiereductie (%)	0,02%	0,04%	0,02%	0,04%

Figuur 0-1 geeft weer welke BKG-emissiereductiemaatregelen er in de modellering worden genomen in de industrie- en glastuinbouwsector. We presenteren dit voor de transparantie: de uiteindelijke techniekkeuze kan anders uitpakken, bijvoorbeeld doordat de kosten van verduurzamingsmaatregelen zich anders ontwikkelen dan verondersteld, of omdat deze op bedrijfsniveau afwijken van het sectorgemiddelde. Voor sommige tuinbouwers die momenteel ketels gebruiken, is de overstap naar WKK rendabeler (wat tot een toename van de emissies leidt).

Figuur 0-1 Broeikasgasemissiereductie per type technologie per sector in 2030 (MtCO₂e)



C. Verschillen tussen dit onderzoek en 2023-studie

Er zijn enkele belangrijke verschillen tussen dit onderzoek en het [Effectenonderzoek vrijstellingen energiebelasting](#) uit 2023. Deze verschillen in methodiek maken de resultaten beperkt vergelijkbaar. De belangrijkste verschillen worden weergegeven in Tabel 0-10, en hieronder toegelicht:

- **Prijzen:** Er is een ander **prijspeil** gehanteerd in deze studie (2024 in plaats van 2022).
- **Belastingen en het basispad:** De impact van de WKK-maatregel op de glastuinbouw is lager dan van de maatregelen in de vorige studie, o.a. omdat de afschaffing van het verlaagd tarief glastuinbouw al is meegenomen in het basispad.
- **Methode voor effectenraming:** Er zijn twee methodes om het vrijgestelde aardgasgebruik na de WKK-maatregel te bepalen. In de vorige studie is voor alle industrie de ETS-methode gebruikt en voor alle glastuinbouwbedrijven de niet-ETS-methode. In de praktijk is er ook niet-ETS-industrie en ETS-glastuinbouw. In dit onderzoek houden we daar rekening mee bij het berekenen van de resterende vrijstelling. Daarnaast is de WKK-maatregel in dit onderzoek aangepast, waarbij WKK's met een capaciteit van minder dan 20 MW een extra vrijstelling hebben voor elektriciteit voor eigen gebruik. Deze extra vrijstelling kan een positief effect hebben op de winstgevendheid van WKK's.
- **CAPEX & OPEX:** De investerings- en onderhoudskosten (CAPEX en OPEX) zijn bijgewerkt op basis van nieuwe waarden van PBL en Kalavasta & Berenschot uit 2023. De impact van deze nieuwe kosten varieert, aangezien de updates de kosten van verschillende technologieën verhogen/verlagen.
- **Andere maatregelen in het basispad:** De subsidiebedragen voor SDE++ zijn bijgewerkt. Daarnaast houdt het basispad rekening met een gedeeltelijke ETS2 opt-in voor de glastuinbouw (niet opgenomen in vorige studie). De impact van de SDE++ hangt af van de technologie en de ETS2 opt-in voegt een CO₂-prijs toe aan de uitstoot in de glastuinbouw.

Tabel 0-10 Belangrijkste verschillen ten opzichte van de 2023-studie

Parameter	2023-studie	2024 studie (dit onderzoek)
Prijzen (inclusief EB-tarieven)	Uitgedrukt in € 2022	Uitgedrukt in € 2024 (+4,3% inflatie)
EB-tarieven & basispad	<ul style="list-style-type: none"> • Afschaffing van het verlaagd tarief glastuinbouw wordt behandeld als een nieuwe maatregel (geen onderdeel basispad) • Afschaffing van de vrijstelling voor metallurgische en mineralogische procedés wordt behandeld als nieuwe maatregel 	<ul style="list-style-type: none"> • Afschaffing van verlaagd tarief voor glastuinbouw wordt behandeld als een <u>bestaand beleid</u> (basispad) • Afschaffing van de vrijstelling voor metallurgische en mineralogische procedés wordt <u>niet</u> meegenomen in studie
Belasting maatregelen	<p>ETS: <i>Opgewekte elektriciteit * vrijstellingsfactor + Eigen gebruik elektriciteit wordt belast</i></p> <p>Niet-ETS: <i>Elektriciteit geleverd aan het net * vrijstellingsfactor</i></p>	<p>>20MW: <i>Opgewekte elektriciteit * vrijstellingsfactor 1 + Eigen gebruik elektriciteit wordt belast</i></p> <p><20MW: <i>Elektriciteit geleverd aan het net * vrijstellingsfactor 1 + Elek. voor eigen gebruik * vrijstellingsfactor 2</i></p>
CAPEX/ OPEX	Op basis van de MIDDEN-database en Kalavasta & Berenschot (2023)	Op basis van de MIDDEN-database , SDE++ 2024 eindadvies (2024) & Kalavasta & Berenschot (2023)
Andere maatregelen in basispad	<ul style="list-style-type: none"> • ETS + CO₂-heffing voor industrie • SDE++ subsidie voor glastuinbouw (op basis van 2023 eindadvies) 	<ul style="list-style-type: none"> • ETS + CO₂-heffing voor industrie • SDE++ subsidie voor glastuinbouw (op basis van 2024 eindadvies) • ETS2 opt-in in glastuinbouw

D. Gevoeligheid van de resultaten

Omdat effectendoorrekeningen onzeker zijn hebben we een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarin enkele belangrijke aannames worden gevarieerd: energieprijzen, CO₂-kosten in de glastuinbouw en de kosten voor verschillende verduurzamingsopties.

D.1. Energieprijzen

In dit onderzoek maken we gebruik van het middenscenario voor de energieprijzen uit de KEV.

De KEV hanteert echter ook een laag en een hoog prijsscenario (zie Tabel 0-9). In deze gevoeligheidsanalyse hebben we onderzocht in hoeverre prijsscenario's de resultaten beïnvloeden. Over het algemeen geldt dat zowel het lage als het hoge prijsscenario het gasgebruik verhoogt. In het lage prijsscenario komt dit doordat de gasprijzen sterker dalen dan de prijzen van andere energiedragers. In het hoge prijsscenario komt dit omdat de gasprijzen minder sterk stijgen dan de andere energiebronnen (behalve olie en biogas).

Tabel 0-11 Energieprijsscenario's (EUR₂₀₂₄/MWh) uit de KEV voor 2030

	Laag	Midden	Hoog
Elektriciteit	59 (-31%)	85	109 (+28%)
Gas	28 (-43%)	49	60 (+22%)
Kolen	13 (0%)	13	19 (+46%)
Olie	48 (-24%)	63	73 (+16%)
Waterstof	131 (-31%)	191	244 (+28%)
Biogas	81 (-21%)	102	113 (+11%)

De impact van lagere energieprijzen varieert, omdat lagere gasprijzen het gebruik van de WKK aantrekkelijker maken, terwijl de daling van de prijzen van andere energiedragers (elektriciteit, biogas, waterstof) alternatieven aantrekkelijker maakt. In het scenario met lage energieprijzen worden warmtepompen minder aantrekkelijk dan WKK's, terwijl lagere CCS aantrekkelijker wordt (door lage elektriciteitsprijzen). Het gasgebruik en het elektriciteitsgebruik stijgt (hoofdzakelijk door meer CCS-gebruik), vooral in het scenario met de WKK-maatregel. Dit resulteert in een iets hogere lastenimpact (door meer energiegebruik), maar een lagere impact op de totale energiekosten (door lagere energieprijzen). De extra inzet van CCS leidt tot een grotere emissiereductie, maar deze wordt al bereikt in het basispad. **De impact van de WKK-maatregel in het lage prijsscenario op emissiereductie is minder groot, aangezien behoudt van de WKK aantrekkelijker is met lagere gasprijzen (+0,08 MtCO₂ vergeleken met +0,40 MtCO₂).**

Net als lagere energieprijzen, hebben hogere energieprijzen een wisselend effect op de resultaten. Hogere gasprijzen maken het gebruik van de WKK duurder, maar stijgende prijzen van andere energiebronnen kunnen alternatieven ook minder aantrekkelijk maken. In het scenario met hoge prijzen stijgen de elektriciteitsprijzen sterker dan gasprijzen, waardoor elektrificatie en CCS minder winstgevend worden. Daarentegen wordt geothermie winstgevender in vergelijking met een WKK, vooral in de glastuinbouwsector. Dit leidt tot een hoger gebruik van gas en andere brandstoffen, maar een afname in elektriciteitsgebruik. De invloed van hogere energieprijzen op de impact van de WKK-maatregel op lasten en energiekosten is minimaal (<0,1% verschil). Er zijn iets meer emissies, voornamelijk door de vermindering van CCS-gebruik (+0,41 MtCO₂ vergeleken met +0,40 MtCO₂).

D.2. ETS2 en CO₂-heffing in glastuinbouw

De Nederlandse overheid is voornemens vanaf 2025 een CO₂-heffing te introduceren voor de tuinbouwsector, waarbij een koolstofprijs van €17,70 tCO₂ wordt gehanteerd in 2030. Deze heffing was geen onderdeel van ons basispad. **De gevoeligheidsanalyse met de CO₂-heffing laat zien dat de geraamde BKG-emissiereductie van de WKK-maatregel stijgt met 0,18 MtCO₂ als wel rekening wordt gehouden met de CO₂-heffing voor de glastuinbouw.**

In het basispad is rekening gehouden met een opt-in voor ETS2 voor een deel (5%) van de glastuinbouw. Indien ETS2 van toepassing zou zijn op alle tuinbouwbedrijven (100%)⁵², en als wordt uitgegaan van een ETS2-prijs van €55/tCO₂ dan **zou de WKK-maatregel tot 0,26 MtCO₂ extra BKG-emissiereductie leiden in 2030.** Dit is het gevolg van de toename van gebruik van warmtepompen, geothermie en aquathermie.

Kortom: In het algemeen vergroot CO₂-beprijzing (zoals ETS2 en de CO₂-heffing) de impact van de WKK-maatregel vergroten op de BKG-emissies.

D.3. Kosten van technologieën

De kosten voor de installatie en het beheer van verduurzamingsalternatieven zijn een belangrijke component van de netto waarde van de technologie. Daarmee kunnen deze kosten een relevante impact hebben op de resultaten van dit onderzoek.

D.3.1. Warmtepomp

De kosten van warmtepompen zijn sterk afhankelijk van de grootte van het vermogen, maar ook van andere factoren zoals de totale vraag naar en extra kosten zoals voor geluidsbeperking en de uitbreiding van het elektrisch vermogen. In deze studie gebruiken we de technologiekosten voor warmtepompen van PBL (SDE++ 2024 advies, €714/kW_{th}). In een recente studie van BlueTerra (2024) worden aanzienlijk lagere investeringskosten gebruikt (€330-600/kW_{th}). Als een gemiddelde van deze lagere investeringskosten schatting wordt gebruikt (€465/kW_{th}), is er een significante toename in het gebruik van warmtepompen. Lagere kosten voor warmtepompen (€465/kW_{th}; het ongewogen gemiddelde van de bandbreedte van het genoemde onderzoek) gaan gepaard met een **grotere impact van de WKK-maatregel: 0,46 MtCO₂ emissiereductie in plaats van vergeleken met +0,33 MtCO₂ in 2030 (0,11 MtCO₂ extra reductie).**

Dit resultaat is echter niet noodzakelijkerwijs realistisch, aangezien een dergelijke toestroom van de vraag naar warmtepompen de kosten zou kunnen verhogen en netcongestie het gebruik zou kunnen beperken. De kostenschatting van PBL lijkt daarom realistischer.

D.3.2. Restwarmte

Investeringskosten voor restwarmte variëren aanzienlijk op basis van factoren als de bron van warmte (industriële restwarmte, geothermie, etc.), de afstand tot de warmtebron, bestaande versus nieuwe infrastructuur en de grootte van de geïnstalleerde capaciteit. In dit onderzoek gebruiken we de investeringskostenramingen uit Kalavasta & Berenschot, die gebaseerd zijn op waarden van het Agro Advies Bureau (€2414/kW_{th}). Deze schatting houdt rekening met de investeringskosten voor de warmtebron en infrastructuur. Dit wordt als gemiddeld beschouwd voor de tuinbouw en komt goed overeen met recente projecten in de sector. Deze schattingen wijken echter af van die van PBL. PBL geeft vijf schattingen voor restwarmte (zonder warmtepompen) op basis van verschillende vermogens en lengtes. De waardes variëren tussen €400 en €1300/kW_{th} en zijn daarmee aanzienlijk lager.

Als sensitiviteitsanalyse is de WKK-maatregel ook doorgerekend met een de gemiddelde waarde van de PBL-schattingen (€875/kW_{th}). Met lagere investeringskosten wordt restwarmte een

⁵² 100% is niet realistisch, omdat er een aantal glastuinbouwbedrijven onder ETS valt. Voor deze gevoeligheidsanalyse is het 100% percentage echter inzichtelijk.

winstgevender alternatief voor een WKK, wat leidt tot een meer BKG-emissiereductie in het basispad. Restwarmte wordt dan in veel gevallen aantrekkelijker dan warmtepompen en geothermie, wat tot een lagere inzet van deze technologieën leidt. De inzet van andere technieken (zoals bijvoorbeeld aquathermie) wordt niet beïnvloed. Echter, de impact van de WKK-maatregel wordt ook lager, omdat restwarmte in veel gevallen al winstgevend is in het basispad. **Dit leidt tot een iets lagere emissiereductie van de WKK-maatregel (+0,30 MtCO₂ vergeleken met +0,33 MtCO₂).**

De kosten gebruikt door Kalavasta & Berenschot hebben de voorkeur omdat ze representatiever zijn voor de kosten in de glastuinbouw. Als de kosten van restwarmte zouden dalen in de glastuinbouw, zou dit leiden tot een grotere totale emissiereductie, maar de impact van de WKK-maatregel op emissiereductie verminderen, aangezien restwarmte al winstgevend wordt in het basispad.

E. Geraadpleegde stakeholders & experts

In het kader van dit onderzoek hebben we met verschillende stakeholders en experts besproken. Hun inzichten en expertise hebben aanzienlijk bijgedragen aan de diepte en nauwkeurigheid van de resultaten.

Organisatie
Air Liquide
Cosun
Energie Nederland
Ennatuurlijk
Glastuinbouw Nederland
Netbeheer Nederland
Nobian
PBL
Sappi
Smurfit Kappa
TenneT
Uniper
Vattenfall
VEMW



Trinomics B.V.
Mauritsweg 44
3012 JV Rotterdam
The Netherlands

T +31 (0) 10 3414 592
www.trinomics.eu

KvK n°: 56028016
VAT n°: NL8519.48.662.B01