



Verkenning generieke maatregelen glastuinbouw



Committed to the Environment

Verkenning generieke maatregelen glastuinbouw

Dit rapport is geschreven door:

Martijn Blom, Geert Warringa, Daan Juijn, Amanda Bachaus en Lucas van Cappellen

Delft, CE Delft, april 2021

Publicatienummer: 21.200434.067

Glastuinbouw / Duurzaam / Energievoorziening / Overheidsbeleid / Beleidsmaatregelen / Kosten / Warmte / Geothermie / Restwarmte / Prijsstelling / Heffingen

Opdrachtgever: Ministerie van LNV

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Martijn Blom (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	7
	1.3 Plan van aanpak	9
	1.4 Aanpak model en kwantificering	10
	1.5 Startpunt: huidig situatie en ambities glastuinbouw	11
	1.6 Leeswijzer	13
2	Verduurzaming: opties en kosten	14
	2.1 Inleiding	14
	2.2 Driehoek warmte, elektriciteit en CO ₂	14
	2.3 Overzicht van verduurzamingspakketten	15
	2.4 Warmtevoorziening in 2040	16
	2.5 Opties energiebesparing	17
	2.6 Opties duurzame warmte	18
	2.7 Opties verduurzaming elektriciteit	21
	2.8 Opties verduurzaming CO ₂ -voorziening	21
	2.9 Kosteneffectiviteit verduurzamingspakketten	23
	2.10 Conclusie	27
3	Huidig klimaatbeleid	28
	3.1 Inleiding	28
	3.2 Energiebelasting en ODE	28
	3.3 Subsidies en regelingen	30
	3.4 EU ETS	31
	3.5 CO ₂ -heffing industrie	33
	3.6 Infrastructuur	34
	3.7 CO ₂ -sectorsysteem en Kas als Energiebron	36
	3.8 Conclusie	37
4	Randvoorwaarden, knelpunten en link met andere sectoren	39
	4.1 Inleiding	39
	4.2 Randvoorwaarden en knelpunten energiebesparing	39
	4.3 Randvoorwaarden en knelpunten duurzame warmte	40
	4.4 Randvoorwaarden en knelpunten verduurzaming elektriciteit	48
	4.5 Randvoorwaarden en knelpunten verduurzaming CO ₂ -voorziening	52
	4.6 Conclusie	56
5	Kansrijke opties voor generiek beleid	60
	5.1 Introductie	60
	5.2 CO ₂ beprijzing aardgasgebruik	61
	5.3 Vlaktaks EB en ODE	65
	5.4 Beschikbaarheid CO ₂	70
	5.5 Beschikbaarheid SDE++-warmte	73
	5.6 Conclusie	76



6	Conclusie en aanbevelingen	78
	6.1 Uitkomsten probleemanalyse	78
	6.2 Aanbevelingen	81
7	Bibliografie	83
A	Huidige situatie en ambities glastuinbouw	87
	A.1 De branche	87
	A.2 Verschillende typen bedrijven	88
	A.3 De energievoorziening van een tuinder	90
	A.4 Energiegebruik glastuinbouw	92
	A.5 Ambities van de sector	94
	A.6 Effort Sharing Regulation	95
B	Generieke subsidies	96
C	Beschrijving duurzame warmte-technieken	98
	C.1 Geothermie	98
	C.2 Restwarmte	98
	C.3 Kaswarmte/aquathermie (all electric)	99
	C.4 Biogas en biomassa	100
	C.5 Waterstof	103
D	Methodologie en uitkomsten rekenmodel	104
	D.1 Scope model	104
	D.2 Aannames teelt	104
	D.3 Aannames prijzen	105
	D.4 Aannames technieken	106
	D.5 Model opbouw	107
	D.6 Resultaten rekenmodel	107
	D.7 Gevoeligheidsanalyse	113
E	CO ₂ uit eigen installatie (zomerstook)	115
	E.1 Aannames	115
	E.2 Resultaten	116
	E.3 Doorkijkje naar 2040	117



Samenvatting

Aanleiding en doel

De glastuinbouw heeft de ambitie om als sector in 2040 klimaatneutraal te zijn. Daarbij is zij naast generiek beleid en de eigen klimaatinzet afhankelijk van de inspanningen van andere sectoren. Denk bijvoorbeeld aan de levering van externe CO₂, restwarmte, of (hernieuwbare) elektriciteit. Ook de infrastructuur moet hiervoor op orde zijn. Dit onderzoek geeft antwoord op de vraag of de glastuinbouw met gewijzigd en/of additioneel (integraal) beleid gestimuleerd kan worden om de klimaatdoelstellingen te realiseren. Het gaat hierbij zowel om beleid dat primair gericht is op de glastuinbouw als beleid voor andere sectoren.

In deze studie zijn de *integrale kosten* van overstappen van een tuinder naar duurzame warmte geanalyseerd, uitgaande van kosten van zes modelteelten. Hierbij is uitgegaan van een referentiesituatie met een wkk. Wanneer de kosten van duurzame warmte en de hiermee samenhangende externe inkoop van (groene) stroom en (groene) CO₂ minimaal gelijk, en bij voorkeur goedkoper, zijn aan de kosten van een wkk, dan is er een effectief handelingsperspectief om deze overstap te maken.

Naast de financiële randvoorwaarde is het ook van belang dat de infrastructuur op orde (zowel voor collectieve warmte, CO₂-levering, en elektrificatie) is, en er voldoende hoeveelheden CO₂, warmte en (hernieuwbare) elektriciteit beschikbaar is.

Huidige situatie en transitie 2040

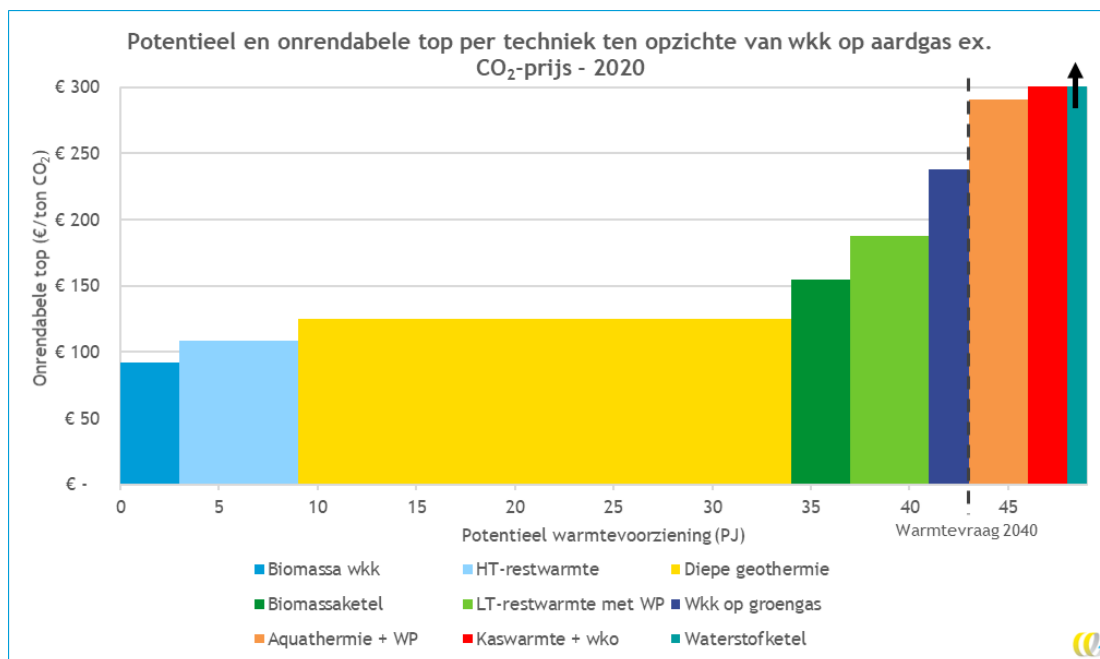
De glastuinbouwsector wordt gekenmerkt door een vraag naar warmte, elektriciteit en CO₂. Voor een groot deel van de glastuinbouwsector is een wkk-installatie de basis voor de energievoorziening. Naast warmte is ook elektriciteit nodig voor apparatuur (automatisering), belichting en het kunnen laten draaien van warmtepompen. Bij de kleinere bedrijven wordt vooral gebruik gemaakt van een gasketel om de kas te verwarmen.

Om in 2040 volledig klimaatneutraal te opereren, zal naar verwachting een groot deel van de glastuinders moeten overstappen op duurzame collectieve warmtevoorzieningen zoals geothermie en restwarmte. Een significante rol lijkt ook weggelegd voor het gebruik van biogas en vaste biomassa (al dan niet voor piekvermogen). Omdat aardgasgestookte wkk's in een duurzaam toekomstscenario slechts een beperkte rol kunnen spelen, zullen veel tuinders moeten overstappen op inkoop van elektriciteit en externe CO₂ (via pijpleiding of vrachtwagen). Dit leidt tot extra kosten, bovenop de vaste en variabele kosten van nieuwe warmtetechnieken. De meeste verduurzamingspakketten kennen daarom ook een forse onrendabele top. De onrendabele top is bovendien sterk afhankelijk van de specifieke teelt en bedrijfsvoering. Dit maakt het lastig om een *one-size-fits-all beleid* te ontwikkelen dat tuinders helpt en aanzet om over te stappen naar duurzame oplossingen.

In Figuur 1 is de *integrale* onrendabele top van warmtetechnieken in 2020 afgezet tegen het technisch potentieel per warmtevoorziening ten opzichte van een wkk op aardgas.



Figuur 1 - Onrendabele top per techniek ten opzichte van wkk op aardgas exclusief CO₂-prijs in 2020



* De stippellijn bij 43 PJ geeft de verwachte warmtevraag in 2040 aan.

Knelpunten

De switch naar duurzame warmte is dus op dit moment niet financieel aantrekkelijk. Op de eerste plaats komt dit vanwege de lage kosten van gasinkoop en de relatief hoge elektriciteitsprijzen (de *spark spread*). De probleemanalyse laat verder zien dat generiek beleid door de overheid deze prijsverhouding in de markt in aanzienlijke mate versterkt. Hierin kunnen de volgende factoren worden onderscheiden:

- Het gegeven dat de elektriciteitsprijs mede wordt bepaald door EU ETS. Doorgaans vallen de flexibele wkk's in de glastuinbouw niet onder EU ETS. Hiermee neemt de (*clean*) *spark spread* van wkk's dus verder toe.
- De gehele tariefstructuur binnen de ODE en energiebelasting (EB) zorgt ervoor dat elektriciteitsinkoop ten opzichte van wkk inzet op dit moment financieel onaantrekkelijk is.

Naast financiële knelpunten zijn ook niet-financiële knelpunten geïdentificeerd. Voorbeelden zijn de timing van het aanbod van CO₂-bronnen op de vraag in de glastuinbouw, de vraag of capaciteit van elektriciteitsnetten toereikend is in tuinbouwclusters die tegelijk de overstap maken (naar geothermie of restwarmte), investeringsrisico's bij warmtenetten en tenslotte de gemeentelijke slagkracht bij het aanleggen van warmtenetten. Nieuw beleid (CO₂-heffing, infrastructureel beleid, SDE++) kan van invloed zijn op het wegnemen van deze knelpunten. Echter geconstateerd is ook dat flankerend beleid voor financiering van nieuwe warmtenetten ontbreekt en realisatie sterk afhankelijk is van inzet van betreffende gemeenten.

Tenslotte merken we op dat een onderliggend knelpunt op de verschillende deelmarkten samenhangt met het ontbreken van effectieve CO₂-prijsprikkel in de glastuinbouw. Een hogere CO₂-prijs draagt bij aan voldoende vraag naar CO₂-vrije warmte, groene CO₂. Een hogere CO₂-prijs verkleint het risico dat warmte en CO₂ in de toekomst geleverd wordt aan

sectoren die een hogere betalingsbereidheid kennen, met name als schaarste optreedt. Een hogere CO₂-prijs maakt ook energiebesparing aantrekkelijk en beloont voorlopers die durven te experimenteren met nieuwe teeltsystemen. Een goede voorziening van externe CO₂ en (collectieve) CO₂-vrije warmte kunnen gezien worden als belangrijke randvoorwaarden voor de energietransitie in de glastuinbouw. Indien er voldoende handelingsperspectieven zijn kunnen beprijzingsopties ook echt effectief worden.

Aanbevelingen voor kansrijk beleid

We komen op basis van onze analyse met de volgende beleidsaanbevelingen:

1. Zorg voor een langetermijnvisie en schets de transitie van de wortel naar de stok (met subsidies, geboden, verboden en belastingen). De reden hiervoor is dat het investeringsperspectief van de ondernemingen hier vaak vanaf hangt.
2. Idealiter worden alle emissies van alle sectoren belast op het EU niveau (kan d.m.v. accijns, belastingen etc.). Belangrijkste hierbij is dat dit op Europees niveau zonder uitzonderingen geregeld moet worden. De invulling van de Green Deal, door middel van uitbreiding van EU ETS en/of de aanpassing van de Belastingrichtlijn (Energy Taxation Directive), bieden hiertoe concrete aanknopingspunten. Als alternatief kan gedacht worden aan een Nederlandse invulling, onder voorwaarde dat de beprijzing ten opzichte van het buitenland in balans moet zijn. Gevolgen voor de concurrentiepositie zijn afhankelijk van verschillende factoren, niet alleen energiekosten.
3. Meer focus noodzakelijk op zowel besparing van energie en CO₂-dosering in de kas, in relatie met teeltsystemen en besparingsgedrag om ervoor te zorgen dat uiteindelijk minder duurzame warmte en CO₂ hoeft te worden ingekocht (of opgewekt). Voor beide geldt dat de huidige prikkels om te besparen te beperkt zijn.
4. Zorg ervoor dat ook de infrastructuur voor CO₂ en warmte op orde is.

1 Inleiding

De glastuinbouw heeft de ambitie om als sector in 2040 klimaatneutraal te zijn. Daarbij is zij naast de eigen klimaatinspanning afhankelijk van de inspanningen van andere sectoren, bijvoorbeeld de levering van externe CO₂, restwarmte, of de bijdrage aan voldoende capaciteit van het elektriciteitsnet.

Bij de uitwerking van het Klimaatakkoord blijkt dat een aantal maatregelen van de sector-tafels, maar ook generiek beleid zoals de EB en de ODE, de klimaattransitie in de glastuinbouw positief dan wel negatief beïnvloeden. Dit onderzoek geeft antwoord op de vraag of de glastuinbouw met gewijzigd en/of additioneel (integraal) beleid gestimuleerd kunnen worden om de klimaatdoelstellingen te realiseren. Het gaat hierbij zowel om beleid dat primair gericht is op de glastuinbouw als beleid voor andere sectoren.

1.1 Doel

Het doel is om te onderzoeken of er mogelijkheden zijn om, met gewijzigd en/of additioneel (integraal) beleid, prikkels af te geven die zowel de glastuinbouw als andere sectoren stimuleren om de klimaatdoelstellingen te bereiken.

De drie hoofdvragen van dit onderzoek omvatten:

- a In kaart te brengen welke beleidsmaatregelen uit het Klimaatakkoord de glastuinbouw beïnvloeden.
- b Het identificeren van kansen voor de glastuinbouw om de klimaatdoelen te realiseren.
- c Het in beeld brengen van mogelijke beleidsaanpassingen om de kansen te benutten.

Tekstbox 1 - Deelvragen per onderdeel

Subvragen bij onderdeel a zijn:

1. Wat is het geheel van klimaat- en generieke maatregelen die de realisatie van de klimaatdoelen in de glastuinbouw op korte termijn en richting 2030 beïnvloeden? En in welke mate hebben de betreffende maatregelen invloed, bijvoorbeeld op CO₂-reductie en de beschikbaarheid van CO₂, warmte en gerelateerde infrastructuur en de beschikbare netcapaciteit van elektriciteit? Hierbij is vooral aandacht voor maatregelen die niet direct of specifiek gericht zijn op de glastuinbouw, zoals de ODE, CO₂-heffing en energiebelastingen.
2. Hoe verhouden deze maatregelen en hun effect zich tot elkaar, inclusief maatregelen die primair gericht zijn op de glastuinbouw?
3. In hoeverre adresseren of vergroten de maatregelen de obstakels die door de sector worden onderkend voor wat betreft de transitie in de glastuinbouw om de klimaatdoelstellingen te bereiken? Welke obstakels worden door de maatregelen niet geadresseerd?
4. In welke mate is sprake van kosteneffectiviteit van het geheel van klimaat- en generieke maatregelen die de realisatie van de klimaatdoelen in de glastuinbouw op korte termijn en richting 2030 beïnvloeden? Welke sectoren dragen de kosten van deze maatregelen? Wat zijn de kosten en opbrengsten van de maatregelen voor de glastuinbouw specifiek?

Subvragen bij onderdeel b zijn:

5. Welke kansen liggen er voor generieke maatregelen binnen andere sectoren dan de glastuinbouw die (indirect) kunnen leiden tot positieve prikkels om doelen uit het Klimaatakkoord van de glastuinbouw te bereiken? Welk (kosteneffectief) emissiereductiepotentieel kan daardoor worden benut?

6. Welke kansen zijn er voor maatregelen binnen de glastuinbouw die (indirect) kunnen leiden tot positieve prikkels om doelen uit het Klimaatakkoord van andere sectoren te bereiken? Welk (kosteneffectief) emissiereductiepotentieel kan daardoor worden benut?

Subvragen bij onderdeel c zijn:

7. Welke aanpassingen van huidige beleidsmaatregelen kunnen leiden tot (sterkere) integrale prikkels om de klimaatdoelstellingen van de glastuinbouw te bereiken? En welke integrale beleidsmaatregelen kunnen worden genomen om nieuwe prikkels af te geven? Welke beleidsaanpassingen zijn hiervoor nodig, en hoe verhouden die zich tot het bereiken van klimaatdoelstellingen van andere klimaattafels/sectoren?
8. Op welke wijze kan in de toekomst de coherentie/integraliteit van beleid dat invloed heeft op het bereiken van de klimaatdoelstellingen van de glastuinbouw inzichtelijk blijven en de uitvoering daarvan (beter) gestimuleerd/gewaarborgd worden?
9. Welke financieringsmogelijkheden zijn er om de benoemde (mogelijke) maatregelen te financieren?

1.2 Afbakening

De focus in deze opdracht ligt op de verduurzaming van de glastuinbouw vanuit een sectoroverstijgend perspectief. Daarbij analyseren we welke kansen en uitdagingen er zijn om de realisatie van deze transitie op een (kosten-)efficiënte wijze te stimuleren.

Volgens de IPCC methode is het aardgasverbruik en overige broeikasgasemissies van de installaties binnen de bedrijfsgrens bepalend voor de CO₂-emissie van de glastuinbouw. In dit onderzoek wordt gekeken naar Scope 1-emissies. Door de inzet van wkk is de glastuinbouwsector een netto-stroomleverancier (emissies binnen glastuinbouw, maar reducties elders). 9% van de nationale elektriciteitsconsumptie wordt opgewekt met wkk's die opgesteld staan binnen de glastuinbouw (WEcR, 2020).

De ambitie om in 2040 klimaatneutraal te opereren staat centraal. Belangrijk uitgangspunt voor deze studie is dat het duurzame alternatief even duur is cq. moet worden gemaakt om ervoor te zorgen dat de overstap aantrekkelijk wordt voor een tuinder. Merk op dat dit uitgangspunt niets zegt over hoe financiële lasten van deze transitie worden verdeeld. In tal van overheidsmaatregelen worden hier afspraken over gemaakt. Voorbeelden zijn de CO₂-heffing industrie (opbrengsten worden teruggesluisd naar industrie) en SDE++-uitgaven worden gedekt via de ODE-heffing¹. Verdeling van lasten is een politiek vraagstuk waar deze studie zich niet over uit laat.

We maken onderscheid tussen maatregelen primair gericht op de glastuinbouw (zoals het CO₂-sectorsysteem), maatregelen die primair gericht zijn op andere sectoren maar ook effect hebben op de glastuinbouw (zoals de CO₂-heffing) en generieke maatregelen (zoals de ODE en EB). In Tabel 1 geven we de onderzochte instrumenten weer.

¹ Bij de ODDE-tarieven is bijvoorbeeld het uitgangspunt gehanteerd dat éénderde door huishoudens en tweederde door bedrijven moet worden betaald.

Tabel 1 - Generieke en specifieke beleidsinstrumenten glastuinbouw

Generieke instrumenten (met ook effect in de glastuinbouw)	Specifieke instrumenten
<ul style="list-style-type: none"> Energiebelasting (inclusief ODE) SDE++-regeling DEI-regeling EIA en MIA Vamil RNES Aardwarmte EU ETS CO₂-heffing Warmteronde Regionale Energie Strategie Programma Energiehoofdstructuur TIKI, MIEK, CES en PIDI Rijkvisie marktontwikkeling energietransitie 	<ul style="list-style-type: none"> Specifieke regelingen energiebelasting en ODE MEI-regeling EG-regeling CO₂-sectorsysteem Warmtesysteem Westland Programma Kas als Energiebron

1.3 Plan van aanpak

Het plan van aanpak is weergegeven in Figuur 2.

Figuur 2 - Plan van aanpak

Stap	Activiteit
Stap 1	Startoverleg
Stap 2	Opstellen overzicht maatregelen glastuinbouw
Stap 3	In beeld brengen invloed huidig beleid op maatregelen glastuinbouw
Stap 4	Identificatie van kansrijke maatregelen (inclusief interviews en stakeholderbijeenkomst)
Stap 5	Aanbevelingen voor beleidsaanpassingen
Stap 6	Stakeholderbijeenkomst twee
Stap 7	Afronding rapportage en presentatie

Dit onderzoek richt zich op het in beeld brengen van mogelijke beleidsaanpassingen om de klimaatdoelen in de glastuinbouw en andere sectoren (kosteneffectief) te kunnen realiseren.

Hiertoe is het van belang om allereerst in beeld te hebben welke technische maatregelen in de glastuinbouw mogelijk zijn om klimaatdoelen te realiseren. Daarbij is een inschatting gemaakt van de kosten per hectare voor zes type teelten. Deze gemiddelde kosten per hectare en het totale reductiepotentieel van deze maatregelen in de sector vormen de

basis voor de inschatting van de kosteneffectiviteit cq. onrendabele top die moet worden overbrugd ten opzichte van het duurzame alternatief.

In de derde stap bepalen we de invloed van het huidige beleid. Hiertoe gebruiken we de informatie uit Stap 2 als basis. Wij kijken naar de invloed van het huidige beleid op de realisatiekans en financiële randvoorwaarden van de technische maatregelen.

In de vierde stap van het onderzoek identificeren we de kansen om het kosteneffectieve potentieel te benutten. Van belang is daarbij of de invulling van het bestaand beleid voldoende is en of er resterende knelpunten zijn. Aanvullende beleid kan dan nodig zijn om deze kansen te benutten, resterende knelpunten weg te nemen en uiteindelijk versnelling van de energietransitie tot stand te brengen. Voorbeelden van dergelijke kansen zijn:

- de beschikbaarheid van een warmterotonde voor de aanlevering van restwarmte;
- voldoende beschikbaarheid van externe CO₂ tegen een acceptabele kostprijs;
- een kostprijs van gas en elektriciteit die zorgt voor een rendabele businesscase van elektrificatie-opties.

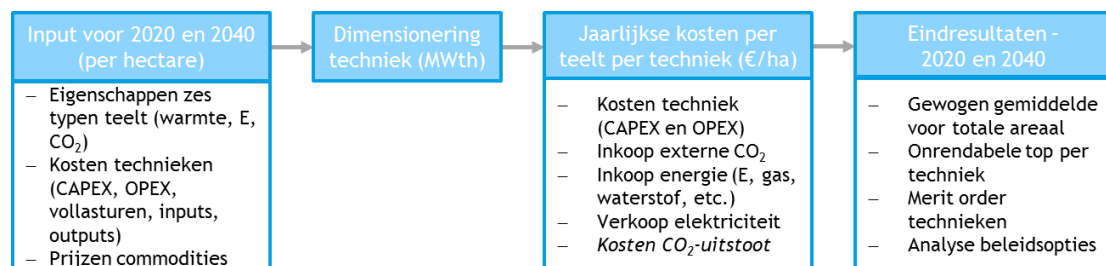
In de vijfde stap doen we aanbevelingen voor beleidsaanpassingen. Op basis van de uitkomsten van Stap 3 en 4 brengen we per technische maatregel/kans in beeld met welke beleidsmaatregel een effectieve prikkel kan worden gegeven om de klimaatdoelen voor de glastuinbouw te realiseren.

1.4 Aanpak model en kwantificering

In dit project is een rekenmodel ontwikkeld dat de jaarlijkse kosten per hectare kas berekent voor het voorzien in warmte, elektriciteit en CO₂. De vereiste ‘inputs’ die niet geleverd worden door de techniek worden extern ingekocht. Een uitgebreide beschrijving van het model, de aannames en de resultaten is opgenomen in Bijlage D.

Het model geeft voor zes type teelten (die samen model staan voor 91% van het glastuinbouwareaal) een inschatting geeft van de kosten per verduurzamingsmaatregel². Hierbij wordt rekening gehouden met het feit dat tuinders met een gasgestookte wkk niet alleen een alternatief moeten vinden voor de warmtevoorziening, maar ook voor de elektriciteits- en CO₂-voorziening.

Figuur 3 - Overzicht model



² In Bijlage D zijn twee manieren gehanteerd om de gemiddelde kosten te verkrijgen: op basis van de gewesaandelen in 2020 en op basis van de gewesaandelen in 2040

De functionaliteit van het model kan worden samengevat in de volgende stappen:

1. Vaststellen vraag naar warmte, elektriciteit en CO₂ per type teelt per hectare³.
2. Vaststellen eigenschappen per techniek zoals kosten, inputs en outputs.
3. Dimensionering van de technieken per teelt.
4. Kostenberekening: de kosten worden berekend voor de techniek (capex en opex) en inkoop van energie en CO₂ per type teelt.

Het model is dynamisch opgesteld waardoor in een dashboard scenario's ingesteld kunnen worden. Hierdoor kan het effect van beleidsmaatregelen berekend worden.

Beperkingen model

Het model kent een aantal beperkingen. De belangrijkste beperking betreft het uitgangspunt van een wkk als referentietechniek. De glastuinbouw kent veel kleine bedrijven (70% van de bedrijven) met alleen een gasketel, echter in termen van het energiegebruik betreft dit een kleine groep (rond de 10% van het energiegebruik van de sector). Een tweede beperking is dat niet het volledige energiegebruik van een kas is gemodelleerd. De technieken zijn gedimensioneerd op zo'n manier dat zij 70% van de warmtevraag invullen van de kas. Deze 70% is een inschatting gebaseerd op een kas met een hoofdwarmtebron en ketel voor zomerstook of bijstook. Een andere dimensionering resulteert in andere absolute kosten, maar niet in een andere merit order van technieken. De dimensionering is dus afhankelijk van het type techniek, het aantal draaiuren van de techniek en de warmtevraag van het type kas.

1.5 Startpunt: huidige situatie en ambities glastuinbouw⁴

Huidige situatie

De glastuinbouwsector wordt gekenmerkt door een vraag naar warmte, elektriciteit en CO₂. Voor een groot deel van de glastuinbouwsector is wkk de basis voor de energievoorziening. Naast warmte is ook elektriciteit nodig voor apparatuur (automatisering), belichting en het kunnen laten draaien van warmtepompen. Bij de kleinere bedrijven wordt vooral gebruik gemaakt van een gasketel om de kas te verwarmen. Ook zijn er veel gasketels als back-up en als piekketel voor de warmtevoorziening bij grotere bedrijven met een wkk. De rookgassen kunnen daarbij (na reiniging) goed gebruikt worden voor de benodigde CO₂-dosering in de kas. De tuinder voorziet via zijn gasketel en /of wkk zelf in zijn CO₂-behoefte (interne bron).

De inzet van wkk wordt bepaald door het verschil tussen marktprijzen voor prijs (input) en elektriciteit (output). Deze elektriciteit wordt door veel tuinders naast eigen gebruik ook verkocht aan het net. Een relatief hoge *spark spread* (lage gasprijs en hoge elektriciteitsprijs) maakt het gebruik van wkk momenteel erg aantrekkelijk. Op ruim 60% van het areaal is wkk in gebruik en het totaal opgesteld vermogen is al een aantal jaar stabiel met ongeveer 2.500 MW. De *spark spread* wordt versterkt door een aantal 'beleidsprikkels':

³ De aannames voor warmte, elektriciteit en CO₂ per teelt zijn gebaseerd op (WUR, 2019) en weergegeven in Tabel 22 in Bijlage D.

⁴ Een uitgebreide beschrijving is te vinden in Bijlage A. Deze paragraaf is hiervan een samenvatting.



- Het gegeven dat de elektriciteitsprijs mede wordt bepaald door EU emissiehandel (EU ETS). Doorgaans vallen de flexibele wkk's in de glastuinbouw niet onder EU ETS. Hiermee neemt de *clean spark spread*⁵ van wkk's dus verder toe.
- Tariefstructuur binnen de ODE en energiebelasting (EB) zorgt ervoor dat elektriciteitsinkoop ten opzichte van wkk inzet sinds 2020 financieel onaantrekkelijk is. In Paragraaf 4.4 wordt hier nader op in gegaan.

Wkk inzet in de glastuinbouw is op dit moment gemiddeld CO₂-efficiënter dan inkoop van het net. In 2019 kende wkk nog een CO₂-voordeel ten opzichte van gescheiden opwek van warmte en elektriciteit, maar dit voordeel zal tussen 2025 en 2030 verdwijnen door de afnemende CO₂-emissiefactor van het elektriciteitspark (CE Delft; Ecorys, 2021).

Het aandeel duurzame energie in het totale energiegebruik binnen de sector maakte in 2019 een flinke stijging door tot 9,4% - oftewel 10 PJ (WEcR, 2020). Daarmee scoorde de glastuinbouw voor het eerst beter op duurzaam energiegebruik dan Nederland als geheel. 86% van de duurzame energie bestond uit warmte, waarvan 72% door de sector werd geleverd, en 28% werd ingekocht. De grootste duurzame warmtebron is op dit moment geothermie: in 2019 maakten 84 bedrijven gebruik van aardwarmte (WEcR, 2020).

Belangrijk kenmerk van de glastuinbouw daarbij is de grote mate van diversiteit van teelten en kasklimaten. Verschillende teelten vereisen een gespecialiseerde bedrijfsvoering en de warmte-, elektriciteits- en CO₂-behoefte van een tuinder is afhankelijk van het type gewas. In Bijlage A staan zes modelteelten beschreven die een beeld geven van de diversiteit binnen de sector. Ook is een uitgebreider overzicht opgenomen van het energie- en CO₂-gebruik van de sector.

Klimaatneutrale glastuinbouw in 2040

In het Klimaatakkoord is de ambitie opgesteld om een totale CO₂-reductie in 2030 van 3,5 Mton ten opzichte van het emissieniveau van 2015-2017 te realiseren. Bovenop het Klimaatakkoord heeft de sector de ambitie uitgesproken om in 2040 volledig klimaatneutraal te opereren (Glastuinbouw Nederland, 2018).

In de transitie naar een CO₂-neutrale energievoorziening zal de rol van aardgas moeten veranderen, door modernisering en besparing, de opkomst van geothermie, warmtenetten uit restwarmte en geothermie en andere technieken zoals warmtepomp met wko. De centrale rol van wkk verandert naar een tijdelijk beperktere rol voor pieklevering, als back-up-voorziening en voor flexibiliteit⁶. Op de langere zal in een klimaatneutrale glastuinbouw de brandstof van de resterende wkk's CO₂-vrij moeten zijn (biobrandstof/biogas).

De uitfasering van *aardgas* richting 2040 in de tuinbouw zal de beschikbaarheid van CO₂ uit rookgas sterk verlagen. Dat betekent dat, naast de duurzame warmte, ook een alternatieve oplossing voor de CO₂ gevonden moet worden. Mogelijke zijn extern geleverde CO₂ per pijpleiding of CO₂ dat via tankwagens wordt aangevoerd. In beide gevallen is dit CO₂ die als emissie vrijkomt uit industriële bronnen of afvalverbranding. Cruciale voorwaarde voor een systeemtransitie naar een glastuinbouw zonder aardgas is dan ook een gegarandeerde

⁵ De clean spark spread is het verschil tussen de marktprijs voor elektriciteit en de kosten van brandstoffen gebruikt voor de productie van de elektriciteit, met inbegrip van CO₂-emissierechten.

⁶ Het aandeel van wkk in de toekomstige energiemix zal afhankelijk zijn van de termijn en het type energiescenario.



aanvoer van CO₂ naar de kassen. Daarbij kan natuurlijk ook besparing op de CO₂ plaatsvinden door zuinigere bemesting.

1.6 Leeswijzer

Voor de invulling van de warmtebehoefte vanuit fossiel-vrije bron zijn verschillende opties voorhanden. In *Hoofdstuk 2* presenteren we technische mogelijkheden om de warmtevraag te verduurzamen, en geven aan welke potentiële en kosten hiermee samenhangen. Om de warmtebehoefte te verduurzamen zal de warmtevraag leidend zijn, maar zal er daarnaast elektriciteit en CO₂ nodig zijn om de kas duurzaam te kunnen exploiteren. Deze analyse vormt de basis van de analyse en verdere uitwerkingen van knelpunten en beleidsopties.

In *Hoofdstuk 3* geven we een beknopte schets van het bestaand beleid en beleid dat vanuit het Klimaatakkoord wordt ingezet. Hierbij geven we aan welke invloed het beleid heeft op de invulling van de drie randvoorwaarden (warmte, elektriciteit en CO₂).

In *Hoofdstuk 4* gaan we nader in op de knelpunten die optreden bij de transitie naar een klimaatneutrale energievoorziening in de glastuinbouw. Deze knelpunten en afhankelijkheden van andere sectoren worden per randvoorwaarde (warmte, elektriciteit en CO₂) in beeld gebracht. Vervolgens gaan we in dit hoofdstuk nader in op de vraag of het bestaande beleid (inclusief het Klimaatakkoord) in voldoende mate knelpunten wegneemt en of er resterende knelpunten zijn. Hierbij is vooral aandacht voor maatregelen die niet direct of specifiek gericht zijn op de glastuinbouw, zoals de ODE, CO₂-heffing en energiebelastingen.

In *Hoofdstuk 5* gaan we in op nieuwe oplossingsrichtingen voor resterende knelpunten. Tevens geven we de gevolgen aan van deze beleidsopties. In *Hoofdstuk 6* presenteren we tenslotte onze beleidsaanbevelingen.

2 Verduurzaming: opties en kosten

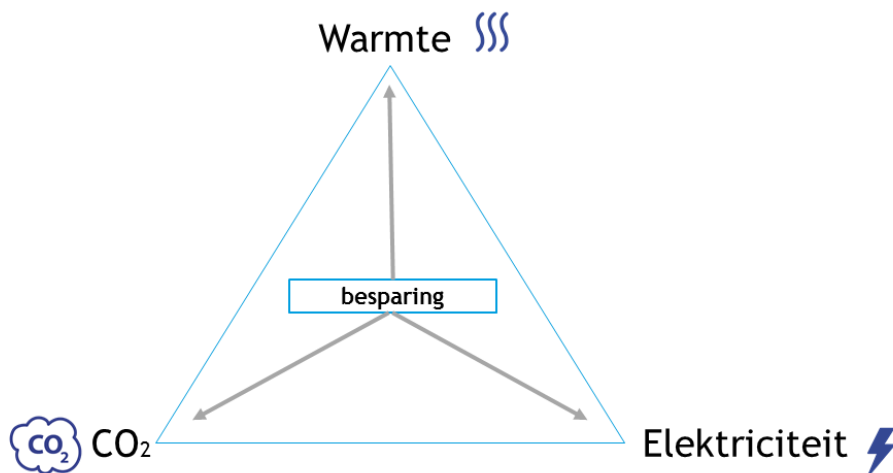
2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk gaan we in op de verschillende mogelijke technische routes die de glastuinbouw tot zijn beschikking heeft om te verduurzamen. We gaan allereerst dieper in op de technische mogelijkheden van verduurzaming binnen de 'driehoek' warmte, elektriciteit en CO₂ in de glastuinbouwsector. Tenslotte schetsen we een beeld van de kosten en potentiële bijdrage van deze opties aan gestelde ambitie in 2040. We sluiten af met conclusies.

2.2 Driehoek warmte, elektriciteit en CO₂

Er zijn verschillende technieken beschikbaar die een fossiel-vrije tuinbouw mogelijk maken. Belangrijk is dat bij vervanging van een wkk niet alleen een alternatief voor de warmtevoorziening wordt gezocht, maar ook voor de elektriciteits- en CO₂ voorziening. Bij de implementatie van nieuwe warmtetechnieken dienen kostenverschillen en/of onrendabele toppen worden overbrugd, zodat de overstap naar het alternatief financieel aantrekkelijker wordt onder voorwaarde dat de bedrijfsvoering rendabel blijft. Deze 'driehoek' van warmte, elektriciteit en CO₂ bepaalt de randvoorwaarden voor verduurzaming en ook het kostenplaatje. Naast alternatieve oplossingen voor warmte, elektriciteit en CO₂, is er ook een belangrijke rol weggelegd voor energiebesparing. Door te besparen op warmte- en elektriciteitsgebruik, wordt er minder vermogen gevraagd van de duurzame energiebronnen, hetgeen de transitie vergemakkelijkt. Ook in de gewasdosering is besparing op het volume van toegevoerde CO₂ een belangrijke optie om kosten te besparen voor de tuinder, en het energiegebruik dat samenhangt met de gewasdosering verder te beperken. Dit laatste betreft zowel het energiegebruik voor interne bronnen ('zomerstook', beperkte periode van het jaar) als externe bronnen (energiegebruik van afvang en transport CO₂ uit industriële bronnen). Besparing op de dosering van CO₂ heeft naast private voordelen voor de tuinder dus ook maatschappelijke voordelen.

Figuur 4 - Driehoek warmte, elektriciteit en CO₂



2.3 Overzicht van verduurzamingspakketten

Binnen de driehoek warmte, elektriciteit en CO₂ kunnen op hoofdlijnen verschillende verduurzamingspakketten worden onderscheiden. Omdat elektriciteit en CO₂ in theorie ingekocht kunnen worden, is de verduurzaming van de warmtebron vaak leidend. Geordend naar de verschillende warmtevoorzieningen wordt in Tabel 2 een overzicht gegeven van de mogelijke *verduurzamingspakketten* die een tuinder tot zijn beschikking heeft. Hierbij moet worden opgemerkt dat tuinders in realiteit vaak maar beperkt keuze hebben uit deze lijst omdat ze bijvoorbeeld geen toegang hebben tot restwarmte, betaalbare externe CO₂, of een gewas verbouwen waarbij bijvoorbeeld geen actieve koeling gebruikt wordt.

De haalbaarheid van een verduurzamingspakket zal in de praktijk ook afhangen van het soort gewas, de locatie van het bedrijf (clusterverband of zelfstandig) en de bedrijfsvoering (belichte of onbelichte teelt). Bij elk van de onderstaande verduurzamingspakketten geldt energiebesparing bovendien als een onafhankelijke variabele die het gevraagde vermogen van de duurzame energiebron kan verlagen.

Tabel 2 - Overzicht verduurzamingspakketten

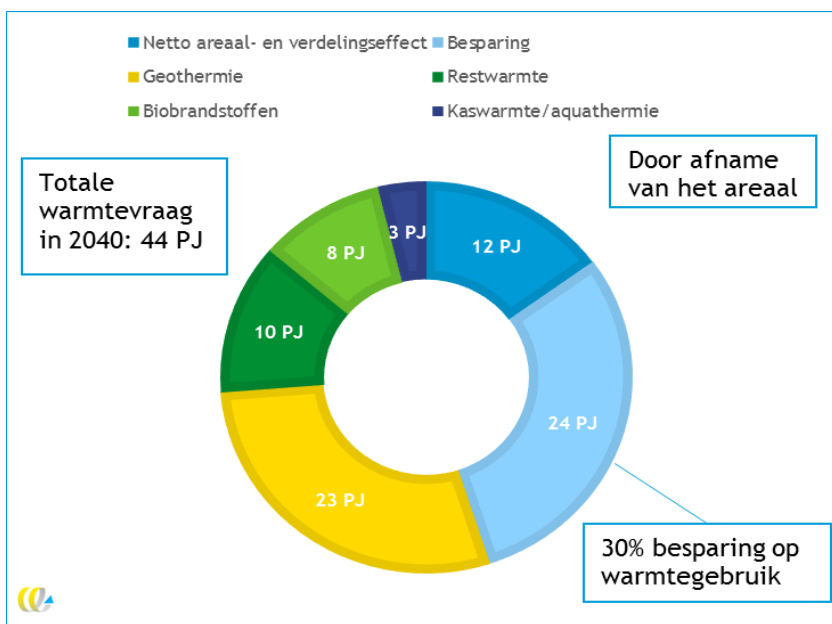
Warmtevoorziening	Warmte	Elektriciteit: inkoop	Elektriciteit: eigen opwek	CO ₂
Geothermie	Aardwarmte + warmtepomp	Inkoop (duurzame) elektriciteit	Mogelijk beperkte rol voor elektriciteit uit zon en wind	Externe CO ₂
	Aardwarmte	Inkoop (duurzame) elektriciteit	Mogelijk beperkte rol voor elektriciteit uit zon en wind	Externe CO ₂
Restwarmte	Laagwaardige restwarmte met warmtepomp	Inkoop (duurzame) elektriciteit	Mogelijk beperkte rol voor elektriciteit uit zon en wind	Externe CO ₂
	Hoogwaardige restwarmte	Inkoop (duurzame) elektriciteit	Mogelijk beperkte rol voor elektriciteit uit zon en wind	Externe CO ₂
Kaswarmte of aquathermie (all electric)	Overtollige kaswarmte (+wko)	Inkoop (duurzame) elektriciteit	Mogelijk beperkte rol voor elektriciteit uit zon en wind	Externe CO ₂
	Aquathermie + wko	Inkoop (duurzame) elektriciteit	Mogelijk beperkte rol voor elektriciteit uit zon en wind	Externe CO ₂
Biogas	Wkk op groengas	N.v.t.	Eigen opwek elektriciteit door wkk	Eigen CO ₂ uit wkk
Biomassa	Bio-wkk	N.v.t.	Eigen opwek elektriciteit door wkk	Eigen CO ₂ uit wkk bij goede reiniging, anders externe CO ₂
	Biomassaketel	Inkoop (duurzame) elektriciteit	Mogelijk beperkte rol voor elektriciteit uit zon en wind)	Eigen CO ₂ uit biomassaketel bij goede reiniging, anders externe CO ₂
Waterstof	Brandstofcel	N.v.t.	Eigen opwek elektriciteit door brandstofcel	Externe CO ₂

Warmtevoorziening	Warmte	Elektriciteit: inkoop	Elektriciteit: eigen opwek	CO ₂
	Waterstofketel	Inkoop (duurzame) elektriciteit	Mogelijk beperkte rol voor elektriciteit uit zon en wind	Externe CO ₂

2.4 Warmtevoorziening in 2040

In deze paragraaf schetsen we een *mogelijk* eindbeeld van de warmtevoorziening in 2040. Dit eindbeeld geeft voor de verschillende opties aan welke bijdrage geleverd wordt aan de verduurzaming van de warmtevraag. Naast het technisch potentieel speelt natuurlijk ook de kostprijs van de verschillende verduurzamingsalternatieven een belangrijke rol in de uiteindelijke verdeling van technieken. Tevens belangrijk is de maatschappelijke acceptatie van verschillende bronnen - het is bijvoorbeeld voorstelbaar dat in de toekomst maatschappelijke weerstand de inzet van een optie zoals biomassa in de glastuinbouw kan bemoeilijken. Dit eindbeeld is dan ook indicatief en vormt daarnaast de referentie voor de kosteneffectiviteit van de kansrijke beleidspakketten (zie Hoofdstuk 5). Het eindbeeld sluit nauw aan op de technische potentiëlen zoals geschat in Bijlage C. Daarnaast is rekening gehouden met de geschatte integrale kosten per techniek zoals weergegeven in Paragraaf 2.9 en met het feit dat niet alle tuinders toegang zullen hebben tot warmte in clusterverband.⁷

Figuur 5 - Eindbeeld warmtevoorziening 2040



* Met biobrandstoffen wordt het geheel van biogas en vaste biomassa bedoeld.

** Structuur- en verdelingseffect ten opzichte van 2019.

⁷ Omdat niet alle tuinders toegang hebben tot de collectieve warmte-opties, is ervan uitgegaan dat het volledige technische potentieel van de biobrandstoffen en de all electric-varianten wordt benut. Ook is aangenomen het potentieel van restwarmte volledig wordt benut omdat deze techniek (met name HT-restwarmte) relatief goedkoop is. De overige vraag wordt ingevuld met geothermie, waarbij niet het gehele technische potentieel benut wordt.

Uit Figuur 3 blijkt dat in gehele verduurzamingsopgave voor de warmtevraag in 2040 de belangrijkste bijdragen geleverd worden door energiebesparing (24 PJ) en geothermie (23 PJ), gevolgd door restwarmte (10 PJ) en biobrandstoffen (8 PJ). Kaswarmte (in combinatie met wko) kan naar verwachting 3 PJ bijdragen. Tevens is ingeschat dat de totale warmtevraag tot 2040 afneemt door areaal- en verdelingseffecten (zie onderstaande tekstbox voor een toelichting). Het gebruik van waterstof is in dit eindbeeld niet opgenomen omdat we verwachten dat waterstof een zeer beperkte rol zal spelen en prioritair ingezet zal worden in de industrie (als grondstof) en zwaar vervoer (als brandstof)⁸. In de volgende paragrafen werken we de opties nader uit.

Tekstbox 2 - Nadere toelichting op eindbeeld warmtevoorziening in 2040

Bij het opstellen van het eindbeeld is een aantal veronderstellingen gemaakt. In navolging van Wageningen Economic Research is aangenomen dat de invloed op energiegebruik van intensivering en extensivering op bedrijfsniveau netto nul is (WEcR, 2018). Dit betekent dat het energiegebruik in 2040 alleen zal veranderen door areaalveranderingen (meer of minder Nederlandse grond die gebruikt wordt voor glastuinbouw), verdelingsveranderingen binnen de sector (bijvoorbeeld een groter aandeel belichte teelten) en door energiebesparing.⁹ Op basis van een extrapolatie van bovenstaande studie van WEcR gaan we uit van een krimp van het totale areaal van 19% in 2040 (ten opzichte van 2019). Notabene: uit de laatste gegevens blijkt dat het areaal van de glastuinbouw in de Landbouwtellingen is toegenomen. WEcR maakt op dit moment een actualisatie.

Tegelijkertijd zorgen verdelingseffecten ervoor dat er op het kleinere areaal relatief meer energie gebruikt wordt; er vindt een verschuiving plaats naar meer energie-intensieve teelten. Wanneer we energiebesparing geheel buiten beschouwing laten, resulteert dit in een warmtevraag van 67 PJ in 2040 (-12 PJ ten opzichte van 2019) en een elektriciteitsvraag van 29 PJ (+1 PJ ten opzichte van 2019). Het netto effect van areaal- en verdelingsveranderingen is een afname van het totale energiegebruik van 107 PJ naar 96 PJ. Vervolgens nemen we aan dat energiebesparing 30% van de warmtevraag kan wegnemen. Rekening houdend met het technisch potentieel van de verschillende technieken, levert dit het bovenstaande eindbeeld op (Figuur 3) met een totale warmtevraag van 44 PJ.

2.5 Opties energiebesparing

Naast technieken binnen driehoek van warmte, elektriciteit en CO₂ zal er ook ingezet moeten worden op energiebesparing om een duurzaam alternatief voor de wkk rendabel te maken. Glastuinbouw Nederland heeft de ambitie geformuleerd om 35% energiebesparing op gas voor eigen gebruik te bewerkstelligen in 2040 (ten opzichte van 2015). Hiervoor zijn verschillende maatregelen mogelijk, bijvoorbeeld:

- tweede energiescherm;
- extra isolatie;
- selectief verwarmen;

⁸ De betalingsbereidheid zal in deze sectoren naar alle waarschijnlijkheid hoger liggen.

⁹ Momenteel speelt een discussie over de areaalgegevens van het CBS: in 2019 rapporteerde het CBS een flinke toename van het totale areaal die niet correspondeert met de bouwactiviteit uit de praktijk. Voor de schatting van de energievraag in 2040 is echter niet de werkelijke *absolute* areaalgrootte van belang, maar de werkelijke *relatieve* areaalgrootte ten opzichte van 2018. In de genoemde studie van WEcR is de relatieve areaalgrootte afhankelijk van het gehanteerde economische scenario (pessimistisch, gematigd of optimistisch). In deze studie is het gematigde scenario gevolgd. Het is daarbij belangrijk om te noemen dat de totstandkoming van de scenario's niet is beschreven door WEcR: wanneer de scenario's niet zijn gebaseerd op economische vooruitzichten, maar op extrapolatie van CBS-data zou het gematigde scenario een onderschatting van het areaal in 2030 kunnen geven.



- luchtbehandelingssysteem;
- verticale ventilatoren;
- diffuus glas met anti-reflectiecoating;
- led-belichting;
- belichten met gelijkspanningsinstallatie.

Verschillende energiebesparingsmaatregelen vallen onder het concept van Het Nieuwe Telen (HNT) dat is ontwikkeld vanuit Kas als Energiebron. Binnen het concept wordt de teelt optimaal gestuurd in onder meer temperatuur, vocht, CO₂-dosering, licht en schermen. Naast nieuwe teeltconcepten wordt er ook ingezet op kennisontwikkeling en informatievoorziening richting de tuinders.

Naast deze (technische) maatregelen zijn er ook verschillende innovatie kasconcepten in ontwikkeling die de benodigde hoeveelheid externe warmte en elektriciteit kunnen verminderen. Enkele voorbeelden zijn:

- Daglichtkas: zorgt voor energiebesparing en warmte oogst tot 50%.
- 2SaveEnergyKas: een kasdek waarmee energie bespaart kan worden.
- Winterlichtkas: kasconcept waarbij meer licht wordt toegelaten.

Tabel 3 - Energiebesparing per maatregel

Maatregel	Energiebesparing
Tweede energiescherm	15-20% energiebesparing (bovenop eerste energiescherm)
Extra isolatie	20-50% energiebesparing
Selectief verwarmen	2 tot 4 m ³ warmte per m ²
Luchtbehandelingssysteem	30-40% energiebesparing
Verticale ventilatoren	10-15% energiebesparing
Diffuus glas met anti-reflectiecoating	20-25% energiebesparing
Led-belichting	50% energiebesparing
Belichten met gelijkspanningsinstallatie	10-25% energiebesparing
Daglichtkas	Tot 50% energiebesparing
2SaveEnergyKas	Tot 50% energiebesparing
Winterlichtkas	Tot 40% energiebesparing

Bron: (Kamer van Koophandel, 2021; Stimular, sd; Groenten Nieuws, 2013; Onder Glas, 2018; Lowtech Magazine, 2016; Innovation Origins, 2020; Kas als Energiebron, 2021).

Energiebesparing en bijbehorende maatregelen hebben invloed op het kasklimaat en de kwaliteit van de teelt. Dit leidt ertoe dat niet alle maatregelen bij alle teelten kan worden toegepast.

2.6 Opties duurzame warmte

Er zijn verschillende duurzame alternatieven voor warmte geleverd door een gasgestookte installatie. Hoewel de precieze warmtevraag erg afhankelijk is van de soort teelt, geldt in het algemeen dat de duurzame warmtebron een temperatuur moet kunnen leveren van zo'n 65°C. Het is ook mogelijk om de gewassen te verwarmen met water van een lagere temperatuur, maar vaak vereist dit een uitbreiding van het verwarmend oppervlak (VO) van de kas. De zes belangrijkste opties en bijbehorend technisch potentieel worden in deze paragraaf eerst gepresenteerd en daarna kort beschreven. Een uitgebreidere, technische beschrijving van de technieken inclusief een verantwoording van het aangenomen technisch potentieel is opgenomen in Bijlage C. Bij de raming van het technisch potentieel is gebruik gemaakt van verschillende techniek-specifieke scenariostudies.

Tabel 4 - Belangrijkste technieken duurzame warmte¹⁰

Warmtetechniek	Technisch potentieel	Collectieve of individuele optie
Geothermie	25 PJ	Collectief
Restwarmte	10 PJ	Collectief
Kaswarmte/aquathermie (all electric)	5 PJ	Individueel of collectief
Biogas	2 PJ	Individueel
Biomassa	6 PJ	Individueel of collectief
Waterstof	Maximaal 1 PJ	Individueel

Geothermie

Geothermie, ook wel aardwarmte genoemd, is een techniek waarbij warmte uit diepgelegen aardlagen onttrokken wordt. Water dat aanwezig is in deze aardlagen wordt omhoog gepompt en met een warmtewisselaar wordt de warmte overgebracht naar het distributiesysteem van de tuinder. Een diepe geothermische bron (> 1.500 m) levert in de regel een temperatuur van tussen de 70 en 90 °C¹¹. Er liggen in de glastuinbouw ook kansen voor gebruik van ondiepe geothermie (300-1.500 m). Omdat de bron een lagere temperatuur levert (20 tot 50 °C), is een warmtepomp en uitbreiding van het VO noodzakelijk. Geothermie kan op grotere schaal (tot wel 25 PJ) worden ingezet door kassenclusters aan te sluiten op een infrastructuur van hoogwaardige warmte. Dergelijke warmtenetten zijn ook mogelijk in hybridevorm waarbij een deel van de warmte wordt geleverd door geothermie en het andere deel door restwarmte van bijvoorbeeld de industrie.

Restwarmte

Restwarmte vanuit de industrie en van datacenters zou in de toekomst een substantieel deel van de warmtevraag (10 PJ) van de glastuinbouw kunnen invullen. Net als bij geothermie behoeft het grootschalig gebruik van restwarmte een collectieve warmteinfrastructuur. Een belangrijk onderscheid is te maken tussen hoogwaardige en laagwaardige restwarmte. Hoogwaardige restwarmte is vaak afkomstig van de industrie en kan met behulp van een warmtewisselaar direct worden gebruikt om het distributiewater van de tuinder mee te verwarmen. Laagwaardige restwarmte – bijvoorbeeld van datacenters – kent een lagere temperatuur en zal daarom moeten worden opgewaardeerd met een warmtepomp. Ook is bij gebruik van laagwaardige restwarmte een uitbreiding van het VO noodzakelijk.

Kaswarmte/aquathermie (all electric)

In de zomer is bij veel kassen sprake van een warmteoverschot. Met behulp van actieve koeling wordt de kastemperatuur verlaagd en de lucht ontvochtigd. In de winter is deze warmte juist hard nodig om de kas te verwarmen. In een warmte-koudeopslag (wko) kan een warmte- of koude-overschot opgeslagen worden. Grondwater in een dieper liggende bodem wordt benut als energiebuffer; daarvoor wordt in deze grondlaag een warmte- en een koudebron aangelegd. In de winter wordt de kas verwarmd door warmte te onttrekken uit de warmebron en wordt het afgekoelde water in de koudebron geïnjecteerd. In de

¹⁰ De belangrijkste technieken zijn gebaseerd op een inschatting van CE Delft na literatuuronderzoek en interviews.

¹¹ Naast diepe geothermie bestaat er ook ultradiepe of zeer diepe geothermie: dit betreft bronnen van meer dan 4.000 m diep die nog niet gebruikt worden in de glastuinbouw en die ook niet als kansrijk beschouwd worden.

zomer kan water uit de koudebron gebruikt worden voor de koeling en wordt het opgewarmde water in de warmebron geïnjecteerd.

Naast gebruik van latente kaswarmte lijkt het in de nabije toekomst ook mogelijk om de warmebron van de wko in de zomer te regenereren met behulp van aquathermie (door de zon opgewarmd oppervlaktewater); de tuinder is in dit geval niet meer afhankelijk van wamte-overschotten in de kas. Op dit moment zijn er nog geen tuinders die gebruik maken van deze techniek, met name omdat er nog geen vergunningskader ligt. Toch lijkt verwarming met behulp van oppervlaktewater potentie te bieden - vooral voor bedrijven die momenteel geen koelsysteem gebruiken.

Biogas

Een vierde mogelijkheid om gasgestookte installaties te vervangen is het gebruik van biogas. Met name groengas lijkt een geschikte kandidaat. Groengas is biogas dat door opwaardering dezelfde samenstelling heeft verkregen als aardgas en daarom direct kan worden gebruikt in bestaande wkk-installaties of gasketels. Net als bij aardgasgestookte installaties kan CO₂ worden afgevangen voor gewasdosering. Wanneer gebruik van een duurzame hoofdwarmtebron niet het volledige benodigde vermogen in de koude wintermaanden kan leveren, biedt groengas bovendien een relatief eenvoudig alternatief voor piekvermogen uit aardgas.

Vaste biomassa

Naast biogas kan ook gebruik worden gemaakt van vaste biomassa. Er zijn twee smaken mogelijk: een bio-wkk en een biomassaketel. Biomassaketels leveren enkel warmte terwijl bio-wkk's en reguliere wkk's die draaien op groengas ook elektriciteit produceren. Bio-wkk's maken in de regel gebruik houtige biomassa zoals pellets, houtsnippers of ander snoeiafval. Een recent project in Andijk laat zien dat het met hoogwaardige rookreiniging ook mogelijk is om CO₂ af te vangen uit bio-wkk's (HoSt, 2020) en deze te in te brengen in het kasklimaat. Met behulp van aminewassers lijkt het in de nabije toekomst ook mogelijk om CO₂ te gebruiken dat vrijkomt bij verbranding in van biomassa in biomassaketels.

Waterstof

Ten slotte zouden glastuinders in de toekomst voor hun warmtevoorziening gebruik kunnen maken van waterstof. Hoewel waterstoftoepassingen in de glastuinbouw vanuit systeem-perspectief niet voor de hand liggen, includeren we deze optie vanuit volledigheidsoverwegingen toch in deze lijst. Recent heeft het Havenbedrijf Rotterdam bovendien een waterstofvisie uitgebracht waarin de glastuinbouw expliciet genoemd wordt als een van de mogelijke afnemers van waterstof dat rond de Rotterdamse haven geproduceerd wordt, of vanuit het buitenland geïmporteerd wordt (Havenbedrijf Rotterdam, 2020). Zou een tuinder gebruik willen maken van waterstof voor zijn warmtevoorziening dan zijn daar twee mogelijkheden voor. Er kan een waterstofketel geïnstalleerd worden als vervanger van de gasketel, of er kan in de toekomst mogelijk gekozen worden voor een brandstofcel¹²: deze produceert naast warmte ook elektriciteit en kan dus de gasgestookte wkk vervangen.

¹² Op dit moment zijn er nog geen brandstofcellen beschikbaar met een vermogen dat groot genoeg is om een substantieel deel van de warmtevoorziening van een tuinder te vervangen.



2.7 Opties verduurzaming elektriciteit

Elektriciteit is een belangrijke pijler binnen de glastuinbouwsector om te verduurzamen. Het elektriciteitsgebruik in de glastuinbouw bestaat voor 90% uit belichting en 10% voor de overige apparatuur¹³ (WEcR, 2018). Verdere intensivering van verschillende teelten, opschalen van de gemiddelde bedrijfsgrootte en de verduurzaming (bijvoorbeeld inzet van een warmtepomp) zorgen voor een verdere toename van vraag naar elektriciteit. De tuinder heeft op het gebied van elektriciteit twee mogelijkheden: elektriciteit inkopen van het net (eventueel in combinatie met een bescheiden deel eigen opwek middels zonnecellen of windturbines) of zelf elektriciteit opwekken met behulp van een wkk-installatie (inclusief verkoop aan het net).

De totale elektriciteitsconsumptie van de glastuinbouw in 2019 was 8 miljard kWh. Hiervan werd 3,3 miljard kWh ingekocht, het overige gedeelte werd zelf geproduceerd met een wkk-installatie. De totale productie was circa 10,5 miljard kWh. Dit komt overeen met 9% van de nationale elektriciteitsconsumptie. 56% van deze productie (5,8 miljard kWh) werd verkocht aan het net (WEcR, 2020).

De totale productie van elektriciteit in Nederland was in 2019 121 miljard kWh, hiervan was ruim 18,5% hernieuwbaar. Het totale verbruik in Nederland was 113 miljard kWh (CBS, 2020a). Tabel 5 geeft het aandeel van de verschillende sectoren weer.

Tabel 5 - Overzicht aandeel elektriciteitsverbruik per sector in 2019

Sector	Aandeel elektriciteitsverbruik
Gebouwde omgeving	53%
Nijverheid (industrie)	33%
Glastuinbouw	9%
Landbouw (m.u.v. glastuinbouw)	1%
Mobiliteit	2%
Waterbedrijven en afvalbeheer	2%

Bron: (PBL, 2020e).

De inzet van wkk-installaties voor de energievoorziening van de sector gaat gepaard met extra inkoop van aardgas, minder inkoop van elektriciteit, meer verkoop van elektriciteit en een grotere beschikbaarheid van rookgas CO₂. De dominante rol van aardgasgestookte wkk-installaties zal moeten veranderen om een klimaatneutrale glastuinbouw in 2040 te realiseren.

2.8 Opties verduurzaming CO₂-voorziening

In de glastuinbouw wordt CO₂ gebruikt om de groei van de planten te bevorderen. WEcR (2019) heeft de CO₂-behoefte per (subsector) gewas in 2017 in kaart gebracht. De totale CO₂-behoefte was 2,6 Mton. Binnen de subsector groenten hebben tomaten, paprika's en komkommers het grootste aandeel in de totale CO₂-behoefte, namelijk respectievelijk 30, 18 en 9%. Bij de bloemen zijn het vooral rozen (7%) en chrysanten (5%). In de subsector planten hebben de bloeiende potplanten met 9% het hoogste aandeel. Dit

¹³ Alle elektrische installaties naast de belichting, zoals raam- en schermmotoren, koelinstallaties, ventilatoren, pompen en duurzame energievoorzieningen.

hoge aandeel van de verschillende productgroepen wordt veroorzaakt door de combinatie van de relatief hoge CO₂-behoefte per m² en het relatief grote areaal van deze gewassen.

Tabel 6 - CO₂-behoefte per subsector in 2017

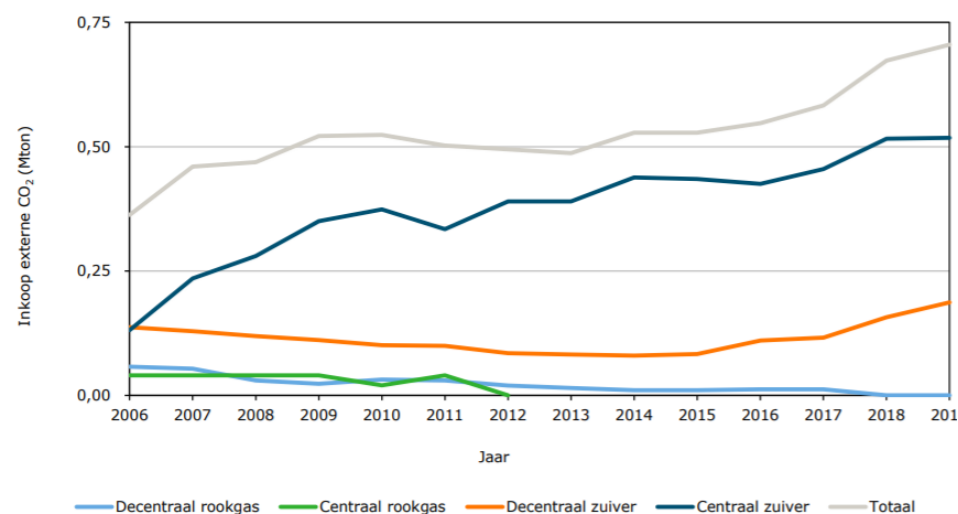
Subsector	Areaal (ha)	CO ₂ -behoefte: kg/m ²	CO ₂ -behoefte: Mton
Groenten	4.585	36	1,6
Bloemen	1.815	29	0,5
Planten	2.030	15	0,3
Uitgangsmateriaal	650	14	0,1
Totaal	9.080		2,6

Bron: (WEcR, 2019).

In de huidige situatie voorzien tuinders in hun eigen CO₂-voorziening door dit zelf te produceren met een aardgasgestookte wkk-installatie. Naast hun eigen voorziening wordt een klein gedeelte geleverd door externe partijen. Dit kan enerzijds via een CO₂-netwerk en anderzijds via vrachtwagens of schepen. Een voorbeeld van de eerste optie is de OCAP-leiding in Zuid-Holland. Deze leiding is in privaat eigendom en transporteert CO₂ dat afkomstig is van industriële bronnen in het Rotterdamse havengebied naar momenteel circa 600 tuinders, grotendeels in Zuid-Holland en daarnaast in het zuidelijk deel van Noord-Holland. In 2019 werd er in de glastuinbouwsector het grootste gedeelte (0,5 Mton) getransporteerd via het OCAP-netwerk. De externe CO₂ kan worden ingezet als vervanging van de zomerstook. Daarnaast speelt de externe CO₂-levering een rol bij de verduurzaming van belichte teelten. Wanneer belichte teelten volledig overstappen op duurzame warmtebronnen is er ook een CO₂-behoefte in de winter.

Het totale huidige aanbod is 1,5 Mton externe CO₂ beschikbaar gesteld. 1,4 Mton is afkomstig van producenten van geconcentreerde reststromen (zoals Shell raffinaderij en een bioraffinaderij van Alco) en 0,1 Mton van AVI's en biogas. Hiervan wordt 0,4 Mton per schip of vrachtwagen geëxporteerd. Van de overgebleven 1 Mton CO₂ binnenlands gebruik wordt de helft via een pijplijn getransporteerd en de andere helft vloeibaar per schip of vrachtwagen. De glastuinbouw is de grootste afnemer (0,7 Mton), gevolgd door de voedingsmiddelenindustrie (0,2 Mton) (Royal HaskoningDHV, 2020).

Tabel 7 - Opbouw externe CO₂ voor de glastuinbouw



Bron: (WEcR, 2020).

De externe CO₂ in de glastuinbouwsector betreft vooral de centrale levering van zuivere CO₂ met distributie via een leidingnetwerk. De decentrale levering volgt qua hoeveelheid op afstand en is vooral in gebieden zonder leidingnetwerk groeiende.

De overgang naar duurzame energie en warmte-inkoop gaat gepaard met een toename van het gebruik van externe CO₂. Naar verwachting zullen bij een hoge prijs voor de externe CO₂ veel tuinders kiezen voor minder CO₂-dosering. In het Klimaatakkoord is de ambitie uitgesproken dat de sector 2 Mton externe CO₂-levering in 2030 nodig heeft. De CO₂-behoefte van de glastuinbouw in 2030 is geprognostiseerd op 1,8 tot 3,0 Mton (WEcR, 2019). In Paragraaf 4.5 gaan we in op de prognoses van de beschikbare externe CO₂.



De inzet van externe CO₂ zorgt voor een vermindering van de zomerstook (CO₂-productie uit aardgas zonder warmtebenutting). 1 ton extern geleverde CO₂ leidt tot een afname van 0,95 ton CO₂-emissies door wkk's en gasketels. Als meer tuinders overstappen naar duurzame warmtebronnen, zal de afname van 0,95 ton CO₂ in de toekomst afnemen (Ecorys, 2020).

Om het gebruik van aardgas terug te dringen, is een toename van externe CO₂ nodig. Hiervoor zijn er verschillende potentiële CO₂-bronnen beschikbaar binnen de industrie en afvalverbranding¹⁴. Er zijn voor 2040 drie duurzame opties:

1. Externe CO₂-levering via pijpleiding.
2. Externe CO₂-levering via vrachtwagen/schepen.
3. Rookgas-CO₂ uit een bio-wkk, biomassaketel of wkk op groengas.

2.9 Kosteneffectiviteit verduurzamingspakketten

Op basis van bovenstaande verduurzamingspakketten kan een inschatting worden gemaakt van de kosteneffectiviteit van verschillende verduurzamingsopties. Hierbij worden niet alleen de kosten van een alternatieve warmtevoorziening, maar ook de kosten van een alternatieve elektriciteits- en CO₂-voorziening meegenomen. Omdat de kosten van de verschillende technieken erg afhankelijk zijn van de warmte-, elektriciteits- en CO₂-vraag van een tuinder, en deze op hun beurt sterk variëren per teelt, is gebruikgemaakt van zes type voorbeeldteelten, zoals opgesteld door Wageningen University & Research (WUR, 2019)¹⁵. Elk van deze voorbeeldteelten staat *model* voor een aanzienlijk deel van het glastuinbouwareaal: dit betekent dat de teelt een bedrijfsvoering kent die vergelijkbaar is met de bedrijfsvoering van een significant aantal andere teelten. In Bijlage D worden kostenschattingen gepresenteerd voor elk van de zes voorbeeldteelten.

Tabel 8 - Eigenschappen teelten (WUR, 2019)

Voorbeeldteelt	Percentage areaal met vergelijkbare teelt in 2020	Geschat percentage areaal met vergelijkbare teelt in 2040	Warmtevraag exclusief zomerstook (MWh/jaar)	Elektriciteitsvraag (MWh/jaar)	CO ₂ -behoefte (ton/ jaar)
Onbelichte tomatenteelt	30%	19%	2220	150	330
Belichte tomatenteelt	14%	30%	2030	3400	460
Belichte chrysantenteelt	24%	23%	1222	1540	250
Belichte alstroemeriateelt	7%	7%	744	1820	250
Warme potplantenteelt	14%	12%	2462	80	140
Radijzenteelt	2%	1%	703	30	20

¹⁴ Op dit moment is éénderde hiervan fossiel en tweederde biogene CO₂.

¹⁵ Zie Bijlage B voor een toelichting op de berekening van de warmtevraag zonder zomerstook.

Jaarlijkse kosten

Om ook een beeld te geven van de opgave waar de sector als geheel voor staat, wordt in deze paragraaf een kostenschatting gepresenteerd van de verschillende duurzame alternatieven¹⁶. De meegenomen kosten zijn de kosten voor de techniek (CAPEX en OPEX), netwerkaansluiting, inkoop (elektriciteit, gas, waterstof, biomassa) en mogelijke verkoop elektriciteit. De elektriciteitsvraag wordt berekend per techniek. Er is aangenomen dat de eigen opwek van elektriciteit zonder wkk verwaarloosbaar is. Bij de wkk en biomassa varianten is aangenomen dat CO₂ kan worden afgevangen.

De eerste kolom van Tabel 9 geeft de jaarlijkse gewogen gemiddelde kosten weer voor 2020. De tweede kolom bevat de resultaten met het gewogen gemiddelde in 2040. Om de vergelijking tussen 2020 en 2040 niet te bemoeilijken, zijn de kosten weergegeven bij een gelijke areaalverdeling als in 2020. In de derde kolom zijn de cijfers weergegeven met de verwachte areaal verhouding in 2040.

De kosten verschillen sterk per teelt door de grote verschillen in hoeveelheid vereiste warmte, elektriciteit en CO₂, zoals weergegeven in Tabel 8. Dit betekent dus dat per teelt er een andere merit order is. De detailresultaten per teelt zijn opgenomen in Bijlage D. Het belangrijkste verschil tussen de twee laatste kolommen in Tabel 8 is dat de weging van gemiddelde kosten respectievelijk plaatsvindt met de gewasaandelen in 2020 en 2040. Door de heterogeniteit van verschillende teelten en structureffecten tussen 2020-2040 zijn er dus ook grote verschillende in gemiddelde kosten.

Tabel 9 - Berekende jaarlijkse kosten per techniek

Jaarlijkse kosten (€/hectare)	2020	2040 (met gelijke areaalverdeling als in 2020)	2040 (met verwachte areaalverdeling in 2040)
Wkk - aardgas ex. CO ₂ -prijs	€ 104.477	€ 101.995	€ 157.487
Wkk - aardgas in. CO ₂ -prijs	€ 124.159	€ 171.878	€ 234.022
Diepe geothermie	€ 163.186	€ 143.960	€ 210.412
LT-restwarmte met WP	€ 192.865	€ 170.967	€ 240.093
HT-restwarmte	€ 155.348	€ 136.826	€ 202.602
Kaswarmte + wko	€ 245.830	€ 219.165	€ 292.747
Aquathermie + WP	€ 241.305	€ 215.047	€ 288.356
Wkk op groengas	€ 216.393	€ 215.965	€ 282.273
Biomassa wkk	€ 147.779	€ 145.145	€ 204.733
Biomassaketel	€ 177.278	€ 173.065	€ 241.240
Waterstofketel	€ 833.405	€ 574.805	€ 682.142

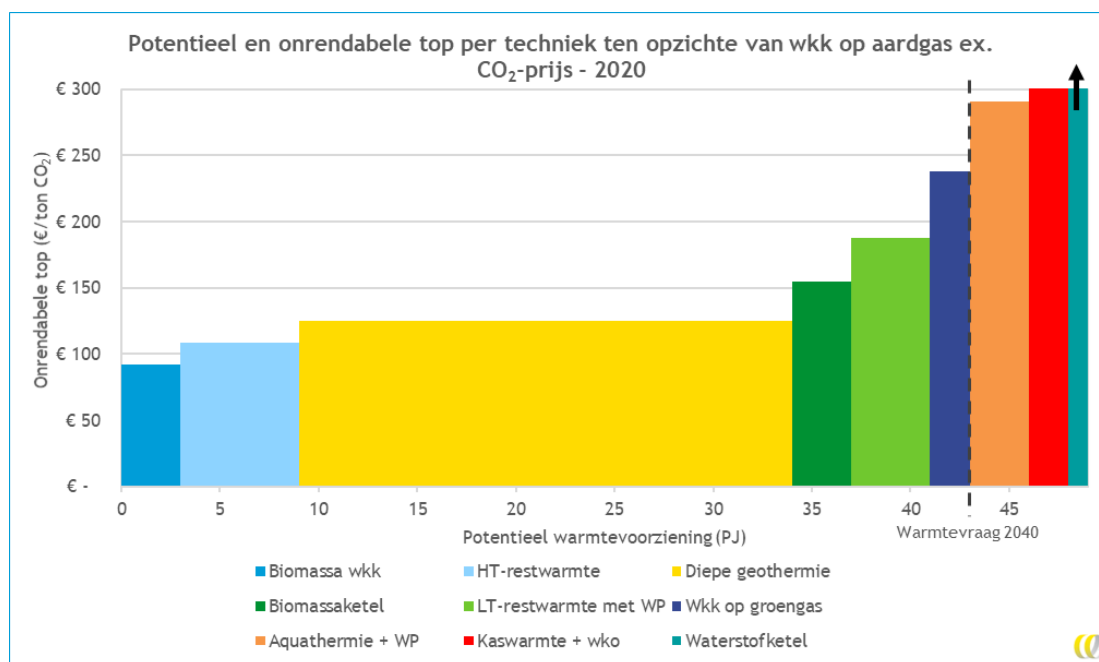
De kosten voor een wkk exclusief CO₂-prijs blijven stabiel richting 2040. De inzet van wkk is met het huidige beleid zowel in 2020 als in 2040 de goedkoopste techniek voor alle teelten.

¹⁶ De kosten zijn gebaseerd op een gewogen gemiddelde per hectare waarbij de verschillende voorbeeldteelten meetellen naar rato van het areaal dat zij beslaan.

Onrendabele top

De onrendabele top per verduurzamingspakket is berekend ten opzichte van een wkk op aardgas waarvan de CO₂-uitstoot niet belast wordt en het gas is vrijgesteld van EB en ODE. Met een gemiddeld aardgasgebruik van 2.316 MWh per hectare per jaar¹⁷ komt de referentie CO₂-uitstoot uit op 470 ton CO₂ per hectare. De onrendabele top wordt uitgedrukt in euro per vermeden ton CO₂-uitstoot en laat Scope 2-emissies buiten beschouwing.

Figuur 6 - Onrendabele top per techniek ten opzichte van wkk op aardgas exclusief CO₂-prijs in 2020

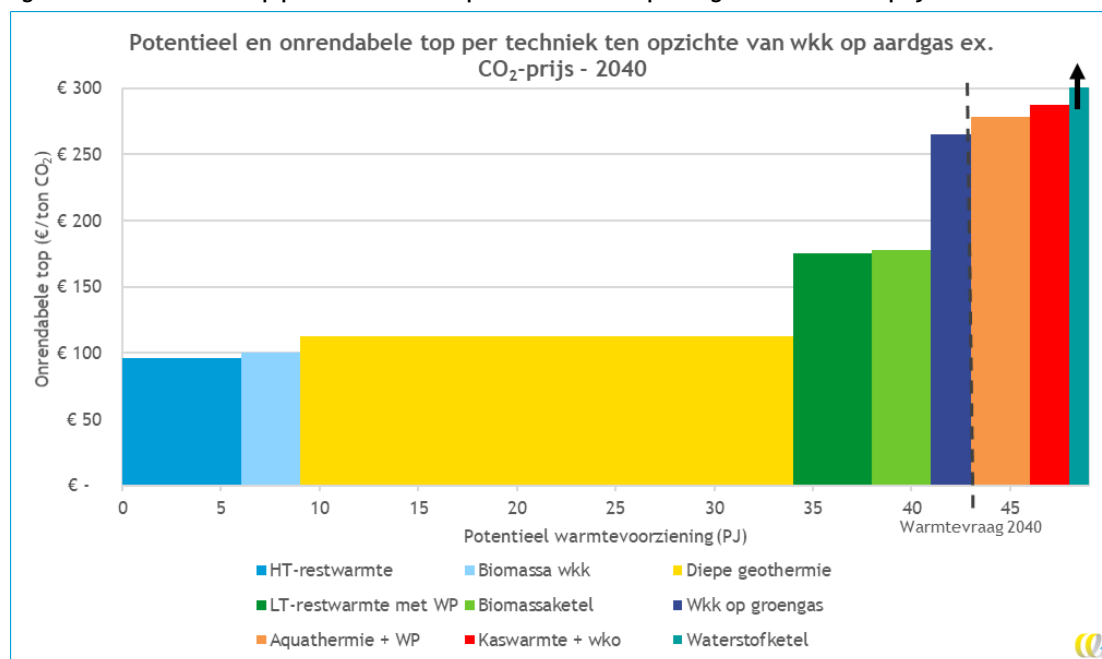


In Figuur 4 is de onrendabele top in 2020 afgezet tegen het technisch potentieel per warmtevoorziening ten opzichte van een wkk op aardgas. De technieken en potentiëlen zijn beschreven in Bijlage C. Het potentieel van biomassa dat we verwachten dat beschikbaar is voor de glastuinbouw is verdeeld over de drie biomassa technieken, waardoor er geen dubbeltellingen van potentieel voorkomen. Een biomassa wkk kent in 2020 de kleinste onrendabele top (€ 92/ton CO₂), gevolgd door HT-restwarmte en diepe geothermie (respectievelijk € 108 en 125/ton CO₂).

In Figuur 7 is de onrendabele top in 2040 weergegeven ten opzichte van een wkk. De kosten die in bijvoorbeeld de figuren met de onrendabele top zijn weergegeven zijn voor 2040 met het verwachte areaal 2040.

¹⁷ Dit betreft het gewogen gemiddelde energiegebruik per hectare van de zes onderscheiden teelten.

Figuur 7 - Onrendabele top per techniek ten opzichte van wkk op aardgas exclusief CO₂-prijs



* De stippellijn bij 43 PJ geeft de verwachte warmtevraag in 2040 aan. Uit de figuur blijkt dat restwarmte, geothermie en de biobrandstoffen tezamen genoeg aanbod kunnen leveren.

Hoogwaardige restwarmte kent de kleinste onrendabele top (€ 96/ton CO₂) met een technisch potentieel in 2040 van 6 PJ. Dit wordt gevolgd door bio-wkk met een potentieel van 3 PJ en een onrendabele top € 100/ton CO₂. Geothermie kent het grootste potentieel met 25 PJ en heeft een onrendabele top van € 113/ton CO₂. Hierbij moet steeds bedacht worden dat deze onrendabele toppen gewogen gemiddelden over de zes voorbeeldteelten betreffen. Omdat de onrendabele top sterk verschilt per gewas is in Bijlage D.6 een uitgebreidere kostenschätzung per voorbeeldteelt opgenomen.

Richting 2040 daalt de onrendabele top in het algemene beeld dus niet. Dit komt voor- namelijk door een stijgende elektriciteitsprijs. De onrendabele top voor een biomassa wkk daalt met 8%, terwijl de onrendabele top voor restwarmte (+13%) en geothermie (+11%) toenemen.

Tekstbox 3 - Effect van Scope 2-emissies

Zoals vermeld worden in de merit order grafieken Scope 2-emissies buiten beschouwing gelaten. Dit betekent dat puur gekeken wordt naar emissiereductie op het terrein van de tuinder. Wanneer de emissiereductie op basis van Scope 2-emissies berekend zou worden, zou de emissiereductie lager uitvallen en de onrendabele top – uitgedrukt in €/ton CO₂ – dus hoger. Wanneer een tuinder overstapt op een duurzame warmtebron zal de elektriciteit voor eigen gebruik die hij opwekte met zijn wkk immers op een andere manier opgewekt moeten worden; zolang de elektriciteitsmix niet volledig duurzaam is, leidt dit tot CO₂-emissies. Wanneer de elektriciteit die werd opgewekt met een wkk verkocht werd aan het net, speelt een vergelijkbaar effect: de elektriciteit (die bijvoorbeeld gebruikt werd door huishoudens) zal nu op een andere manier moeten worden opgewekt, hetgeen leidt tot CO₂-emissies. Wanneer restwarmtebronnen op fossiele energie draaien, zullen ook deze bijbehorende emissies meetellen bij de bepaling van de merit order. Het gevolg is dat de volgorde van technieken kan verschuiven. Wanneer restwarmtebronnen geen CO₂ meer uitstoten en de elektriciteitsmix volledig duurzaam is (ook bij marginaal gebruik), zal het verschil tussen Scope 1- en Scope 2-emissies komen te vervallen.

2.10 Conclusie

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste duurzame alternatieven voor de warmte-, elektriciteits- en CO₂-voorziening gepresenteerd. Voor warmte (en daarnaast ook CO₂ en elektriciteit) liggen er forse kansen voor besparing, zowel door inzet van innovatieve technieken als door gedragswijzigingen bij tuinders (Het Nieuwe Telen). Om in 2040 volledig klimaatneutraal te opereren, zullen tuinders in de eerste plaats moeten overstappen op duurzame collectieve warmtevoorzieningen zoals geothermie en restwarmte. Een significante rol lijkt ook weggelegd voor het gebruik van biogas en vaste biomassa (al dan niet voor piekvermogen). Omdat aardgasgestookte wkk's in een duurzaam toekomstscenario slechts een beperkte rol kunnen spelen, zullen veel tuinders moeten overstappen op inkoop van elektriciteit en externe CO₂ (via pijpleiding of vrachtwagen).

De overstap leidt tot extra kosten, bovenop de vaste en variabele kosten van nieuwe warmtetechnieken. De meeste verduurzamingspakketten kennen daarom ook een forse onrendabele top. De onrendabele top is bovendien sterk afhankelijk van de specifieke teelt en bedrijfsvoering. Dit maakt het lastig om one-size-fits-all beleid te ontwikkelen dat tuinders helpt en aanzet om over te stappen naar duurzame oplossingen. Binnen de verschillende maatregelpakketten zien we dat waterstof, groengas en de all electric-opties nog erg duur zijn. Restwarmte, geothermie en de biobrandstoffen scoren beter maar zullen zonder aanvullend beleid voor de meeste tuinders nog steeds financieel onaantrekkelijk zijn.

In Hoofdstuk 4 zullen we nader ingaan op de belangrijkste knelpunten bij warmte, en inkoop van CO₂ en elektriciteit (netcapaciteit, beschikbaarheid en betaalbaarheid). Hoofdstuk 3 schetst eerst het ingezette generieke en specifieke beleid dat verduurzaming van de glastuinbouw raakt.

3 Huidig klimaatbeleid

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk kijken we naar het huidig klimaatbeleid, zowel generiek als glastuinbouwsector specifiek, dat wordt ingezet in de glastuinbouwsector op het gebied van de klimaat- en energietransitie. In dit hoofdstuk geven we aan wat de relevantie van deze regelingen is voor de glastuinbouw. In het volgende hoofdstuk gaan we dieper in op de invloed van deze regelingen op het proces van verduurzaming van de glastuinbouwsector, inclusief mogelijke knelpunten en interactie met andere klimaatsectoren.

3.2 Energiebelasting en ODE

Huidige situatie

In 1996 is er in Nederland een energiebelasting voor kleinverbruikers ingevoerd. De energiebelasting ziet op het volledige elektriciteits- en gasverbruik van huishoudens en bedrijven. De energiebelasting sluit aan op de Richtlijn Energiebelastingen van de Europese Commissie. Naast de energiebelasting is sinds 2013 de Opslag Duurzame Energie (ODE) op elektriciteit en aardgas ingevoerd. De ODE wordt gebruikt om de financiering van het stimuleringsprogramma voor de productie van duurzame energie (SDE+(+)) te dekken.

De energiebelasting en ODE worden beide geheven over verschillende verbruiksschijven met elk zijn eigen tarief. Er is sprake van een degressief tariefstelsel. Dit houdt in dat het marginaal tarief voor kleinverbruikers hoger is dan voor grootverbruikers. De glastuinbouwsector zit met name in de marginale derde schijf elektriciteit en eerste drie schijven aardgas.

Tabel 10 - Schijven en tarieven in 2020 (exclusief btw)

	Schijf	Tarief energiebelasting	Tarief ODE
Aardgas (€/m ³)	0 t/m 170.000 m ³	0,33307	0,0775
	170.001-1 miljoen m ³	0,06444	0,0214
	Meer dan 1 miljoen t/m 10 miljoen m ³	0,02348	0,0212
	Meer dan 10 miljoen m ³ particulier	0,01261	0,0212
	Meer dan 10 miljoen m ³ zakelijk	0,01261	0,0212
Elektriciteit (€/kWh)	0 t/m 10.000 kWh	0,09770	0,0273
	10.001 t/m 50.000 kWh	0,05083	0,0375
	50.001 t/m 10 miljoen kWh	0,01353	0,0205
	Meer dan 10 miljoen kWh particulier	0,00111	0,0004
	Meer dan 10 miljoen kWh zakelijk	0,00056	0,0004

Bron: (Belastingdienst, 2020).

De evaluatie van de energiebelasting (CE Delft; Ecorys, 2021) constateert dat tarieven van elektriciteit en aardgas niet in balans met de energie- en koolstofinhoud zijn en daarmee ook niet met de veroorzaakte CO₂-uitstoot. De disbalans heeft ook invloed op de energietransitie. Elektriciteit wordt relatief zwaar belast, in alle schijven met uitzondering van de vierde schijf elektriciteit. De ODE tarieven van 2020 versterken de relatief sterke belastingdruk op elektriciteit. Met name de verhoging van de ODE-tarieven in 2020 in de derde schijf elektriciteit heeft hieraan bijgedragen.

Zowel de energiebelasting als de ODE kennen een aantal specifieke regelingen voor een teruggaaf, vrijstellingen of verlaagde tarieven. De regelingen die van invloed zijn op de glastuinbouwsector staan in Tabel 11.

Tabel 11 - Overzicht specifieke regelingen EB+ODE die van invloed zijn op de glastuinbouwsector

Regeling	Toelichting	Uitleg
Inputvrijstelling aardgas voor elektriciteitsopwekking in combinatie met de vrijstelling wkk- elektriciteit eigen verbruik	Voorkomen van dubbele belasting elektriciteit en aanmoedigen duurzame productie/gebruik	Inputvrijstelling voor aardgas die wordt gebruikt in een wkk(in een installatie met een elektrisch rendement van minimaal 30 % en een elektrisch vermogen van 60 kW) in combinatie met een vrijstelling voor de uit wkk geproduceerde elektriciteit en warmte voor eigen gebruik.
Verlaagd tarief energiebelasting aardgas glastuinbouw	Inkomensbeleid en waarborgen internationale concurrentiepositie	Verlaagd tarief tot 1 miljoen m ³ voor de glastuinbouwsector voor aardgas dat gebruikt wordt voor verwarming bij het groeiproces.

De inputvrijstelling beoogt de stimulering van wkk's en de daaruit volgende energiebesparing. Het gecombineerd opwekken van elektriciteit en warmte is namelijk efficiënter dan het afzonderlijk genereren van warmte en elektriciteit op basis van aardgas¹⁸.

Binnen de glastuinbouw kan er aanspraak worden gemaakt op een verlaagd tarief voor het gebruik van aardgas voor de groeiprocessen in de laagste twee schijven. Als tegenprestatie voor het verlaagd tarief is het CO₂-sectorsysteem opgezet. Meer informatie hierover is te vinden in Paragraaf 3.7. Het doel van het verlaagd tarief aardgas in de glastuinbouwsector is het realiseren van een gelijke behandeling van de glastuinbouw ten opzichte van andere energie-intensieve bedrijven. Kenmerken van de glastuinbouwsector zijn de afhankelijkheid van export, hoge energie-intensiteit per arbeidskracht en relatief kleinschalige ondernemingen die veel energie verbruiken. Circa 85% van de Nederlandse toegevoegde waarde van groente, planten, en bloemen wordt naar het buitenland geëxporteerd (WUR, 2020b).

¹⁸ Het in de wkk ingezette aardgas is vrijgesteld van EB, om zo dubbele belasting te voorkomen, omdat de aan het net geleverde elektriciteit bij de eindgebruiker wordt belast. Dit sluit aan bij de Richtlijn Energiebelastingen van de Europese Commissie. De geproduceerde warmte en elektriciteit voor eigen verbruik blijven zo ook onbelast.

Klimaatakkoord

In het Klimaatakkoord is vastgelegd dat het verschil in de tarieven van aardgas en elektriciteit kleiner moet worden, zodat er een sterkere verduurzamingsprikkel ontstaat. Een budgetneutrale variant wordt ingevoerd waarbij de eerste schijf voor aardgas toeneemt met 4 cent per m³ in 2020 en jaarlijks 1 cent per m³ in de periode 2021-2026. De extra opgehaalde middelen worden via de belastingvermindering en een lager tarief voor de eerste schijf elektriciteit teruggegeven.

De relevantie hiervan voor de glastuinbouw is echter beperkt, aangezien zeker voor belichte teelten het elektriciteitsgebruik eerder in de derde schijf zal vallen. Het is echter wel relevant voor kleine bedrijven zonder belichting.

3.3 Subsidies en regelingen¹⁹

Huidige situatie

Op dit moment zijn er verschillende subsidiemogelijkheden of regelingen die zich richten op het verduurzamingsproces van de energieproductie en CO₂-reductie. De meest gebruikte generieke subsidies zijn de SDE+(+), DEI(+), EIA, MIA\Vamil en de regeling RNES aardwarmte. Meer uitgebreide informatie over deze subsidieregelingen is te vinden in Bijlage B.

Klimaatakkoord

In de najaarsronde 2021 van de SDE++ wordt naar verwachting de CO₂-afvang en levering (CCU): CO₂ Capture and Utilisation aan de glastuinbouw toegevoegd. Dit is echter op dit moment nog een voornemen. Er moet nog een goedkeuring komen vanuit de Europese Commissie en een meetketen moet worden georganiseerd. De afvang en het gebruik van CO₂ in de glastuinbouw voor extra plantbemesting is reeds een toegepaste techniek. De subsidie wordt mogelijk voor drie categorieën:

1. CO₂-levering in bestaande netten.
2. CO₂-levering in nieuw aan te leggen netten.
3. Vloeibare CO₂-levering.

Alleen als CO₂ in zuivere vorm wordt afgevangen, wat enkel bij bepaalde processen kostenefficiënt is, is er nu al een markt voor CO₂ als 'grondstof' voor bijvoorbeeld de glastuinbouw (OCAP-levering) of frisdrankenindustrie. Voor opties waarin CO₂ minder zuiver afgevangen wordt, is het financieel niet rendabel om CO₂ af te vangen en uit te leveren naar de glastuinbouw (geen commerciële businesscase). De kosten van afvangen, transporteren en opslaan zijn hoger dan de (relatief lage) opbrengsten ervan.

De SDE+(+)-regeling

De SDE+(+) is sinds 2011 het belangrijkste instrument voor de stimulering van hernieuwbare opwek in Nederland. De SDE++ biedt subsidie voor de inzet van technieken voor hernieuwbare energie en van andere CO₂-reducerende technieken. Per techniek wordt de



¹⁹ In Bijlage B staat een uitgebreidere beschrijving van de andere subsidies (SDE, DEI, EIA, MIA\Vamil en RNES).

'onrendabele top' gesubsidieerd. Binnen de regeling wordt jaarlijks de kostprijs van hernieuwbare energie van diverse technologieën bepaald, het zogenaamde basisbedrag.

Marktpartijen worden op door een gefaseerde openstelling (vier rondes) geprikkeld om projecten voor een lagere kostprijs in te dienen en daarmee meer kans te maken op subsidie.

In 2020 is de SDE+-regeling verbreed naar de SDE++. Naast categorieën voor de productie van hernieuwbare energie zijn ook CO₂-reducerende opties toegevoegd (verbredingsopties).

Voor de afvang van CO₂ met het oog om die permanent op te slaan in een ondergrondse berging (CCS : CO₂ Capture and Storage) bestaat er een afzonderlijk SDE++-categorie. Afsproken is dat de subsidiëring van CCS op een zodanige wijze wordt vormgegeven dat er voldoende budget voor andere duurzame technieken beschikbaar blijft. Er wordt een plafond ingesteld en na 2035 worden er geen SDE++-beschikkingen meer afgegeven voor CCS.

3.4 EU ETS

Huidige situatie

EU ETS is een gemeenschappelijk kader voor de uitstoot van broeikasgassen in grote Europese installaties. EU ETS is in 2005 ingevoerd en sinds 2021 is een vierde handelsperiode in werking (tot 2030). De emissiehandel werkt volgens het 'cap-and-trade' principe. Binnen EU ETS is een plafond van emissierechten beschikbaar gesteld dat gelijk staat aan de totale toelaatbare CO₂-uitstoot. Het emissieplafond is gebaseerd op de Europese CO₂-reductiedoelstellingen en gaat met een lineaire reductiefactor (jaarlijks 1,74%) omlaag.

Relevantie glastuinbouw

De *directe relevantie* van dit instrument voor de glastuinbouw is beperkt. Er doen circa tien glastuinbouwbedrijven mee aan EU ETS. Wanneer de opt-in grens in de toekomst verlaagd zou worden, zouden meer glastuinders onder het EU ETS komen te vallen en zou de directe relevantie toenemen. In Hoofdstuk 5 wordt dieper op deze mogelijkheid en de consequenties ingegaan.

Indirect is het van belang dat CO₂-levering aan de glastuinbouw in het ETS niet geldt als een vorm van CO₂-reductie. De ETS-prijs zelf heeft in eerste instantie relatief weinig invloed op de businesscase van CO₂-levering aan de glastuinbouw, want een bedrijf heeft vaak geen directe mogelijkheden om de uitstoot te vermijden (Rijksoverheid, 2020). Dit is echter veranderd door de CO₂-heffing voor de industrie en de SDE++-subsidie voor CO₂-reducerende technieken. Dit heeft als gevolg dat CCS wel een optie is waarmee uitstootrechten kunnen worden uitgespaard. De werking van zowel het EU ETS als de CO₂-heffing voor de industrie (Paragraaf 3.5) maakt het voor bedrijven aantrekkelijker om te investeren in CCS. Het aanbod van CO₂ door middel van afvang wordt, vanaf 2020 versterkt met de subsidie-mogelijkheid in SDE++ voor CCS, sterk gedreven door de mogelijkheid geen emissierechten te hoeven kopen of aan te houden²⁰.

²⁰ De SDE++-subsidie wordt echter gekort voor de EU ETS prijs.



De prijs van emissierechten geldt dus als belangrijke prikkel voor het opzetten van de CCS-markt met voldoende aanbod voor afnemers als Porthos en Athos die CO₂ kunnen opslaan onder de zeebodem. Naast SDE++-subsidie vormt deze toekomstige CCS-markt een belangrijke financiële prikkel voor het opzetten van een businesscase. Oplopende EUa-prijzen vormen een belangrijke driver voor deze CCS-markt. EU ETS kent geen voorziening voor CCU (zie tekstkader), en het vastleggen van CO₂ of levering aan tuinbouw is geen optie die uitsparing van CO₂-rechten oplevert (zie Tekstbox 4).

Tekstbox 4 - CCU in de emissiehandelsrichtlijn

Als momenteel CO₂ wordt geleverd vanuit een bron aan een andere gebruiker (niet binnen dezelfde inrichting) met een ander doel dan CCS is er geen mogelijkheid tot het uitsparen van CO₂-rechten. Deze uitwisseling is geen onderdeel van de EU ETS-richtlijn. De enige uitzondering is mineralisatie in het kalkprocede (calcium-carbonaat). Dat is op dit moment een geldige techniek om CO₂ te reduceren. Dit vindt echter in Nederland niet plaats.

Na 2021 verandert dit mogelijk, maar dat is nog niet duidelijk. Dit moet EU-breed worden afgesproken. Wel is duidelijk dat de Europese Commissie zeer huiverig is voor toepassen bij cross-sectoral flows of carbon omdat anders kunstmest ook als een CCU-technologie kan worden gezien en een heel grote emissiebron niet langer gereguleerd gaat worden. We gaan er daarom vanuit dat emittenten zowel nu als in de toekomst géén CO₂-rechten krijgt voor CCU.

EU ETS en de CO₂-heffing van de industrie leiden tot een ongelijke CO₂-beprijzing tussen CCS en CCU. Dit kan een rol spelen in de toekomstige CO₂-beschikbaarheid voor de glastuinbouw. Dit hangt onder meer af van of de bron die CO₂ levert vergunningplichtig is in het kader van ETS. Afvalverbrandingsinstallaties, als één van de beoogde CO₂-leveranciers aan de glastuinbouw, zijn in Nederland geen deelnemer aan ETS. Echter, de grote industriële bronnen zoals Tata Steel en Shell nemen wel deel. De laatste levert op dit moment CO₂ aan de OCAP-leiding.

EU ETS speelt een steeds belangrijker wordende rol bij de hoogte van de elektriciteitsprijs. Door het overschot van emissierechten is EUa-prijs lang rond de 10 €/ton geweest. Op dit moment noteert de EUa-prijs 40 €/ton. De prijzen van CO₂-emissierechten worden verwerkt in de elektriciteitstarieven en beïnvloeden dus de energieprijs die tuinders voor extern ingekochte elektriciteit betalen. Omdat flexibele wkk's bij tuinders doorgaans niet onder EU ETS vallen, werkt de zogenaamde *clean spark spread* de wkk inzet bij tuinders verder in de hand.

Klimaatakkoord

Nederland zet zich in op het bouwen van internationale coalities voor beprijzing en versterking van het EU ETS. Het is namelijk van belang dat Nederland tijdens de transitie concurrerend blijft met andere landen. In het Klimaatakkoord wordt daarom gesproken over ETS erkenning voor relevante CO₂-reductiemaatregelen, zoals CCU, circulaire technieken en elektrische boilers. Er vindt al ETS-erkenning plaats voor CCS. Daarnaast wordt er ingezet op een minimum ETS-prijs gecombineerd met maatregelen om weglek naar andere delen van de wereld te voorkomen.

Naar verwachting komt de EC halverwege 2021 met een voorstel voor aanpassing van de EU ETS-richtlijn. Volgens het impactassessment van de EC zal de EU ETS-prijs naar



verwachting tussen de € 32 en 65 per ton CO₂ komen te liggen. De uiteindelijke prijs zal afhankelijk zijn van de exacte invulling van de regelgeving door de EU.

3.5 CO₂-heffing industrie

Klimaatakkoord

De CO₂-heffing industrie heeft als doel een effectieve prikkel te geven om de benodigde CO₂-uitstoot in de industrie te reduceren om daarmee de doelstelling uit het Klimaatakkoord te borgen met een zo klein mogelijk risico op weglek. Om deze reden wordt alleen dat deel van de CO₂-uitstoot belast dat in 2030 gereduceerd moet zijn volgens het Klimaatakkoord. In de nationale heffing worden de vrijgestelde emissies sneller afgebouwd dan in het ETS waardoor in 2030 alleen nog het aantal emissies is vrijgesteld dat past binnen de reductiedoelstelling van de industrie uit het Klimaatakkoord.

De CO₂-heffing is een onderdeel van een breed pakket aan maatregelen voor de industrie die zijn afgesproken in het Klimaatakkoord. Deze maatregelen hebben gezamenlijk tot doel om de reductiedoelstelling van de industrie te halen (14,3 Mton), en tegelijkertijd zoveel mogelijk te voorkomen dat bedrijvigheid naar het buitenland vertrekt.

De CO₂-heffing is ingegaan in 2021 en geldt voor alle industrie-installaties in de EU ETS, afvalverbrandingsinstallaties en grote uitstoters van lachgas. De CO₂-heffing is gebaseerd op een baseline-en-credit-systeem. Dit houdt in dat voor emissies boven de heffingsvrije basis een heffing betaald moet worden. De emissies onder de heffingsvrije basis worden niet belast maar vormen een krediet (*dispensatierechten*) dat met andere bedrijven kan worden verhandeld. De hoogte van de heffingsvrije basis wordt gebaseerd door de CO₂-uitstoot van het bedrijf te vergelijken met de efficiëntste bedrijven in dezelfde branche in Europa²¹. De heffing is ook gerelateerd aan de te behalen emissiereductie van de industrie uit het Klimaatakkoord (14,3 Mton). De CO₂-heffing is een nationale heffing die bovenop de EU ETS-prijs wordt verrekend. In 2021 is de heffing vastgesteld op € 30/tCO₂ en stijgt elk jaar met € 10,56 tot een tarief van € 125/tCO₂ in 2030. Het tarief voor bedrijven die onder het EU ETS vallen wordt verminderd met de prijs van een emissierecht (EUa) in het ETS. Bedrijven die niet onder het EU ETS vallen moeten wel het volledig tarief betalen.

Relevantie glastuinbouw

EU ETS-installaties in een aantal specifieke sectoren, zoals de glastuinbouw, gebouwde omgeving en elektriciteitsopwekking en daarnaast warmtelevering aan stadsverwarming zijn vooralsnog uitgesloten. De glastuinbouw zelf betaalt dus geen CO₂-heffing, maar de heffing kan via de heffingsgrondslag wel een impact hebben op de verschillende relevante markten: warmte en CO₂. De heffingsgrondslag voor het bepalen van de omvang van de belaste emissie kent de volgende voor de glastuinbouw relevante kenmerken:

- alle warmte export naar niet-ETS-installaties wordt onder de heffing gebracht. Deze centrales krijgen voor de warmtelevering aan de glastuinbouw en de gebouwde omgeving *wel* dispensatierechten toegekend. Vanwege het toekennen van

²¹ Hierbij wordt aangesloten bij de EU ETS-benchmarks.



dispensatierechten wordt de levering van warmte aan de glastuinbouwsector niet afgeremd²².

- Levering van CO₂ aan de glastuinbouw (CCU) is, analoog aan ETS, is niet vrijgesteld van heffing (geen dispensatierechten). CO₂-levering aan de glastuinbouw wordt dus niet erkend als CO₂-reductie aan de industriële schoorsteen.
- Levering van CO₂ aan CCS, is analoog aan ETS, wel vrijgesteld van CO₂-heffing. Dit betreft zowel interne als externe leveringen. Hier worden dus wel dispensatierechten voor gegeven, die verhandeld kunnen worden.
- Het biogene deel van de CO₂ in de uitstoot in de afvalstroom van verbrandingsinstallaties (AVI) wordt echter niet belast. Die Nederlandse AVI's stoten ongeveer 8 Mton CO₂ uit waarvan ruim 62% biogene emissies.
- In de huidige rapportagesystematiek wordt door AVI's afgevangen en aan de glastuinbouw geleverde (biogene en/of fossiele) CO₂ niet als reductie geteld; AVI's maken op dit moment onderdeel uit van een innovatiepilot. Het uitgangspunt van de pilot is dat er gecombineerde opslag en levering van CO₂ plaatsvindt. In de zomermaanden wordt zowel fossiele als biogene CO₂ aan de glastuinbouw geleverd, terwijl in de wintermaanden zowel fossiele als biogene CO₂ wordt opgeslagen. Door een administratieve verrekening op jaarbasis ontvangt de glastuinbouw uitsluitend biogene CO₂.
- In de Memorie van Toelichting van de wet CO₂-heffing industrie is aangekondigd dat het Rijk onderzoekt of negatieve emissies internationaal erkend kunnen worden, bijvoorbeeld door dubbele credits²³. Door dubbele waardering wordt de opslag van biogene CO₂ aantrekkelijker in vergelijking met levering van biogene CO₂ aan de glastuinbouw.

Tevens is vastgelegd dat wanneer de CO₂-heffing opbrengsten genereert, deze middelen via een terugsluis door middel van een generieke subsidieregeling worden ingezet voor de vergroening van de industrie. Vanwege de hoogte van de heffing, de mogelijkheid van overdracht van dispensatierechten en de mogelijkheid van verrekening van een overschot aan dispensatierechten met tekorten aan dispensatierechten in eerdere jaren (tot vijf jaar terug), is de geraamde heffingsopbrengst nul.

3.6 Infrastructuur

Huidige situatie

Om in de warmtevraag te kunnen voorzien is er infrastructuur nodig. Dit kan in principe kleinschalig of grootschalig gerealiseerd worden. Per tuinbouwcluster kan gekeken worden hoe lokale bronnen (potentie voor geothermie, biomassa wkk of ketel, wko, restwarmte uit datacenters, restwarmte industrie) kunnen worden ontsloten door een lokaal warmtenet. Daarbij kan in eerste instantie gedacht worden aan gebieden in Oostland en Westland (Zuid-Holland), maar ook gebieden in West-Brabant en Noord-Limburg, Aalsmeer (Prima4a, De Kwakel, Nieuw Amstel).

²² Het draagt zo dus bij aan het behalen van de CO₂ doelstelling van de glastuinbouw, zoals vastgelegd in het CO₂-sectorsysteem. Zoals eerder aangegeven zal de omvang van een eventuele toekomstige kostenverhoging nihil tot beperkt zijn en zal dus naar verwachting geen tot weinig effect hebben op de CO₂-emissie van de sector.

²³ Vergelijk dit bijvoorbeeld met de bijmengverplichting van biobrandstoffen waarbij bepaalde duurzame geproduceerde biobrandstoffen (restafval, resthout) dubbele biotickets toegekend kregen en per liter twee keer zo veel bijdroegen aan het bijmengtarget.



De provincie Zuid-Holland is een gebied met aanzienlijk restwarmtepotentieel vanwege de nabijheid van de haven. De provincie Zuid-Holland is samen met publieke en private partijen bezig met het opstellen van businesscases voor de uitbreiding en koppeling van warmtenetten. Gezamenlijk wordt er toegewerkt naar een Warmterotonde.

De Warmterotonde is een grootschalig warmtetransportleiding in het westen van Nederland. Dit leidingnetwerk maakt het mogelijk om het overschot aan restwarmte in Rijnmond te transporteren naar gebieden met een hoge warmtevraag, zoals de gebouwde omgeving van metropoolregio Rotterdam-Den Haag en Leiden en het glastuinbouwcomplex van West- en Oostland. De eerste fase van de Warmterotonde is een warmtetransportleiding van Rotterdam Vondelingenplaat naar Den Haag, met eventueel een aftakking naar het Westland. Deze transportleiding wordt WarmtelinQ genoemd. Naar verwachting wordt er in de zomer van 2021 een definitief besluit genomen over het wel of niet aanleggen van WarmtelinQ.

Klimaatakkoord

Vanuit het Klimaatakkoord is er ook verschillende beleid opgezet dat bijdraagt aan de infrastructuur van zowel warmte, elektriciteit als CO₂. Tabel 12 geeft een overzicht.

Tabel 12 - Beleid vanuit het Klimaatakkoord op het gebied van infrastructuur

Beleid	Doel
Taskforce Infrastructuur Klimaatakkoord Industrie (TIKI), Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat (MIEK), Cluster en Energiestrategieën (CES) en Programma Infrastructuur Duurzame Industrie (PIDI)	TIKI brengt infrastructurele knelpunten en potentiële oplossingen op het gebied van waterstof, elektriciteit, CO ₂ , stoom en warmte in kaart. Binnen het MIEK worden afspraken gemaakt over projecten die van nationaal belang zijn voor het nationale energiesysteem. Het MIEK is samen met de voorgestelde Cluster en Energiestrategieën (CES) uit TIKI en een veilige plaats voor het uitwisselen van bedrijfsvertrouwelijke gegevens tussen industrie en infrabedrijven (safehouse) van belang bij de coördinatie en versnelling van besluitvorming. Het nationaal Programma Infrastructuur Duurzame Industrie (PIDI) ondersteunt dit proces.
Regionale Energie Strategieën (RES)	Binnen de RES-regio wordt gekeken naar hernieuwbare elektriciteit op land, duurzame bronnen, energie-infrastructuur en opslag voor de gebouwde omgeving. Elke RES-regio zet in op een regionale afweging tussen kwantitatieve bod, systeemefficiëntie, optimaal ruimtegebruik en maatschappelijk en bestuurlijk draagvlak.
Programma Energiehoofdstructuur	Het in kaart brengen van de benodigde ontwikkeling van het hoofdenrgiesysteem voor 2030 en 2050 met als doel richting te geven aan proactief plannen en investeren van netbeheerders, decentrale overheden en marktpartijen. Hierbij wordt onder andere gekeken naar nationale buisleidingen, hoogspanningstracés, grootschalige opslag en ruimtelijke reservering.
Rijksvisie marktontwikkeling voor de energietransitie	In de Rijksvisie marktontwikkeling voor de energietransitie wordt ingegaan op de ordening, regulering en bekostiging van nieuwe warmte-, waterstof- en CO ₂ -infrastructuur waarbij rekening wordt gehouden met de implicaties en de ruimtelijke impact. De hoofdlijnen van de beleidsagenda zijn: <ul style="list-style-type: none"> – uitbreiding van het elektriciteitssysteem voor alle sectoren; – afbouw en ombouw van het gassysteem van aardgas naar groengas en CO₂-vrije waterstof; – ontsluiting van CO₂-vrije warmte voor de gebouwde omgeving, industrie en - glastuinbouw (deels via warmtenetten);

	<ul style="list-style-type: none"> – ontwikkeling van vloeibare biobrandstoffen en synthetische motorbrandstoffen voor mobiliteit; – ontwikkeling van afvang, opslag en gebruik van CO₂; – Integratie van de verschillende energiesystemen en besparing.
--	--

Deze ontwikkelingen zijn van belang voor de glastuinbouwsector omdat het beleid zich richt op de benodigde infrastructuur en bijbehorende knelpunten en mogelijkheden voor de mogelijke verduurzamingspakketten van Paragraaf 2.3. De randvoorwaarden voor infrastructuur op het gebied van warmte, elektriciteit en CO₂ wordt in het volgende hoofdstuk besproken.

3.7 CO₂-sectorsysteem en Kas als Energiebron

Huidige situatie

Afgelopen jaren waren er twee convenanten in de glastuinbouwsector die zich richtten op de energietransitie: Meerjarenafspraak Energietransitie Glastuinbouw (MJA-E) 2014-2020 en het convenant CO₂-emissieruimte 2013-2020 Glastuinbouw (hierna CO₂-convenant). De doelen en ambities van deze convenanten zijn weergegeven in Tabel 13.

Tabel 13 - Overzicht van doelen en ambities per jaar van het CO₂-convenant en MJA-E

Jaar		Doel of ambitie
2020	CO ₂ -plafond van 4,6 Mton CO ₂ -emissie	Doel
	11 PJ (0,7 Mton) energiebesparing ten opzichte van 2012 (Ministerie van EZ; Glastuinbouwsector, 2013)	Doel
	Alle nieuw te bouwen kassen zijn in 2020 zowel economisch rendabel als klimaatneutraal	Ambitie
	In 2020 zijn nieuwe teeltconcepten en -technieken ontwikkeld waarmee in bestaande kassen met 50% minder fossiele energie geproduceerd kan worden	Ambitie
2050	Volledig duurzame en economische rendabele glastuinbouwsector	Ambitie

Om deze doelen te bereiken worden verschillende instrumenten ingezet. Zo is er binnen het CO₂-convenant sprake van een CO₂-sectorsysteem dat zich richt op het vastgestelde CO₂-plafond. In het innovatie- en actieprogramma Kas als Energiebron wordt beschreven hoe de gestelde doelen en ambities kunnen worden bereikt. Dit is samengevat in een transitieaanpak.

CO₂-sectorsysteem

In het CO₂-convenant is vastgelegd dat de totale CO₂-emissies in de glastuinbouw lineair afnemen naar 4,6 Mton CO₂ in 2020. De doelstelling kan onder bepaalde voorwaarden worden aangepast. Per jaar is er een maximale CO₂-emissieruimte voor de gehele glastuinbouwsector vastgesteld. In het CO₂-sectorsysteem is afgesproken dat glastuinbouwbedrijven die niet deelnemen aan het EU ETS naar rato van het energieverbruik een verevening betalen indien in één jaar meer CO₂ wordt uitgestoten dan is vastgesteld in de CO₂-emissieruimte.

Kas als Energiebron: Transitieaanpak

Om de ambities uit de convenanten te bereiken is een transitieaanpak opgezet die zich richt op de verschillende marktfasen van de technieken. In het innovatie- en actieprogramma Kas als Energiebron wordt beschreven hoe de gestelde doelen en ambities kunnen worden bereikt. Het programma maakt, naast beleidsvorming en beïnvloeding, gebruik van vijf verschillende instrumenten: onderzoek; demoprojecten en kennisuitwisseling; aanpak energiecluster; subsidieregelingen; en communicatie. Dit is samengevat in een transitieaanpak.

Allereerst wordt er geïnvesteerd in onderzoek en demoprojecten. De kennis wordt vervolgens via verschillende communicatiekanalen verspreid. De subsidieregelingen Marktintroductie Energie-Innovaties glastuinbouw (MEI) en Regeling investeringen in energie-efficiënte glastuinbouw (EG) versnellen de adoptie van de nieuwe technieken richting een bredere marktintroductie. De MEI-regeling richt zich hierbij op de eerste introductie van nieuwe innovaties en de EG-regeling op de bredere uitrol van bewezen technieken. In de laatste stap wordt er aangehaakt op generieke stimuleringsregelingen, bijvoorbeeld EIA of SDE+.

Klimaatakkoord

Er wordt een nieuw glastuinbouw convenant voor de periode 2020-2030 vastgelegd als opvolging van het Convenant CO₂-emissieruimte glastuinbouw 2020, de Meerjarenaafspraken Energietransitie glastuinbouw 2020 en het Convenant Schone en Zuinige Agrosectoren. Verder wordt de bestaande aanpak van het programma Kas als Energiebron voortgezet in de periode 2021-2030.

3.8 Conclusie

Zowel het huidige klimaatbeleid binnen de glastuinbouwsector als het generiek beleid heeft invloed op de maatregelpakketten die beschreven zijn in Paragraaf 2.3. Tabel 14 geeft per instrument de relevantie voor de glastuinbouwsector weer.

Tabel 14 - Overzicht van verschillende generieke instrumenten en relevantie op glastuinbouw

Instrument	Relevantie instrument glastuinbouw
Energiebelasting en ODE	<ul style="list-style-type: none">– Tarieven van elektriciteit en aardgas zijn niet in balans met de energie- en koolstofinhoud. Elektriciteit wordt relatief zwaar belast, m.u.v. vierde schijf elektriciteit. De ODE tarieven van 2020 versterken de relatief sterke belastingdruk op elektriciteit.– Twee regelingen waar de glastuinbouwsector gebruik van kan maken:<ul style="list-style-type: none">• verlaagd gastarief;• inputvrijstelling aardgas voor elektriciteitsopwekking in combinatie met vrijstelling wkk-elektriciteit eigen verbruik.– In KA is vastgesteld dat het verschil tussen aardgas en elektriciteit kleiner wordt. Dit heeft geleid tot een lager tarief voor de eerste schijf elektriciteit. De relevantie voor GTB is echter beperkt, aangezien zeker belichte teelten in de derde schijf vallen.
Subsidies en regelingen	<ul style="list-style-type: none">– Vanaf 2021 SDE++ komt er mogelijk een CCU-subsidie mogelijk voor CO₂-levering aan glastuinbouw;– Tevens SDE++ voor CCS. De SDE++ CCS kent een plafond.

EU ETS	<ul style="list-style-type: none"> – CCU (levering) is niet als reductiemaatregel opgenomen en levert geen uitsparing van emissierechten op; – CCS is wel als reductiemaatregel opgenomen en wordt direct in mindering gebracht op emissie; – deze ongelijke beprijzing kan impact hebben op de CO₂-markt afvang.
CO ₂ -heffing	<ul style="list-style-type: none"> – voor warmte-export naar niet-ETS sectoren (glastuinbouw) worden dispensatierechten gegeven; – CCS wordt direct in mindering gebracht op de jaarvracht/emissies; – voor CCU worden geen dispensatierechten gegeven; – het biogene deel van de emissies is niet belast.
Infrastructuur	<ul style="list-style-type: none"> – in kaart brengen van knelpunten, mogelijke oplossingen, benodigde ontwikkeling, ordening, regulering en bekostiging van nieuwe infrastructuur (o.a. warmte, CO₂, elektriciteit).
CO ₂ -sectorsysteem en Kas als Energiebron	<ul style="list-style-type: none"> – Het CO₂-sectorsysteem zorgt voor borging van het CO₂-doel en stimuleert besparing. Er komt een nieuw glastuinbouw convenant voor de periode 2020-2030. – Het Programma Kas als Energiebron zorgt voor kennis en techniek op het gebied van energiebesparing en richt zich tevens op gedragsveranderingen. <p>Het programma wordt voortgezet in de periode 2021-2030.</p>

Bovengenoemde instrumenten, inclusief voorgenomen wijzigingen kunnen een *positieve* of een *negatieve prikkel* opleveren op het realiseren van deze maatregelenpakketten.

4 Randvoorwaarden, knelpunten en link met andere sectoren

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk brengen we de randvoorwaarden voor verduurzaming van de driehoek in kaart en beschrijven we tevens de (mogelijke) samenhang met andere sectoren en huidige belemmeringen. Speciale aandacht wordt besteed aan de invloed van het huidige beleid op realisatie van de randvoorwaarden.

4.2 Randvoorwaarden en knelpunten energiebesparing

De belangrijkste randvoorwaarde is dat het voor tuinders financieel aantrekkelijk is om deze maatregel toe te passen. Daarnaast is de beschikbaarheid en doorontwikkeling van de technieken van belang.

4.2.1 Beschikbaarheid en betaalbaarheid

Om energiebesparing te realiseren is (door)ontwikkeling van verschillende technieken vereist. Kenmerkend voor de glastuinbouwsector zijn veel verschillende teelten en variaties in bedrijfsgrootte. Deze verscheidenheid bepaalt ook in belangrijke mate de technologische opties, er is namelijk geen generieke klimaatoplossing voor alle teelten. Financiële ondersteuning, zoals subsidieregelingen en middelen voor verder onderzoek, zijn naast kennisuitwisseling, training/cursussen en het zichtbaar maken van successen van groot belang (CE Delft, 2020b).

Effecten beleid

Op dit moment kan er, bij de eerste introductie van nieuwe innovaties, gebruik worden gemaakt van de MEI-regeling. De subsidie zorgt ervoor dat (een deel van) de onrendabele top wordt weggenomen en maakt het daarmee tevens voor de bank aantrekkelijker om financiering te verschaffen tegen lagere rente. De samenhang met andere regelingen zoals EIA en SDE+- is hierbij ook van belang, aangezien er een koppeling wordt gemaakt tussen een subsidie voor het energiedeel van de investering en het kasdeel. Verder zorgt de MEI-regeling voor een attentie-effect. De subsidie zorgt ervoor dat de initiatiefnemer geattendeerd wordt op subsidiabele technieken waarvan de tuinder wellicht zonder MEI niet op de hoogte van zou zijn geweest.

Daarnaast is een brede uitrol van de bewezen technieken noodzakelijk om energiebesparing in de gehele sector te realiseren. De EG-regeling zorgt er voor het wegnemen van een deel van de onrendabele top en verbetert daarmee de businesscase voor de tuinder. Ook wordt een deel van het investeringsrisico weggenomen. Zowel de sectorspecifieke subsidieregelingen als de generieke subsidies spelen een belangrijke rol bij het tot stand komen van energiebesparende en hernieuwbare investeringen.

Gedragsaspect

Ook het gedragsaspect speelt een rol bij de uitvoering. Tuinders zijn behoudend als het gaat om ingrijpen in hun teeltsystemen en nemen geen risico's bij de uitvoering van de maatregelen die ingrijpen op teeltwijzen en risicovol kunnen zijn voor de opbrengst. Het gaat daarbij dus niet alleen om het opdoen van kennis, maar ook om die in verschillende klimaatomstandigheden en teelsituaties op de juiste manier toe te passen, zodat ook op zijn minst de economische productie (productiviteit) behouden blijft. Hierbij speelt de interactie van gedrag, teelt (inclusief plantgezondheid), techniek en energiesysteem met andere gewasaspecten een belangrijke rol.

Effecten beleid

Een voorbeeld is Het Nieuwe Telen (HNT), een nieuw teeltconcept dat is ontwikkeld vanuit Kas als Energiebron. HNT is echter niet alleen gedrag, maar ook harde kennis (natuurkunde en plantkunde) waarin de technische opties optimaal worden benut voor optimaal gewas. HNT richt zich op energiezuinig telen in combinatie met een optimale productie. Er wordt optimaal gestuurd in onder meer temperatuur, vocht, CO₂-dosering, licht en schermen. In de praktijk leidt dit meestal ook tot een forse energiebesparing.

De evaluatie van het instrumentarium (CE Delft, 2020b) constateert dat de aanpassing van teeltwijze bij nieuwe kasconcepten beperkt wordt omarmd door de tuinders. Het vergt tijd en doorzettingsvermogen om veranderingen van teeltsystemen in combinatie met besparende technieken verder uit te rollen naar de diverse teelt- en praktijksituaties. Een knelpunt is dat er geen gericht instrumentarium is dat zich richt op de toepassing in een commerciële setting. Een voorbeeld is het op commerciële schaal demonstreren van nieuwe kasconcepten om het draagvlak onder tuinders te vergroten.

Link met andere sectoren

Energiebesparing is een optie die primair binnen de sector tot stand komt. Vanzelfsprekend dienen besparingstechnologieën beschikbaar te zijn, op onderzoeks- en commerciële schaal getest te worden binnen verschillende teelten en 'geadopteerd' te worden door de sector als geheel. Daarbij kan vanuit de sector met innovatieprogramma's (Kas als Energiebron) de belangrijkste bijdrage plaatsvinden. De afhankelijkheid en wisselwerking met andere sectoren is hier aldus beperkt.

4.3 Randvoorwaarden en knelpunten duurzame warmte

Om de overstap naar duurzame warmtetechnieken op grote schaal mogelijk te maken, zal aan een viertal randvoorwaarden moeten worden voldaan: beschikbaarheid, betaalbaarheid, aanwezigheid van benodigde infrastructuur en adequate wet- en regelgeving.

4.3.1 Beschikbaarheid

Zoals in Hoofdstuk 2 is beschreven, lijkt het totale technische potentieel van duurzame warmtealternatieven afdoende om in 2040 de gehele warmtevraag in de glastuinbouw te dekken. In het gepresenteerde eindbeeld werd de totale warmtevraag in 2040 geschat op

44 PJ, terwijl het technisch potentieel (conservatief) werd geschat op 49 PJ²⁴. De hoofdmoot van deze warmte zal moeten worden geleverd door geothermie en restwarmte; biogas, biomassa, en de all electric-opties kunnen een belangrijke aanvullende rol spelen als hoofdwarmtebron of gebruikt worden als piekvermogen.

Hoewel er dus voldoende aanbod van warmtebronnen is voor het invullen de vraag vanuit de glastuinbouw²⁵, kunnen er in de praktijk toch lokale problemen ontstaan. Technieken zoals restwarmte en geothermie zijn bijvoorbeeld alleen in clusterverband aantrekkelijk en niet overal toepasbaar - de tuinder moet immers beschikken over een geschikte ondergrond of een nabijgelegen restwarmtebron. Een deel van dit probleem kan in de loop der tijd worden weggenomen met adequate vestigingsprikkels: wanneer een individuele (gasgestookte) installatie relatief duur is ten opzichte van duurzame clusteralternatieven, zal een tuinder zich sneller vestigen in de buurt van bijvoorbeeld een datacenter of restwarmtebron.

Voor geothermie geldt tevens dat er in sommige gebieden (met name Limburg en Zuidoost-Brabant) winningsverboden van kracht zijn vanwege mogelijke aardbevingsrisico's. Enkele Limburgse tuinders die al geïnvesteerd hebben in de aanleg van een geothermische bron, kunnen deze daardoor momenteel niet gebruiken. Eventuele versoepelingen van het risicobeleid zouden voor deze en andere tuinders een uitkomst bieden, maar vereisen een nauwkeurige en gebalanceerde risicoschatting en belangenafweging. Een laatste knelpunt op het gebied van geothermie is de informatievoorziening. Momenteel is het voor veel tuinders nog onduidelijk of ze over de juiste ondergrond beschikken om over te stappen naar geothermie. De Seismische Campagne Aardwarmte Nederland is een begin om deze kennisgebreken te verhelpen.

Bij de biomassatoepassingen wordt gesignaleerd dat het daadwerkelijke potentieel kan achterblijven bij het technische potentieel als gevolg van maatschappelijke en politieke weerstand tegen het verbranden van biomassa. Wanneer lokale bewoners zich verzetten tegen de komst van een biomassaketel van een tuinder (bijvoorbeeld vanwege het mogelijke effect op de luchtkwaliteit) zou deze af kunnen zien van de verduurzamingsslag. Ingewijden bevestigen in de afgenomen interviews dat veel tuinders nu al terughoudend zijn om over te stappen op een biomassa-installatie vanwege verwachte lokale weerstand.

Voor gebruik van biobrandstoffen en waterstof geldt ten slotte dat de beschikbaarheid afhankelijk zal zijn van concurrentie: wanneer de vraag naar biobrandstoffen (inclusief groengas) en waterstof in de industrie, gebouwde omgeving en zwaar transport (waar elektrisch aandrijving nog geen optie vormt) toeneemt, komt de beschikbaarheid voor de glastuinbouw onder druk te staan. Dit zal de prijzen opdrijven waardoor ook de betaalbaarheid afneemt.

Samenvattend kan worden gesteld dat knelpunten in de beschikbaarheid van duurzame warmtetechnieken met name lokaal/regionaal van aard zijn, bijvoorbeeld in combinatie met locatiespecifieke bronnen als geothermie en restwarmte. Daarnaast is er in toenemende mate maatschappelijke weerstand tegen biomassaprojecten vanwege luchtkwaliteit en gezondheid, en vanwege de duurzaamheid van sommige biomassatoepassingen.

²⁴ Er is bijvoorbeeld aangenomen dat een groot deel van de biomassa niet beschikbaar zal zijn voor de glastuinbouw omdat deze ingezet zal worden binnen andere sectoren; in realiteit zal bij een hogere betalingsbereidheid ook meer biomassa beschikbaar zijn voor de glastuinbouw. Tevens is aangenomen dat het technisch potentieel voor geothermie 25 PJ bedraagt in 2040. EBN schat dit potentieel hoger in met 30-40 PJ.

²⁵ Het potentieel is voor de glastuinbouw vastgesteld op basis van verschillende scenariostudies en toekomststudies. Het is onduidelijk hoe hier met vraag naar andere sectoren is rekening gehouden.

Dit neemt echter niet weg dat veel tuinders kunnen kiezen uit verschillende alternatieven en dat het totale technisch potentieel afdoende lijkt.

Effecten beleid

De invloed van huidig beleid op de feitelijke beschikbaarheid van de verschillende technieken is relatief beperkt. In veel gevallen speelt beleid een grotere rol in de betaalbaarheid of benodigde infrastructuur. Op een paar vlakken is echter wel een duidelijke invloed van beleid op de beschikbaarheid van duurzame warmte waar te nemen. Aan ETS-installaties die warmte leveren aan de glastuinbouw en de gebouwde omgeving worden bijvoorbeeld dispensatierechten toegekend onder de nationale CO₂-heffing. Vanwege het toekennen van dispensatierechten wordt de levering van warmte aan de glastuinbouwsector niet afgeremd. Ook stelt het Rijk stoekeisen voor o.a. biomassaketels vast en heeft overheidsbeleid invloed op de hoeveelheid beschikbaar groengas (o.a. middels SDE++-subsidies). Een recente studie van CE Delft laat zien dat alleen bij sterk aanvullend beleid de doelstelling uit het Klimaatakkoord (70 PJ groengas in 2030) gehaald zal worden (CE Delft, 2020d). Ten slotte heeft overheidsbeleid invloed op de praktisch beschikbare aardwarmte via wet- en regelgeving. Later in dit hoofdstuk wordt hier verder op ingegaan.

4.3.2 Betaalbaarheid

Zoals is gepresenteerd in Paragraaf 2.9, kennen de verschillende alternatieve verduurzamingspakketten nog een hoge onrendabele top. De pakketten gebaseerd op Bio-wkk, HT-restwarmte en geothermie komen als gunstigste opties uit de bus, maar kennen zonder subsidie nog steeds een onrendabele top van zo'n € 100/ton CO₂. Belangrijk is dat in deze prijs ook de meerkosten van de inkoop van elektriciteit- en CO₂ zijn meegenomen; de hoge onrendabele top komt dus niet alleen voort uit een duurder warmtevoorziening.

Dit betekent dat de overstap naar een duurzame warmtetechniek meestal gepaard gaat met jaarlijkse kostenstijging. De meerkosten kunnen deels worden toegeschreven aan de huidige lage gasprijzen en dure technieken, maar zijn ook het gevolg van huidig beleid.

Hieronder gaan we na op welke wijze op duurzame warmte financieel (bijvoorbeeld binnen de SDE++) wordt ondersteund. Tabel 15 geeft een overzicht van de ondersteunde warmtetechnieken in de SDE++-regeling van 2021. De regeling kent een oplopende fasegrens voor de subsidie-intensiteit (euro/ton CO₂). Dat wil zeggen dat kosteneffectieve technieken met een lage subsidiebehoefte per ton CO₂ een grotere kans van slagen hebben dan voorstellen die duur zijn.

Tabel 15 - Overzicht van warmtetechnieken

Hoofdcategorie	Subcategorie
Hernieuwbare warmte (wkk)	Biomassa (vergisting en verbranding) Compostering Champost Geothermie (ultra)diep Zonthermie
CO ₂ -arme warmte	Aquathermie Daglichtkas Elektrische boiler Geothermie (ondiep) Restwarmte Warmtepomp

Effecten beleid

Een tuinder kan gebruikmaken van verschillende subsidies om de warmtetransitie te vergemakkelijken, waarvan de SDE++ de belangrijkste is. De SDE++ is bedoeld om de onrendabele top van duurzame energiealternatieven te overbruggen. Binnen de glastuinbouw blijken de subsidies vanuit de SDE++ echter vaak onvoldoende om de daadwerkelijke onrendabele top te overbruggen. Dit kent meerdere oorzaken. Allereerst wordt bij de berekening van het correctiebedrag geen rekening gehouden met aanvullende kosten voor CO₂-inkoop wanneer een tuinder zijn warmtevoorziening verduurzaamt. Daarnaast hebben verschillende duurzame warmteopties de afgelopen jaren een kostenstijging door gemaakt die nog niet gereflecteerd wordt in een verhoogd basisbedrag binnen de SDE++ (geothermie is hiervan de belangrijkste). Het gevolg daarvan is dat deze technieken in een latere fase opengesteld zouden worden aangezien de kosteneffectiviteit slechter wordt. Ook houdt de SDE++ momenteel nog onvoldoende rekening met de flexibele inzet van wkk's in de glastuinbouw. Het correctiebedrag van de meeste duurzame warmtealternatieven is gelijk aan 90% van de gasprijs - een bedrag dat gebaseerd is op een *must-run* wkk en daarmee te hoog is voor veel tuinders (de kostenderving is groter aangezien de tuinder met een wkk vaak kan inspelen op fluctuerende elektriciteitsprijzen). De huidige restwarmte-regeling binnen de SDE++ is ten slotte niet ontwikkeld om ook kosten van lokale warmtewetten te dekken. Dit maakt gebruik van restwarmte minder aantrekkelijk voor tuinders of zelfs financieel onaantrekkelijk indien er geen zicht is op een structurele financiering van transportnetwerken. In zijn algemeenheid geldt dat voor alle ondersteunde technieken de technieken met de laagste subsidie-intensiteit de meeste kans van slagen hebben. Hoe hoger het benodigde subsidiebedrag per ton CO₂, hoe kleiner de kans op een succesvolle aanvraag. Binnen deze verkenning is niet gekeken naar de subsidie-intensiteit van warmtetechnieken in vergelijking met andere sectoren.

Een tweede knelpunt voor de betaalbaarheid komt voort uit de disbalans tussen elektriciteit en gas in de EB en de ODE. Elektriciteit wordt relatief zwaar belast ten opzichte van gas (met uitzondering van de vierde schijf elektriciteit). De aangepaste ODE tarieven van 2020 versterken deze relatief hoge belastingdruk op elektriciteit. Samen met de wkk-vrijstellingen binnen de EB en ODE die gelden voor de glastuinbouw, zorgt dit ervoor dat warmteproductie met de all electric-opties financieel onaantrekkelijk blijft.

Ten slotte kent de glastuinbouw een CO₂-sectorsysteem. Wanneer de het sectorale CO₂-doel niet gehaald wordt, volgt binnen dit systeem een boete voor tuinders naar rato van gasgebruik. Tuinders die deelnemen aan het EU ETS zijn hierbij uitgezonderd. Het sectorsysteem zet dus wel een indirecte prijs op broeikasuitstoot, maar een tuinder met een aardgas-wkk betaalt niet voor zijn individuele uitstoot wanneer de sectornorm niet wordt overgeschreden. Daarnaast zit er een vertraging tussen uitstoot en betaling: voor de afrekening van het sectorale emissieplafond moet glastuinders ieder jaar de Gecombineerde Opgave invullen en aan RVO leveren. Eén onderdeel van de Gecombineerde Opgave zijn de benodigde gasgebruiksgegevens voor het CO₂-sectorsysteem. RVO geeft aan dat naar schatting 35% van de tuinders hier in eerste aanleg geen gehoor aan²⁶. Bovengenoemde punten leiden tot een vooraf onbekende, en zwakke individuele CO₂-prikkel. Een grotere, en vooraf bekende individuele prikkel zou de (gepercipieerde) onrendabele top van de verschillende technieken verkleinen.

Samenvattend kan gesteld worden dat er grote knelpunten bestaan op het gebied van betaalbaarheid. De afwezigheid van een effectieve, en individuele prijs op Scope 1-emissies, de negatieve prikkel ten aanzien van elektrificatie en subsidiebedragen die vaak

²⁶ Dit betreft de stand van zaken tijdens de evaluatie van het sectorsysteem (CE Delft 2020).



tekortschieten, maken het moeilijk voor de sector om haar klimaatambities te realiseren. Ook de huidige lage gasprijs en de hoge prijs van nieuwe technieken bemoeilijken de transitie. Ten slotte is het goed om te herhalen dat adoptie van een duurzame warmte-techniek vaak betekent dat de betreffende tuinder elektriciteit en CO₂ zal moeten inkopen; de additionele financiële knelpunten die dit oplevert, worden verderop in dit hoofdstuk besproken.

4.3.3 Infrastructuur

Volgens het eerder gepresenteerde eindbeeld zal aardwarmte in 2040 ongeveer de helft van de benodigde warmtevoorziening in de glastuinbouw moeten dekken. Meer dan 20% van de warmte zal afkomstig moeten zijn van industrie en datacenters. Om dusdanig grote hoeveelheden aardwarmte en restwarmte te realiseren, zullen warmtenetten een belangrijke rol moeten vervullen - het is immers niet efficiënt en haalbaar om elke individuele tuinder aan een aparte bron te koppelen. Een groot deel van de warmte-infrastructuur (transport én distributie) moet de komende jaren nog worden aangelegd. Het ligt daarbij voor de hand dat geothermische bronnen en restwarmtebronnen zullen worden gekoppeld aan hetzelfde netwerk zodat een tuinder in de praktijk een hybride-warmtevoorziening geniet. Andere sectoren, zoals de gebouwde omgeving, zullen ook aanspraak willen maken op de warmte en bijbehorende infrastructuur. Dit zorgt zowel voor synergie (meer afnemers betekent lagere kosten en kleinere investeringsrisico's) als voor concurrentie (meerdere sectoren willen aanspraak maken op dezelfde warmte). De verdeling van warmte en het ontwerp van de benodigde warmte-infrastructuur is ondergebracht bij gemeenten (Transitieviesies Warmte) en de provincies (Warmterotonde), maar zal ook afhankelijk zijn van de betalingsbereidheid in verschillende sectoren.

Bij de aanleg van warmtenetten drie verschillende knelpunten:

1. Knelpunten met betrekking tot investeringsrisico's.
2. Knelpunten met betrekking tot gemeentelijke en provinciale slagkracht.
3. Knelpunten met betrekking tot de warmtebron.

Knelpunten met betrekking tot investeringsrisico's

De aanleg van een grootschalig warmtetransportnet vraagt forse investeringen waar geen subsidie vanuit de SDE++ voor beschikbaar is. Warmtebedrijven willen voorkomen dat de warmtevraag achterblijft bij de prognoses waarop de transportnetten worden gedimensioneerd (zogenaamde *vollooprisico's*) omdat een investering daardoor onrendabel kan uitpakken. Wanneer vollooprisico's niet kunnen worden gemitigeerd blijft een investering in een warmtenet in de praktijk uit. Omdat niet alleen de glastuinbouw, maar ook andere sectoren aan tafel zitten bij het warmtebedrijf, is een tuinbouwcluster afhankelijk van besluiten in bijvoorbeeld de gebouwde omgeving (en vice versa).

Op dit moment is gebruik van restwarmte voor de meeste tuinders financieel nog onaantrekkelijk (onder ander omdat investeringen in lokale warmte-infra niet vergoed worden uit de SDE++). Ook is de financiering van lokale warmtenetten sterk afhankelijk van de gemeentelijke slagkracht of nog in te vullen flankerend beleid vanuit het Rijk. Op dit moment is er alleen voor grotere transportnetten (WarmtelinQ) een financieringsoplossing gevonden.



Wanneer een tuinbouwcluster uit financiële overwegingen niet wil aansluiten op een warmtenet dat ook andere clusters of de gebouwde omgeving van warmte moet voorzien, vergroot dit de kans dat het warmtenet niet wordt gerealiseerd. Zo ontstaat de kans dat het betreffende cluster in de toekomst, wanneer restwarmte wel relatief voordelig is, niet alsnog kan aansluiten - de hoofdleidingen zijn immers nooit gelegd. Er is dan sprake van een kip-ei situatie: de glastuinbouw wil wachten op het transportnet, het warmtebedrijf dat het transportnet moet realiseren wil wachten op de glastuinbouw.

Knelpunten met betrekking tot flankerend beleid

Om bovenstaande situaties te voorkomen, zouden gemeenten en provincies een grotere rol op zich kunnen nemen en/of is er flankerend beleid nodig vanuit het Rijk. In de praktijk beschikken gemeenten echter nog niet over de daarvoor noodzakelijke slagkracht. Gemeenten en provincies kunnen niet afdwingen dat een warmtenet gerealiseerd wordt, en hebben ook geen mogelijkheid om bewoners in woonwijken te verleiden met subsidies of te prikkelen met heffingen. Bovendien werken veel gemeenten nog aan hun warmtevisie en willen ze zich niet committeren aan nieuwe projecten voordat deze visie is afgerond.

Knelpunten met betrekking tot de warmtebron

Ten slotte bestaan er momenteel nog knelpunten bij het uitkoppelen van warmte: veel bronnen staan op dit moment nog niet te trappelen om restwarmte te leveren. Grotendeel komt dit voort uit het feit dat bedrijven zich niet als energieleverancier zien en niet verantwoordelijk willen worden gehouden voor de leveringszekerheid van restwarmte. Op het moment dat door een technische storing of onderhoudsbeurt de levering van restwarmte stil komt te liggen, willen restwarmtebronnen niet aansprakelijk zijn voor eventuele warmtetekorten bij afnemers. Ook geven betrokkenen in de interviews aan dat bedrijven vaak zullen willen wachten met het aanleggen van een warmtekoppeling tot er groot onderhoud wordt uitgevoerd. Dit kan de aanleg van een warmtenet met jaren vertragen. Industriële bronnen die onder het EU ETS vallen kunnen momenteel wel gratis emissierechten verkrijgen wanneer zij restwarmte leveren aan afnemers die niet onder het EU ETS vallen of wanneer zij leveren aan een warmtenet. Investerings in energie-efficiëntie leiden tot verdringing van restwarmte (of vice versa)²⁷. De genoemde nadelen leiden er nu vaak toe dat industriële bedrijven afzien van restwarmte-uitkoppeling.

Effecten beleid

Binnen EZK wordt momenteel gewerkt aan de wet Collectieve Warmtevoorziening (ook wel de nieuwe Warmtewet of Warmtewet 2.0). De nieuwe Warmtewet is qua scope gelimiteerd tot de gebouwde omgeving en ziet dus niet direct op de glastuinbouw. De nieuwe wet maakt het mogelijk om een onafhankelijk warmtebedrijf (en/of netbeheerder) aan te wijzen voor een kavel²⁸. Het aangewezen warmtebedrijf krijgt de wettelijk taak om een warmtesysteem aan te leggen, te beheren en te onderhouden voor dit kavel. Uitgangspunt is dat dit een geïntegreerd warmtebedrijf is. Het warmtebedrijf moet vervolgens zelf de afweging maken om wel of niet aan de glastuinbouw te leveren.

²⁷ Investerings in vergroening van de brandstof en CCS leiden niet tot een vermindering van restwarmte.

²⁸ Een warmtekavel is een gebied binnen één of meerdere gemeenten waarbinnen waar de gemeente voornemens is te kiezen voor een collectief warmtesysteem als alternatief voor aardgas. Met de nieuwe wet kan ook voor gemeentegrensoverschrijdende netten een concessie worden gegeven.



De nieuwe warmtewet moet een groot deel van de knelpunten rondom gemeentelijke slagkracht en investeringsrisico's gaan verkleinen door transparantie te bieden over de kosten van een warmtenet en tariefstellingen meer te reguleren. Onder andere wordt het niet-meer-dan-anders principe losgelaten (de regel dat collectieve warmte voor afnemers niet duurder mag zijn dan aardgas) om de businesscase van warmtebedrijven ten goede te komen. De ACM zal erop toezien dat de tarieven gebaseerd zijn op een redelijke kosten-calcuatie. Daarnaast moet de nieuwe warmtewet zorgen voor meer duidelijkheid over het al dan niet aansluiten van vraag en aanbod. In de nieuwe warmtewet wordt hiervoor geen regeling opgenomen die het gemeenten mogelijk maakt om bewoners of bedrijven te verplichten zich aan te sluiten op het collectieve warmtesysteem. In plaats daarvan wordt via een uitvoeringsplan (op te stellen door gemeenten) aangegeven op welk (collectief) duurzaam alternatief voor aardgas de wijk(en) overgaan en per wanneer. Daarmee is er dus ook de zekerheid dat men op den duur van het aardgas af moet. Wanneer bewoners niet aangesloten willen worden op het warmtenet, moeten ze een alternatief zoeken dat even duurzaam is. Dit alles neemt niet weg dat collectieve warmtevoorzieningen in de regel duur zijn en dat flankerend financieel beleid nodig zal zijn.

Financiële compensatie is geen onderdeel van de nieuwe warmtewet. Wanneer er niet voldoende financieel flankerend beleid is, zal draagvlak alsnog een probleem worden en kunnen warmtenetten alsnog sneuvelen. De nieuwe warmtewet geeft gemeenten dus een aantal nieuwe instrumenten, maar de financiële slagkracht van lokale overheden en toekomstig flankerend beleid van het Rijk zal uiteindelijk bepalend zijn voor het wegnemen van financiële knelpunten.

Beleid rondom uitkoppelen van warmte

In de nabije toekomst kunnen industriële bedrijven ook dispensatierechten ontvangen onder de nationale CO₂-heffing wanneer ze restwarmte leveren aan de glastuinbouw²⁹. Daarnaast zal in de nieuwe warmtewet een regeling worden opgenomen die ertoe ziet dat het warmtebedrijf formeel verantwoordelijk wordt voor de leveringszekerheid, om het zo aantrekkelijker te maken voor warmtebronnen om te leveren aan een warmtenet. Tevens wordt een zogenaamd 'ophaalrecht' overwogen: het recht voor warmtebedrijven om restwarmte tegen uitkoppelkosten op te halen bij een restwarmtebron. Onze verwachting is dat bovengenoemde beleidsplannen de knelpunten aan de bronkant aanzienlijk kunnen verminderen.

Specifiek infrastructureel beleid

Naast generiek overheidsbeleid op het gebied van warmte-infrastructuur, moet ook worden stilgestaan bij specifiek beleid - met name in de provincie Zuid-Holland. De provincie Zuid-Holland verkent momenteel de mogelijkheden om het overschot aan restwarmte in Rijnmond te transporteren naar gebieden met een hoge warmtevraag. Om dit te bereiken is een grootschalig warmtetransportnetwerk nodig: de Warmterotonde met mogelijke aftakkingen naar Westland en Oostland. De eerste fase van de Warmterotonde is een warmtetransportleiding van Rotterdam Vondelingenplaat naar Den Haag, met eventueel een aftakking naar het Westland. Deze transportleiding wordt WarmtelinQ genoemd en kan restwarmte voor een groot deel van het Westland beschikbaar maken. Gasunie heeft de opdracht gekregen om deze eerste fase van de warmterotonde te ontwikkelen. Omdat exploitatie van het warmtetransportnet bij de huidige warmtetarieven nog niet rendabel is,

²⁹ Dit in tegenstelling tot levering aan stadsverwarmingsnetwerken, waarvoor geen dispensatierechten verkrijgbaar zijn. Wanneer meer dan 75% van de restwarmte geleverd wordt aan stadsverwarming, worden emissies van de betreffende industriële installatie namelijk niet belast; allocatie van dispensatierechten zou daarom tot dubbeltellingen leiden.



heeft het Rijk in 2019 een financiële bijdrage van € 15 miljoen toegezegd ten behoeve van de benodigde investeringen. Om ook de verwachte benodigde (over)dimensionering te bewerkstelligen, is daarnaast nog € 75 miljoen gereserveerd voor de periode 2020-2030. Uit gesprekken met LNV komt naar voren dat zonder deze bijdrage de aftakking naar het Westland waarschijnlijk al van de baan zou zijn geweest. Ook na de genoemde overheids-subsidie blijft het onzeker of de aantakkingen naar het Westland en het Oostland in de toekomst gerealiseerd zullen worden. Uit de interviews blijkt dat aansluiting op de Warmterotonde voor de meeste tuinders nog niet rendabel is: ondanks de combinatie met aardwarmtebronnen blijft warmtelevering via het warmtenet een grote onrendabele top kennen.

4.3.4 Overzicht van knelpunten per techniek

In Tabel 16 is een overzicht weergegeven van de randvoorwaarden en knelpunten per duurzame warmtetechniek. Knelpunten doen zich voornamelijk voor op het gebied van betaalbaarheid en infrastructuur. Op het gebied van beschikbaarheid zijn knelpunten beperkter en vaak locatiegebonden.

Tabel 16 - Randvoorwaarden en knelpunten per techniek

Techniek	Beschikbaarheid	Betaalbaarheid	Infrastructuur
Geothermie	Beschikbaarheid is locatieafhankelijk, op nationale schaal veel beschikbaarheid	Een van de goedkopere opties voor vervanging van de basislast, maar voor de meeste tuinders nog steeds onrendabel (met name door elektriciteits- en CO ₂ -inkoop)	Knelpunten bij aanleg van grootschalige hybride-warmtenetten, zowel bij gemeenten, provincies, investeerders als bron
Restwarmte	Beschikbaarheid is locatieafhankelijk, vestigingsprikkel kunnen bijdragen aan de facto beschikbaarheid	HT-restwarmte is relatief voordelig, LT-restwarmte vereist investeringen in VO en warmtepomp	Vereist collectieve warmte-infrastructuur. Knelpunten bij gemeenten, provincies en investeerders
Kaswarmte/aquathermie	Alleen beschikbaar voor tuinders met nabijgelegen oppervlaktewater of actieve kaskoeling	Momenteel nog erg duur, grote negatieve prikkel door ODE	Kan aangesloten worden op lokaal een warmtenet
Biobrandstoffen	Werkelijk gebruik kan achterblijven bij technische beschikbaarheid vanwege maatschappelijke weerstand	Bio-wkk is een van de goedkopere opties, biomassaketel is duurder	Vereist geen collectieve warmte-infrastructuur



Techniek	Beschikbaarheid	Betaalbaarheid	Infrastructuur
Biogas	Theoretische beschikbaarheid groot, werkelijke beschikbaarheid vermoedelijk klein concurrentie	Vooralsnog erg duur, en bij geraamd aanbod zal prijs naar verwachting hoog blijven	Vereist geen collectieve warmte-infrastructuur
Waterstof	Theoretische beschikbaarheid groot, werkelijke beschikbaarheid vermoedelijk klein door concurrentie	Momenteel niet rendabel en lijkt voor meeste tuinders tot 2040 ook niet rendabel te worden	Vereist geen collectieve warmte-infrastructuur

4.3.5 Duurzame warmte: link met andere sectoren

Voor een betrouwbare en betaalbare warmte-infrastructuur is de link met de sectoren industrie en gebouwde omgeving van cruciaal belang. Ook niet-industriële restwarmtebronnen zoals datacenters zijn relevante partijen voor de glastuinbouw. Bij het gebruik van beschikbare restwarmte en geothermie is de glastuinbouw een directe concurrent van de gebouwde omgeving. Tegelijkertijd is de gebouwde omgeving ook een mogelijke partner: investeringsrisico's en transportprijzen zullen afnemen wanneer meer partijen zich inschrijven voor gebruik van een warmtetransportnet en vaste kosten over een groot aantal gebruikers kan worden omgeslagen (schaalvoordelen). Bij gebruik van biobrandstoffen en waterstof zal de glastuinbouw naast de gebouwde omgeving ook moeten concurreren met andere sectoren zoals industrie en mobiliteit. Naar verwachting zal dit prijzen opdrijven waardoor de businesscase verslechterd. Door CO₂-uitstoot in zoveel mogelijk sectoren uniform te beprijzen (evenals de glastuinbouw) zullen deze warmte-opties ook voor tuinders aantrekkelijker worden.

4.4 Randvoorwaarden en knelpunten verduurzaming elektriciteit

Om de inkoop van elektriciteit te stimuleren zijn de volgende randvoorwaarden nodig: infrastructuur, betaalbaarheid en beschikbaarheid.

4.4.1 Infrastructuur

Een belangrijke randvoorwaarde is dat de elektriciteitsinfrastructuur voldoende capaciteit heeft om de vraag te vervullen. Gebieden waar de huidige infrastructuur niet voldoende capaciteit heeft om de verdere toepassing van elektriciteit te realiseren kan leiden tot een knelpunt. De netcapaciteit verschilt sterk per regio³⁰. Zo is het elektriciteitsnet in de landelijke dunbevolkte gebieden niet berekend op grote pieken. Dankzij de goedkope grond en beschikbare ruimte willen grootschalige zonneparken zich vaak daar vestigen en doen daarmee een groot beroep op het net bij het transporteren van de pieken in opgewekte zonnestroom. Indien meerdere grote producenten van duurzame energie in dezelfde regio op het net willen kan het leiden tot risico op overbelasting. Andersom zal ook bij

³⁰ Een voorbeeld is Bommelerwaard en West-Betuwe, waar de komende jaren uitbreiding van de netcapaciteit noodzakelijk is.

Clustergewijze overstap (per regio) naar collectieve warmte een grote gelijktijdige piekvraag kunnen ontstaan die op dit moment niet gefacilieerd kan worden door de netbeheerders.

In andere regio's zorgt de snelgroeiende vraag door datacentra en elektrificatie in energie-intensieve sectoren ervoor dat het net niet snel genoeg verzwakt kan worden om te voldoen aan alle vraag die er is. CE Delft (CE Delft, 2019; CE Delft, 2021d) benadrukt bijvoorbeeld in de systeemstudie voor Noord- en Zuid-Holland dat knelpunten kunnen optreden in de elektriciteitsnetten. In Zuid-Holland zijn twee grote glastuinbouwgebieden, het Westland en het Oostland. Dit zijn gebieden waar voornamelijk vraagknelpunten op gaan treden in de elektriciteitsnetten. In deze gebieden ontstaan in alle scenario's knelpunten op de koppelpunten door toename van de elektriciteitsvraag van de glastuinbouw. Deze studie constateert dat in scenario's zonder elektrificatie voor verwarming, er alleen al door een toename van verlichting in de glastuinbouw verzwaring van netten noodzakelijk is.

Effecten beleid

Er is verschillend beleid vanuit de overheid dat zich richt op de ontwikkeling en het in kaart brengen van de knelpunten van de infrastructuur (zie onderstaand tekstkader). Dit beleid zorgt ervoor dat er een beter beeld ontstaat van de (mogelijke) knelpunten in de toekomst. De netbeheerders kunnen hierop versneld inspelen en ervoor zorgen dat de capaciteit in de desbetreffende gebieden wordt opgehoogd. Hierin wordt ook rekening gehouden met schaalprongen die nodig zijn voor het inpassen van transitie. Het is moeilijk in te schatten welk effect dit zal hebben op genoemde knelpunten en of dit betekent dat de gesignaleerde knelpunten in voldoende mate worden weggenomen.

Tekstbox 5 - Infrastructureel beleid

Er is verschillend beleid vanuit de overheid dat zich richt op de ontwikkeling en het in kaart brengen van de knelpunten van de infrastructuur. Zo richten de RES-regio's zich op hernieuwbare elektriciteit op land, duurzame bronnen, energie-infrastructuur en opslag voor de gebouwde omgeving. In de RES'en wordt ook input geleverd vanuit de glastuinbouwgemeenten. Het Programma Energiehoofdstructuur brengt de benodigde ontwikkeling van het hoofdenersysteem voor 2020 en 2050 in kaart. Ook in dit programma wordt de behoefte van de glastuinbouwsector meegenomen. De Taskforce Infrastructuur Klimaatakkoord Industrie bekijkt de knelpunten en potentiële oplossingen bij de infrastructuur voor waterstof, elektriciteit, CO₂, stoom en warmte. In het Meerjarenprogramma Infrastructuur Energie en Klimaat (MIEK) worden afspraken gemaakt over projecten die van nationaal belang zijn voor het nationale energiesysteem. Het MIEK is samen met de voorgestelde Cluster en Energiestrategieën (CES) uit TIKI en een veilige plaats voor het uitwisselen van bedrijfsvertrouwelijke gegevens tussen industrie en infrabedrijven (safehouse) van belang bij de coördinatie en versnelling van besluitvorming. Het nationaal Programma Infrastructuur Duurzame Industrie (PIDI) ondersteunt dit proces. In de Rijkvisie marktontwikkeling voor de energietransitie wordt ingegaan op de ordening, regulering en bekostiging van nieuwe warmte-, waterstof- en CO₂-infrastructuur waarbij rekening wordt gehouden met de implicaties en de ruimtelijke impact.

4.4.2 Betaalbaarheid

De afweging tussen wkk en inkoop van elektriciteit wordt bepaald door een aantal financiële factoren. Op de eerste plaats zijn dat de marktprijzen van gas en elektriciteit. Ten tweede hebben ook fiscale en financiële 'heffingen', zoals fiscale regelingen en nettarieven, hierop invloed.

De lage gasprijs en het verschil tussen de marktprijs van elektriciteit en de kosten van het gas dat gebruikt wordt voor de productie van elektriciteit (*spark spread*) zorgen voor een gunstig bedrijfseconomisch perspectief van de wkk-installatie. Dit maakt het voor andere technieken lastig om te concurreren. De marktprijs van elektriciteit bestaat uit de leveringsprijs, transportkosten en heffingen. De transport- en netwerkkosten maakt een groot deel van de rekening uit³¹.

De gunstige verhouding van de gasprijs ten opzichte van de elektriciteitsprijs wordt deels veroorzaakt door de huidige EB-tarieven. Elektriciteit wordt per ton CO₂ zwaarder belast dan aardgas. Daarnaast kunnen alle wkk's met een elektrisch rendement van minimaal 30% gebruik maken van de inputvrijstelling aardgas voor elektriciteitsopwekking in combinatie met vrijstelling voor wkk-energie voor eigen verbruik.

De gunstige verhouding wordt versterkt door de maatvoering van de ODE-tarieven in 2020. Er is geen prikkel tot elektrificatie tot en met de derde schijf voor elektriciteit (omgerekend 36.000 GJ verbruik). Tot dit verbruik wordt elektriciteit door de ODE per kg CO₂ zwaarder belast dan aardgas. Deze prikkel bestond al voor 2020, maar is versterkt door de tariefsverhogingen van de ODE in 2020 als gevolg van de lastenverschuiving van huishoudens naar bedrijven (van 50-50% naar 33,3-66,6%).

De nettarieven worden bepaald door de netbeheerder en is een tarief die betaald wordt om de energie bij de gewenste locatie te krijgen. De nettarieven worden door de energieleverancier gefactureerd en stort dit bedrag door naar de netbeheerders. De netbeheerders hebben een natuurlijke monopolie en zijn onderworpen aan tariefregulering. De ACM stelt jaarlijks maximumtarieven voor de netbeheerders vast die de netbeheerders in rekening mogen brengen voor de aansluiting en het transport van elektriciteit. De verwachting is dat de tarieven de komende jaren, als gevolg van investeringen in duurzame elektriciteit en betrouwbaarheid van het net, zullen stijgen.

Effecten beleid

De effecten van voorgenomen beleid uit het Klimaatakkoord zijn beperkt. De voorgenomen schuif van energiebelasting van elektriciteit naar gas heeft alleen betrekking op de eerste schijf. Deze is nauwelijks relevant voor tuinders die een switch willen maken van hun wkk naar een grotere inkoop van elektriciteit (uit hernieuwbare bronnen). Hier zullen met name de effecten in de derde schijf elektriciteit terecht komen. Voor deze derde schijf is er geen voorgenomen beleid. Er is op dit moment geen beleid om het effect in de hogere schijven aan te passen.

4.4.3 Beschikbaarheid

Om de verduurzaming van de glastuinbouwsector te realiseren is een toename van (duurzame) elektriciteit noodzakelijk. Idealiter is er voldoende groene stroom beschikbaar. Echter, onvoldoende aanbod van groene elektriciteit kan geen reden zijn om de energietransitie in de glastuinbouw te vertragen. De elektriciteit wordt niet als Scope 1-emissies gezien (dus telt niet mee voor de emissies van sector). Toch geldt ook hier de wens om zoveel mogelijk elektriciteit uit hernieuwbare bronnen te betrekken.

Aangezien het overgrote gedeelte van elektriciteit wordt ingekocht is het van belang dat er voldoende aanbod van groene stroom bij de energieleveranciers moet zijn. Het totale

³¹ De transportkosten worden bepaald door de netbeheerder en de heffingen, energiebelasting (EB) en Opslag Duurzame Energie (ODE), worden volledig bepaald door de overheid.



aanbod van hernieuwbare elektriciteit was in 2019 bijna 19% van de totale productie. Naar verwachting neemt het aandeel van duurzame elektriciteit toe tot 45% in 2030 (330 PJ). Ook de marginale CO₂-emissiefactor neemt in de loop der tijd af van 0,56 kg CO₂/kWh in 2018 naar 0,28 kg CO₂/kWh in 2030. De gemiddelde CO₂-emissiefactor neemt in dezelfde periode naar verwachting af van 0,43 naar 0,12 kg CO₂/kWh. Met het omvangrijke aanbod en een goed werkende markt voor groene stroom voor alle afnemers in Nederland bestaat hier geen beschikbaarheidsissue.

Tabel 17 - Aanbod van elektriciteit (PBL, 2020e)

Productie (PJ)	2019	2025	2030
Aardgas	256	199	165
Kolen	63	64	0
Overig fossiel	14	14	14
Nuclear	14	14	13
Overig	9	9	9
Totaal hernieuwbaar	81	249	330
Waarvan wind	41	163	235
Waarvan zon	19	61	85
Waarvan biomassa	20	26	10
Totale productie	437	550	530

Effecten beleid

De meerkosten van hernieuwbare opwek worden op dit moment vergoed vanuit de SDE+(+). Ook zijn er reeds in Nederland subsidievrije windparken op zee die een bijdrage leveren aan hernieuwbare opwek. De Rijksoverheid geeft de kavels uit met tenders, waarin windpark-ontwikkelaars met elkaar concurreren om de vergunning.

De Energiewet richt zich vooral op voorwaardenscheppend-beleid. Zo wordt er gekeken naar de mogelijkheid van flexibele nettarieven om hybride opties te ondersteunen. Op het gebied van flexibilisering wordt er vooral beleid ingezet op het wegnemen van belemmeringen, bijvoorbeeld een dubbele heffing van de energiebelasting bij batterijopslag. Er wordt alleen een faciliterende prikkel vanuit de overheid gegeven. Er is geen beleid voor financiële ondersteuning van de flexmarkt. De verwachting is dat de markt hiertoe prikkels gaat geven. Er zijn vooralsnog geen plannen om dit te wijzigen.

4.4.4 Link met andere sectoren

Bij de transitie naar een CO₂-neutrale samenleving zal elektriciteit in sectoren zoals mobiliteit, industrie, gebouwde omgeving en glastuinbouw een steeds grotere rol gaan spelen. De elektriciteitsvraag zal op termijn gaan stijgen als gevolg van elektrificatie.

Aangezien de glastuinbouw vooral inzet op de inkoop van elektriciteit (de eigen opwekmogelijkheden van duurzame elektriciteit zijn relatief beperkt), ligt de opgave van de opwek grotendeels buiten de sector. Ook de wkk-installaties blijven nog een rol spelen. De totale productie van elektriciteit uit wkk-installaties in de landbouwsector was 39 PJ in 2019 (PBL, 2020e). De productie uit eigen opwek zal in 2030 afnemen naar 30 PJ, maar dus naar verwachting nog steeds een rol blijven spelen. Geconstateerd is echter dat het CO₂-efficiencyvoordeel zal afnemen richting 2030.

Het grootschalig gebruik van wkk in de glastuinbouw heeft ook effect op het functioneren van de elektriciteitsmarkt. Wkk's in de glastuinbouw produceerden in 2019 meer dan 10 TWh aan elektriciteit - gelijk aan zo'n 10% van de nationale productie. Hiervan werd 56% verkocht aan het net en 44% gebruikt voor de eigen elektriciteitsvoorziening (WEcR, 2020). De glastuinbouw is daarmee een aanzienlijke speler op de elektriciteitsmarkt. Omdat wkk's bovendien flexibel kunnen worden ingezet, zouden ze in de toekomst flink kunnen bijdragen aan de leveringszekerheid (denk aan momenten waarop de zon niet schijnt en het niet waait). Voor een klimaatneutrale flexoptie zal achter de brandstof wel moeten vergroenen richting 2040 (biogas) .

Tegelijkertijd kleven er ook nadelen aan de grote rol van wkk's in onze elektriciteitsvoorziening. Allereerst leiden wkk's – ondanks hun efficiëntie – tot de uitstoot van broeikasgassen. Over de CO₂-emissies die vrijkomen bij het opwekken van elektriciteit met een wkk wordt bovendien op dit moment geen directe prijs betaald binnen de glastuinbouw³². Andere grote elektriciteitsproducenten vallen in de regel onder het EU ETS en betalen dus wel voor hun CO₂-emissies. En groot deel van de wkk-installaties in de industrie valt onder het EU ETS³³.

Tuinders kunnen hun opgewekte elektriciteit daarom onder de gemiddelde marktprijs van de centrales van stroom verkopen. Het gevolg van de lagere marktprijs is een slechtere businesscase voor duurzame energieleveranciers; zij zullen gecompenseerd moeten worden met hogere subsidiebedragen vanuit de SDE++. De afwezigheid van een CO₂-prijs in de glastuinbouw leidt zo tot grotere overheidsuitgaven die voor een deel bij de burger neer zullen komen. Daarnaast maakt grootschalig gebruik van flexibele wkk's in de glastuinbouw het moeilijk voor duurzame flex om de markt te betreden. Dit kan in de toekomst leiden tot grotere uitgaven aan netstabiliteit en leveringszekerheid. Op dit moment heeft het elektriciteitspark nog een relatief hoge CO₂-emissiefactor en kent wkk-gebruik een CO₂-voordeel. Dit argument om bovengenoemde marktverstoring toe te staan zal echter richting 2030 komen te vervallen wanneer het CO₂-voordeel van wkk's verdwijnt. Uit de interviews is naar voren gekomen dat de verwachting is dat andere technieken, zoals elektrische boilers en warmtepompen, een grotere rol gaan spelen op de flexmarkt in de periode tot 2040.

4.5 Randvoorwaarden en knelpunten verduurzaming CO₂-voorziening

De externe CO₂ kan worden ingezet als vervanging van de zomerstook. Daarnaast speelt de externe CO₂-levering een rol bij de verduurzaming van belichte teelten. Wanneer belichte teelten volledig overstappen op duurzame warmtebronnen is er ook een CO₂-behoefte in de winter. Om een toename van externe CO₂ te realiseren zijn er verschillende randvoorwaarden nodig:

- een goede beschikbaarheid;
- een betaalbare CO₂-levering vanuit industrie en afvalverbrandingssector;
- opschaling CO₂-infrastructuur.

4.5.1 Beschikbaarheid

Op dit moment vindt ruim 0,5 Mton CO₂-levering aan de glastuinbouw plaats via het OCAP-netwerk (met Linde Gas als aandeelhouder) in West-Nederland. De twee grootste producenten van CO₂ in het OCAP-netwerk zijn een Shell raffinaderij en een bioraffinaderij

³² Het sectorsysteem is hierbij buiten beschouwing gelaten.

³³ Het criterium hiervoor is dat de inrichting waar de installaties staan in totaal een thermisch ingangsvermogen hebben van meer dan 20 MW. Het meeste industriële vermogen valt hieronder. Kleinere installaties in industrie en gebouwde omgeving kunnen buiten het EU ETS vallen.



van Alco, waarbij Shell wel onder het EU ETS valt en Alco niet. Naast Linde zijn er ook andere bedrijven actief op het gebied van externe CO₂-levering, namelijk Air Liquide, Nippon, Air Products, EPG, Messer en SOL. In de huidige markt bieden deze aanbieders 1,5 Mton CO₂ aan diverse soorten afnemers, waaronder tuinders. Onderstaande tabel geeft de verdeling over verschillende sectoren weer.

Tabel 18 - Afnemers van externe CO₂ (2020)

Sector	Mton
Glastuinbouw	0,7 Mton
Export	0,4 Mton
Voedingsmiddelenindustrie	0,2 Mton
Overig	0,2 Mton

Bron: (Royal HaskoningDHV, 2020).

Vraagontwikkeling

De glastuinbouw heeft een vraag van 1,8 tot 3,0 Mton CO₂ in 2030 (WEcR, 2019), om de overstap te kunnen maken naar duurzame warmte. Op termijn gaat, in het kader van de transitie, de voorkeur uit naar biogene CO₂. De glastuinbouw is daarmee afhankelijk van de CO₂-levering van externe bronnen zoals de industrie, afvalenergiecentrales en biogasinstallaties.

Naar verwachting zal de glastuinbouwsector de belangrijkste afnemer zijn van de CO₂ en zal dit afnamesegment verder toenemen. Het belang van CO₂ (in vloeibare vorm) voor de voedingsmiddelenindustrie zal stabiliseren; deze behoefte wordt al gedekt en zal naar verwachting niet verder groeien. Tenslotte kunnen ook nieuwe CO₂-markttoepassingen verwacht worden. CO₂ kan worden ingezet voor hoogwaardige toepassingen, bijvoorbeeld in de bouwsector, chemie en duurzame brandstoffen. Afgevangen CO₂ kan in combinatie met groene waterstof bijdragen aan de ontwikkeling van synthetische grond- en brandstoffen. Dat biedt de mogelijkheid om negatieve emissies te realiseren. De hoeveelheden hiervan zijn echter nog onbekend, en zijn niet meegenomen in deze analyse vanwege de onzekerheid.

Aanbodontwikkeling

Het aanbod van biogene CO₂-bronnen is divers, zowel in enkele grote bronnen als diverse kleine bronnen. In 2019 is de CO₂-emissie van biogene bronnen opgelopen naar 15,6 Mton. Het grootste gedeelte, 8,3 Mton, is afkomstig uit de energiesector (bijstook kolencentrales en AVI's), gevolgd door de industrie (2 Mton) en vervoer (1,8 Mton). De overige 3,5 Mton is afkomstig uit overige sectoren, zoals gebouwde omgeving en landbouw. In totaal zijn er zeker tientallen biogene CO₂-bronnen geschikt voor afvang (interviews). Het beeld dat uit de interviews naar voren komt is dan ook dat er geen sprake is van een schaarse markt en dat bij voldoende bereidheid tot betalen is vanuit diverse afnemende partijen er een goed, gevarieerd aanbod te verwachten is aan externe CO₂³⁴. Er is overigens al een bereidheid tot betalen omdat tuinders gas uitsparen als zij de CO₂ extern inkopen.

³⁴ Natuurlijk is dit afhankelijk van de omvang van de vraag en merit order van CO₂-bronnen. De kosten van de marginale bron zullen naar verwachting rond de 80 €/ton afgevangen CO₂ liggen (AVI).

Royal HaskoningDHV (2020) heeft de toekomstige markt van externe CO₂ voor 2030 in kaart gebracht. Hierin wordt gesteld dat de AVI's voor de productie plannen hebben van in totaal 1,2 Mton. De biogasinstallaties kennen een potentieel aanbod van 1,8 Mton. Hiermee zou in principe de vraag vanuit de glastuinbouw gedekt zijn, zij het dan dat de biogasinstallaties waar je CO₂ kunt afvangen nog wel gerealiseerd moeten worden.

Voor het bereiken van dit technisch potentieel aan CO₂-bronnen zijn echter coördinatie en tijdige investeringen nodig bij met name afvalverbrandingsinstallaties. Belangrijk is dat de opties tijdig beschikbaar komen zodat tuinders in de periode 2020-2030 de overstap kunnen maken. Aandachtspunt hierbij is wel de langere investeringstermijnen voor technische implementatie van CO₂-afvangtechnieken bij CO₂-bronnen. Het planningstraject en de bouw van een afvanginstallatie bij bronnen die dat nog niet hebben vergt een relatief lange periode. Vaak wordt dit ook afgestemd op de planning van groot onderhoud.

Samenvattend dienen zich geen *volumeknelpunten* aan op de CO₂-markt, en zal er voldoende aanbod tot 2030 op de markt kunnen komen. Om de technische bronnen ook tijdig te kunnen ontsluiten is coördinatie tussen afvang, transport en afname door de tuinders noodzakelijk. Dat vereist ook een goede coördinatie tussen verschillende partijen in de CCU-keten.

Effecten van beleid

Generiek beleid kan op verschillende manieren impact hebben op de beschikbaarheid van CO₂. Beleid dat invloed heeft op de concurrentie tussen CCS en CCU (zoals EU ETS en de CO₂-heffing voor de industrie) spelen hier een belangrijke rol. Het stimuleren van CCS kan leiden tot verdringing van CCU waardoor het aanbod afneemt. Beleid gericht op verbetering van financiële randvoorwaarden en infra wordt in de volgende paragrafen behandeld, en vormt een belangrijke driver om tot voldoende aanbod van CO₂ te komen.

4.5.2 Betaalbaarheid

Op het moment dat glastuinders daadwerkelijk overstappen naar duurzame warmtebronnen in combinatie met hergebruik van CO₂ van afvalenergiebedrijven, hoeven zij geen aardgas meer te stoken. De prijs van extern geleverde CO₂ zal grotendeels op deze vermeden gaskosten voor opwek van CO₂ gebaseerd zijn³⁵. Dit om de businesscase voor uitbreiding van CO₂-levering aan een tuinder sluitend te maken en deze te prikkelen over te stappen op externe CO₂. De prijs van extern geleverde CO₂ zal voorts afhangen van de transportafstand van de bron naar de locatie en daarmee van de ligging van het tuinbouwgebied³⁶. Dat maakt levering via pijpleiding vooral aantrekkelijk in Noord en Zuid-Holland. De kosten van transport zijn het laagst als zoveel mogelijk bronnen en afnemers op één netwerk worden aangesloten.

De markt voor CO₂ wordt gekenmerkt door verschillende aanbieders en afnemers (eindgebruikerstoepassingen). CO₂ kan daarbij in principe vanaf 2024 geleverd worden aan CCU (toepassing glastuinbouw) en CCS (afvang en opslag van CO₂). Porthos en Athos zijn investeringsprojecten gericht op CCS.

³⁵ PBL berekent het correctiebedrag (in de vorm van vermeden gaskosten) op € 99 per ton CO₂.

³⁶ Naast uitbreiding van onder andere OCAP om gasvormige CO₂ te transporteren zijn er ook mogelijkheden om CO₂ af te vangen uit rookgassen van afvalenergiecentrales en deze in vloeibare vorm via vrachtauto's naar de tuinders te transporteren.



Effecten beleid

De EUa-prijs voor het kopen van CO₂-emissierechten beïnvloedt de vraag naar CO₂ van specifieke toepassingen die leiden tot de geborgde emissiereductie binnen het EU ETS. In 2021 komt mogelijk ook SDE++ beschikbaar voor levering van CO₂ aan de glastuinbouw met verschillende categorieën. De SDE++ beoogt de onrendabele top van CCU te overbruggen. Daarmee kan in principe voldaan worden aan de basisrandvoorwaarde van een betaalbare levering van CO₂ aan de glastuinbouw en kan er ook een grotere markt voor CO₂ levering aan de glastuinbouw ontstaan.

Externe CO₂-levering aan de glastuinbouw vanuit een ETS-bedrijf telt binnen het EU ETS-systeem niet mee als een CO₂-reductie. Indien een ETS-bedrijf CO₂ uit fossiele bronnen aan tuinders levert, moet het bedrijf voor deze emissies nog altijd EU ETS rechten inleveren. De CO₂-heffing in de industrie zorgt, vanwege de vrijstelling, tevens voor een stimulans voor CCS. Beide beleidsinstrumenten zorgen er dus voor dat het voor de industrie aantrekkelijk wordt om CO₂ uit fossiele bron op te slaan in CCS.

Dit geldt niet voor de CO₂ uit biogene oorsprong uit een AVI, aangezien dit niet wordt belast met de CO₂-heffing³⁷. Echter hier geldt dat het ongelijke seizoenspatroon in de CO₂-behoefte van een tuinder de businesscase voor een optimale afvanginstallatie eerder moeilijker maakt dan wanneer de afvang uitsluitend wordt ingezet ten behoeve van CCS. Hierdoor kan de benuttingsgraad van de afvanginstallatie worden geoptimaliseerd, terwijl bij CCU altijd naar alternatieve afnemers in de winter moet worden gezocht. In sommige gevallen is ook een combinatie van CCS en CCU mogelijk.

Door inzet van verschillende instrumenten om CO₂ te beprijsen (CO₂-heffing industrie, EU ETS) worden combinaties van gebruikers en eindgebruikerstoepassingen op verschillende manieren beprijsd. Het ontbreken van een gelijke beprijzing betekent dat de markt voor CO₂ wordt verstoord en dat sommige eindgebruikerstoepassingen 'een hogere willingness to pay' kennen voor externe CO₂ dan andere sectoren. Toekomstige toepassingen als bio-CCS³⁸ (negatieve emissies) kunnen belangrijke concurrerende toepassingen vormen. Indien waardering van met extra credits (bijvoorbeeld in EU ETS) plaatsvindt kan aanbod wegzuigen richting CCS, zonder een goede oplossing voor waardering CCU³⁹. Dit krachtenveld kan, bij onvoldoende aanbod voor tuinders, leiden tot een hogere prijs voor het gebruik van CO₂ in de glastuinbouw.

4.5.3 CO₂ -infrastructuur

Om de externe CO₂ betrouwbaar en efficiënt te kunnen transporteren is verdere uitbreiding van het CO₂-netwerk noodzakelijk, zodat enerzijds meer bronnen worden aangesloten en de continue levering gegarandeerd kan worden en anderzijds ook meer afnemers aangesloten kunnen worden zodat zij de transitie naar warmte-alternatieven kunnen inzetten. Als het aanbod van externe CO₂ toeneemt moet de infrastructuur worden opgeschaald en uitgebreid. Uitbreiding van de huidige CO₂-infrastructuur is zonder subsidie echter niet direct commercieel exploiteerbaar. Er zal daarom gekeken moeten worden wanneer, vanuit

³⁷ AVI's vallen ook niet onder ETS.

³⁸ Bio-energie gecombineerd met CO₂-afvang en -opslag wordt BECCS genoemd (Bio-Energy with Carbon Capture Storage). BECCS geldt leidt tot negatieve emissies en geldt als een belangrijke manier om actief CO₂ uit de atmosfeer te verwijderen.

³⁹ Op dit moment liggen er geen concrete beleidsvoorstellen voor extra credits; noch in de ETS-richtlijn noch in Nederlandse voorstellen voor CO₂-heffing.



maatschappelijk perspectief, het wel of juist niet efficiënter is om transport per vrachtwagen te realiseren.

In West-Nederland wordt externe CO₂ via de OCAP-leiding getransporteerd van de industriële bronnen naar de glastuinbouwsector. Door pijplevering kunnen aanzienlijke netwerkvoordelen worden gerealiseerd. In andere tuinbouwclusters moet een lokaal netwerk uitkomst bieden, in directe verbinding met een lokale bron. In resterende delen in het land zullen de schaalvoordelen door het ontbreken van ruimtelijke clusters beperkt zijn en zal externe CO₂ per vrachtwagen of per schip de enige optie vormen.

Aangezien de behoefte aan CO₂ vooral in het groeiseizoen aan de orde is, ligt het voor de hand daarbij ook naar een koppeling te zoeken met CO₂-opslagprojecten Porthos en Athos waarbij de CO₂ uit de industriële bronnen gedurende de winter kunnen worden opgeborgen in lege aardgasvelden onder de Noordzee. De combinatie van toepassingen van CCS en CCU biedt flexibiliteit voor het fluctuerende jaarpatroon en geeft de mogelijkheid tot het optimaal benutten van dure afvangtechnologieën bij (groene) CO₂-bronnen. Een versterking van de koppeling tussen de havengebied in Amsterdam en Rotterdam en de glastuinbouw in Noord-Holland respectievelijk Zuid-Holland kan hierbij als strategisch worden aangemerkt.

Effecten van beleid

Binnen het huidige beleid zijn er zowel capex als opex-subsidies beschikbaar voor uitbreiding van CO₂-infrastructuur. CAPEX-subsidies zijn echter incidenteel. Regionale overheden (provincie Noord-Holland) en gemeentes (Haarlemmermeer) hebben ook financieel bijgedragen aan uitbreiding van de OCAP-leiding naar tuinbouwgebied Primavera (Haarlemmermeer) en kassen rond Aalsmeer. De SDE++-basisbedrag bevat kosten voor gasvormig en vloeibaar transport en opslag van CO₂ in het basisbedrag. Niet meegenomen in de kosten voor bepaling van de basisbedragen zijn de kosten voor een CO₂-transportleiding (vergelijkbaar met OCAP).

4.5.4 Link met andere sectoren

Voor een betrouwbare en betaalbare levering van externe CO₂ is de link met sectoren industrie en afvalverbranding van belang. Voorts constateren we dat door *uitbreiding* van het CO₂-prijssignaal in deze sectoren er een risico is dat een betaalbare CO₂ niet meer beschikbaar is voor de glastuinbouw. Dit kan ertoe leiden dat de CO₂-prijs voor levering aan de glastuinbouw toeneemt. Oplossingsrichtingen liggen zowel in de vraagkant als de aanbodkant. Het beprijzen van CO₂-emissies in de glastuinbouw is aan de vraagkant een optie om dit speelveld meer gelijk te trekken en te voorkomen dat CO₂ naar andere gebruikstoepassingen verdwijnt. Aan de aanbodkant is het zorgen voor een goede regeling om CCU te combineren met CCS (zowel een fysieke koppeling met Porthos/Athos, als de administratieve verevening) een sleutelement.

4.6 Conclusie

In dit hoofdstuk is een marktanalyse uitgevoerd van de verschillende relevante markten voor een tuinder (warmte, CO₂ en elektriciteitsmarkt) om de stap te maken naar een alternatieve warmtevoorziening. Geanalyseerd is of er knelpunten optreden vanuit beschikbaarheid, betaalbaarheid en noodzakelijke infrastructuur. Daarbij is tevens in beeld gebracht in welke mate het beleid inclusief voorgenomen (generieke) maatregelen uit het Klimaatakkoord en sectortafels uit Hoofdstuk 3 deze knelpunten wegneemt. Tabel 18 presenteert het overzicht van deze analyse.

Tabel 19 - Overzicht van knelpunten uit de marktanalyse

	Type	Randvoorwaarde	Gesignaleerde knelpunten
Energiebesparing	Beschikbaarheid	Om energiebesparing te realiseren is (door)ontwikkeling en uitrol van verschillende technieken vereist	<ul style="list-style-type: none"> – veel besparingstechnieken hebben zich bewezen; – commerciële toepassing van nieuwe teelttechnieken in combinatie met besparing (en alternatieve warmte) is een aandachtspunt.
	Betaalbaarheid	Geen meerkosten	<ul style="list-style-type: none"> – zowel in de vroege marktintroductie en brede uitrol worden op dit moment subsidieregelingen (MEI en EG) ingezet; – adoptie van nieuwe technieken is ondanks de MEI en EG nog niet altijd betaalbaar.
Warmte	Beschikbaarheid	Voldoende beschikbaarheid CO ₂ -vrije warmte	<ul style="list-style-type: none"> – knelpunten zijn vooral lokaal of regionaal van aard (geothermie, restwarmte); – technisch potentieel van verschillende lijkt afdoende om gehele warmtevraag te dekken.
	Betaalbaarheid	Geen meerkosten ten opzichte van conventionele voorziening	<ul style="list-style-type: none"> – de verschillende technieken kennen een grote onrendabele top; – huidig beleid heeft vaak een beperkt (CO₂-sectorsysteem) of negatief (ODE) effect op verduurzamingsprikkel; – verduurzaming van de warmtevoorziening brengt in de regel hogere kosten voor elektriciteit en CO₂ met zich mee.
	Infrastructuur	Netwerken voor de uitwisseling van warmte in alle glastuinbouwclusters.	<ul style="list-style-type: none"> – bij de aanleg van benodigde warmteinfrastructuur spelen nog knelpunten met betrekking tot investeringsrisico's, gemeentelijke slagkracht en uitkoppeling van bronnen; – vanuit het Rijk is er onlangs veel nieuw beleid in gang gezet (TIKI, PIDI, RES, Programma Energiehoofdstructuur, Rijksvisie marktontwikkeling voor de energietransitie) dat deze knelpunten moet verhelpen; – aangezien het nog onduidelijk is in hoeverre dit ingezette beleid deze knelpunten wegneemt, is deze randvoorwaarde als mogelijk knelpunt beoordeeld.
Elektriciteit	Beschikbaarheid	Voldoende beschikbaarheid CO ₂ -vrije stroom	<ul style="list-style-type: none"> – uit de analyse volgen geen beschikbaarheidsissues voor hernieuwbare stroom. Het aandeel van stroom uit hernieuwbare bronnen is voor alle afnemers in ruime mate beschikbaar en zal richting 2030 gestaag toenemen.

	Type	Randvoorwaarde	Gesignaleerde knelpunten
	Betaalbaarheid	Inkoop moet aantrekkelijk zijn ten opzichte van wkk	<ul style="list-style-type: none"> – elektriciteitsinkoop is op dit moment financieel onaantrekkelijk door de gunstige spark spread; – daarnaast slaat de fiscale behandeling (EB en ODE) van gas en elektriciteit in het nadeel van elektriciteitsinkoop uit. – de disbalans tussen gas en elektriciteit wordt onvoldoende aangepakt door de schuif van elektriciteit naar gas in het Klimaatakkoord.
	Infrastructuur	Netwerkcapaciteit voor elektrificatie op orde	<ul style="list-style-type: none"> – Gebieden waar de huidige infrastructuur niet voldoende capaciteit heeft om de verdere toepassing van elektriciteit te realiseren kan leiden tot een knelpunt. De netcapaciteit verschilt sterk per regio. – Gelijkijdige overstap (clustergewijs) op elektrificatie kan problematisch zijn voor regionale elektriciteitsnetten. – Op lange termijn zullen in gebieden in Zuid-Holland knelpunten ontstaan in alle netscenario's door toename van de elektriciteitsvraag van de glastuinbouw. – We hebben dit als mogelijk knelpunt aangemerkt omdat dit niet voor elke regio speelt en mogelijkheden van tijdige netverzwaring verschillen per regio en ook onderdeel zijn van RESsen. – De urgentie hiervan in gebieden waar het wel speelt is echter groot.
Externe CO ₂	Beschikbaarheid	Voldoende CO ₂ van externe bronnen beschikbaar voor alle glastuinbouwbedrijven.	<ul style="list-style-type: none"> – Langetermijnbeschikbaarheid lijkt voor (biogene) CO₂ geen probleem op basis van vraag- en aanbodvolumes CO₂. Aandachtspunten zijn: <ul style="list-style-type: none"> • timing en coördinatie van aansluiting van bronnen is nodig om de overstap op tijd te kunnen maken; • koppeling CCS en CCU ten behoeve van flexibiliteit en discontinue vraagprofiel tuinders. – korte termijn kunnen leveringsissues ontstaan indien bepaalde ETS-bronnen meer gaan leveren aan CCS. – op langere termijn kunnen leveringsissues ontstaan als bio-CCS wordt gewaardeerd met dubbele credits.
	Betaalbaarheid	Geen meerkosten ten opzichte van conventionele voorziening	<ul style="list-style-type: none"> – Ongelijkheid van beprijzing (ETS en CO₂-heffing) van CO₂ kan betekenen dat levering aan CCS aantrekkelijker wordt. Het risico is dat de prijs van extern

	Type	Randvoorwaarde	Gesignaleerde knelpunten
			geleverde CO ₂ aan glastuinbouw omhoog gaat ⁴⁰ . <ul style="list-style-type: none"> – De kosten voor CO₂ gaan stijgen door concurrerende vraag mede als gevolg van beleid (zie vorige bullit). Daarmee wordt het verschil met het fossiele alternatief groter.
	Infrastructuur	Uitbreiding in clustergebieden noodzakelijk, overige gebieden tankwagenvervoer een optie	<ul style="list-style-type: none"> – uitbreiding CO₂-netwerk in (nieuwe) glastuinbouwclusters is noodzakelijk voor een continue levering; – uitbreiding is nu afhankelijk van private businesscases en van CAPEX-subsidies van regionale overheden; – de SDE++ voor CCU bevat geen kostenvergoeding voor de transportinfrastructuur; – samenvattend is er geen solide basis voor uitbreiding.

Groen	Wordt niet als knelpunt aangemerkt
Oranje	<ul style="list-style-type: none"> – Mogelijk knelpunt, afhankelijk van hoe voorgenomen maatregelen uitpakt en andere marktfactoren. – Ook regionale knelpunten bij voldoende netcapaciteit worden in deze categorie ingedeeld. In de regio's waar dit speelt zijn de knelpunten wel degelijk urgent (rood).
Rood	Wordt als knelpunt aangemerkt

⁴⁰ De prijs voor inkoop van CO₂ zal hoe dan ook omhoog gaan door toenemende vraag naar CO₂, toenemende marginale afvangkosten bij bronnen en omdat het een schaarser wordende grondstof is die nodig is voor de energietransitie. In het volgende hoofdstuk vertalen we dit naar een prijs voor externe CO₂ in 2040.

5 Kansrijke opties voor generiek beleid

5.1 Introductie

In het vorige hoofdstuk is een knelpuntenanalyse uitgevoerd. In dit hoofdstuk worden een aantal beleidsopties verkend die voortvloeien uit deze knelpuntenanalyse. Hiervoor worden onder andere de effecten op de onrendabele top van de verschillende verduurzamings-technieken doorgerekend. Net als in de rest van het rapport wordt hierbij de termijn 2040 in ogenschouw genomen. Dit laat natuurlijk onverlet dat de maatregelen veel eerder kunnen worden ingevoerd.

De volgende kansrijke beleidsopties worden nader verkend:

- een CO₂-prijs voor aardgasgebruik (Scope 1);
- een tariefwijziging van de EB en ODE (vlaktaks);
- een pakket aan maatregelen om de beschikbaarheid van externe CO₂ voor glastuinbouw veilig te stellen;
- verhoging van de SDE++-subsidie op de verschillende duurzame warmtetechnieken.

De opties en aannames bij de doorrekeningen zijn samengevat in onderstaande tabel. Voor deze kansrijke opties geldt dat ook andere knelpunten dienen te worden opgelost om de beoogde versnelling van energietransitie te realiseren. De beprijzingsopties zijn effectief een integraal pakket waarbij gelijktijdig zowel duurzame warmte, als CO₂ en de daarbij benodigde infrastructuur beschikbaar zijn. Hier komen we in het slothoofdstuk op terug.

Tabel 20 - Overzicht basisaannames kansrijke beleidsopties

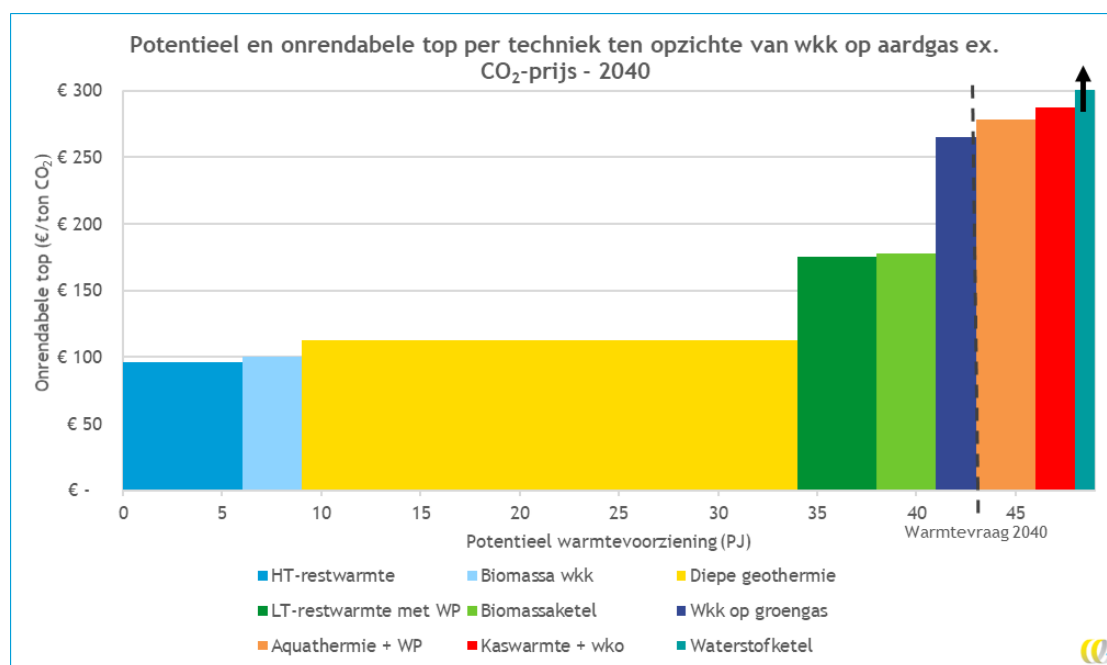
		Prijs CO ₂ -uitstoot	Prijs CO ₂ -inkoop	EB & ODE
Referentie	Doortrekken van huidige beleid richting 2040	€ 0	€ 80	Wkk-vrijstelling op aardgas en gebruikte elektriciteit uit wkk
Aanpassing EB+ODE	Budget neutrale vlaktaks - variant huishoudens en bedrijven	€ 0	Ref	Tarief € 6,9/GJ aardgas en elektriciteitsverbruik
	Budget neutrale vlaktaks - variant alleen bedrijven	€ 0	Ref	Tarief € 4,7/GJ aardgas en elektriciteitsverbruik
CO ₂ -beprijzing	Sectorsysteem (marginale heffing)-vrijstelling tot 60%*	€ 61	Ref	Ref
	Sectorsysteem (marginale heffing)-vrijstelling tot 30%*	€ 107	Ref	Ref
	ETS (vlakke heffing)	€ 153	Ref	Ref
CO ₂ -beschikbaarheid	Gedeeltelijke bio-swap met SDE++		€ 52	
Warmte beschikbaarheid	SDE++-subsidie op warmtetechnieken	Ref	Ref	Ref

* Vrijstelling geldt tot 30 en 60% van de landelijk gemiddelde CO₂-uitstoot per hectare.

Voor ieder van de bovengenoemde beleidsopties wordt het effect op de merit order en onrendabele top doorgerekend. Daarbij vormen de uitgewerkte beleidsopties de hoekvlaggen van het speelveld. Minder sterke varianten zijn mogelijk en totaalpakketten kunnen samengesteld worden uit verschillende beleidsopties.

Om vergelijking met het referentiescenario (geen aanvullend beleid) zoals geschetst in Tabel 19 te vergemakkelijken, wordt de merit order in het referentiescenario 2040 gepresenteerd in Figuur 8. Dit referentiescenario bevat de onrendabele top ten opzichte van een wkk zonder CO₂-beprijzing. De weergegeven data is voor een vijf hectare kas, met gemiddelde gewogen kosten van de verschillende type teelten. De gehanteerde kosten zijn met een gas- en elektriciteitsprijs van € 25,08 en 61,05 per MWh respectievelijk. De kosten voor de technieken (CAPEX en OPEX) zijn gebaseerd op openbare data van voornamelijk PBL. Een uitgebreide beschrijving van de aannames is beschreven in Bijlage D.

Figuur 8 - Merit order in het referentiescenario



5.2 CO₂ beprijzing aardgasgebruik

Uit de knelpuntenanalyse komt naar voren dat het fossiele energiegebruik van glastuinders op dit moment nog niet op een adequate manier geprijsd wordt. Het sectorsysteem biedt hiervoor aanknopingspunten, maar kent in de praktijk enkele beperkingen waardoor de CO₂-prijsprikkel voor een individuele tuinder onvoldoende uit de verf komt. Dit in tegenstelling tot sectoren als de industrie en afvalverbranders die een oplopende prijs voor CO₂ (via EU ETS en CO₂-heffing industrie) betalen. Hierdoor ontstaat een ongelijk speelveld en bestaat het risico dat CO₂ en restwarmte in de toekomst geleverd worden in sectoren die een hogere 'bereidheid tot betalen' kennen voor CO₂-reductie, met name als schaarste optreedt.

Een van de kansrijke maatregelen is dan ook de invoering van een effectieve, individuele heffing op CO₂-emissies. Deze kan in de plaats komen van het huidige sectorsysteem, maar het sectorsysteem kan ook omgevormd worden zodat een prijsprikkel voor Scope 1-emissies

kan worden gegeven. Daarbij kan onderscheid worden gemaakt tussen een heffing over het gehele energiegebruik of een heffing in de marge (dus boven een bepaalde norm of benchmark).

5.2.1 Uitwerking van de maatregel

Bij het uitwerken van de CO₂-heffing kan onderscheid gemaakt worden tussen een Europese en een nationale variant. Voor de Europese variant wordt een uitbreiding van het EU ETS naar de volledige glastuinbouw verondersteld. Een tuinder moet binnen dit systeem emissierechten inleveren die op het terrein wordt uitgestoten. Alle uitstoot wordt dus op hetzelfde niveau beprijsd. Verondersteld is dat er geen sprake is van een vrijgestelde hoeveelheid uitstoot, bijvoorbeeld door gratis toegekende emissierechten. Op basis van projecties uit de KEV 2020 en het Handboek Milieuprijzen van CE Delft is een schatting van de EUa-prijs in 2040 gemaakt - deze komt neer op 153 €/ton CO₂ (CE Delft, 2017; PBL, 2020e).

Voor de nationale variant wordt een marginale heffing verondersteld: deze systematiek kent een heffingsvrije voet gerelateerd aan het aantal ton CO₂ dat per hectare wordt uitgestoten. In de doorrekening gaan we uit van een marginale heffing ter hoogte van de EUa-prijs⁴¹. Voor de hoogte van de heffingsvrije voet worden twee subvarianten door-gerekend: een waarbij een vrijstelling geldt tot 30% van de landelijk gemiddelde CO₂-uitstoot per hectare en een waarbij deze vrijstelling wordt verhoogd naar 60%. De gemiddelde CO₂-uitstoot per hectare wordt in verband met de begrenzingen van het model berekend over de klasse wkk-gebruikers - de werkelijke CO₂-uitstoot per hectare zal lager liggen omdat de uitstoot per eenheid warmte kleiner is bij gasketelgebruikers. Hoewel deze optie niet wordt door-gerekend, kan er in de praktijk ook gekozen worden voor een heffingsvrije voet die jaarlijks afneemt. Ook kan in het ontwerp gewerkt worden met een benchmark voor de CO₂-uitstoot per geteeld product, analoog aan de systematiek voor de industrie binnen het EU ETS.⁴²

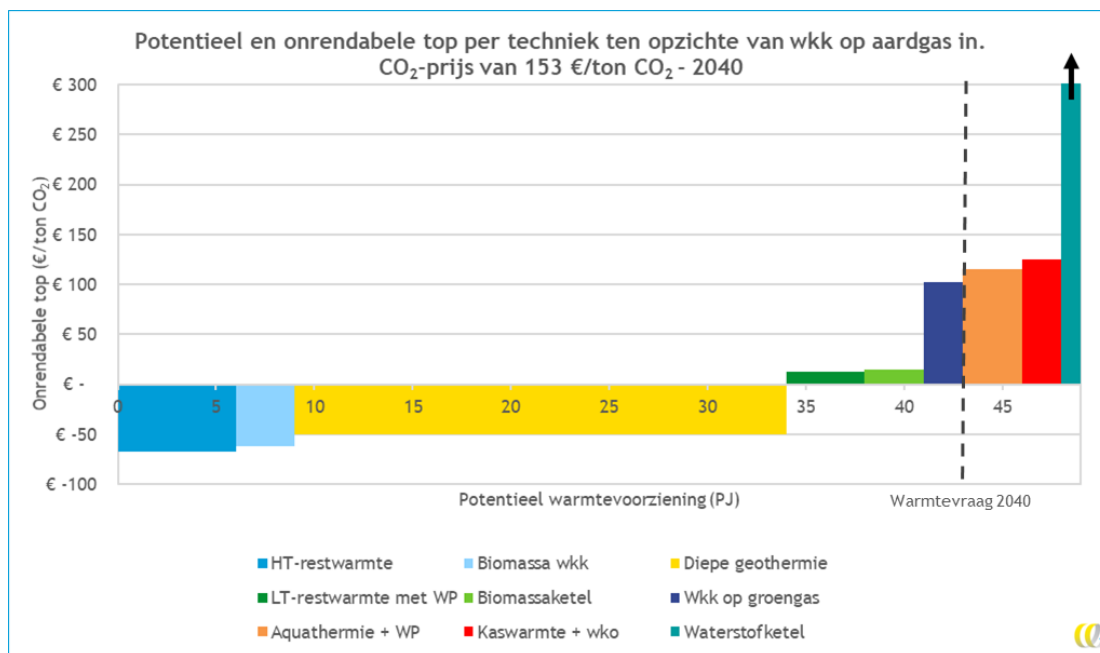
5.2.2 Effecten maatregel op onrendabele top

In Figuur 9 wordt het effect van de Europese variant van de CO₂-heffing gepresenteerd. Dit betreft een vlakke CO₂-heffing ter hoogte van de EUa-prijs.

⁴¹ Er is gekozen voor een marginale heffing ter hoogte van de EUa-prijs om aan te sluiten bij de ETS-heffing voor de industriële sectoren die aangemerkt zijn als vatbaar voor carbon leakage: bijbehorende industriële installaties krijgen gratis rechten tot een benchmark, en betalen de facto dus de EUa-prijs voor uitstoot boven de benchmark.

⁴² Binnen het EU ETS geldt dat de hoogte van de benchmark wordt bepaald op basis van de 10% meest CO₂-efficiënt presterende installaties in de bedrijfstak. Tot de benchmark wordt een percentage van de emissierechten gratis gealloceerd. Industriële sectoren die aangemerkt zijn als vatbaar voor carbon leakage ontvangen 100% van de rechten tot de benchmark gratis.

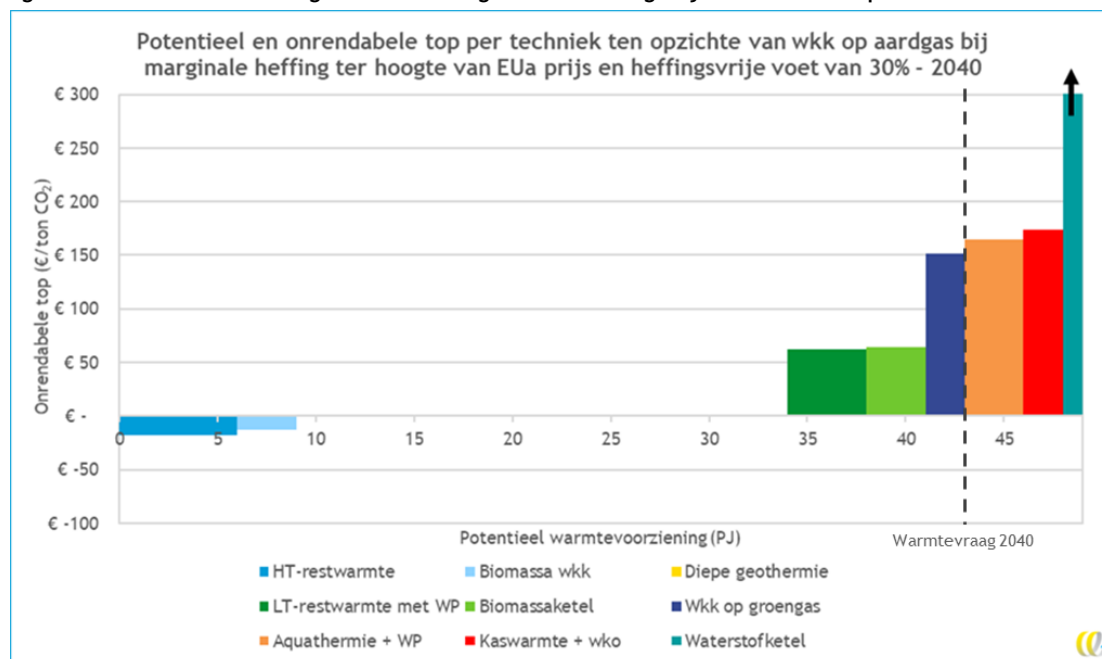
Figuur 9 - Effect van een vlakke CO₂-heffing ter hoogte van de EUa-prijs op de merit order



Zoals duidelijk te zien is, zorgt een heffing van 153 €/tCO₂ in 2040 voor een flinke verandering in de onrendabele top. HT-restwarmte, bio-wkk en geothermie worden voordeliger dan aardgas-wkk. Dat neemt niet weg dat de kosten voor de tuinder flink zullen toenemen. LT-restwarmte en gebruik van een biomassaketel zijn bij deze vlakke heffing nog steeds minder voordelig dan de aardgas-wkk, maar zullen met een beperkte hoeveelheid subsidie ook rendabel worden.

In Figuur 10 wordt het effect gepresenteerd van een marginale heffing met een heffingsvrije voet van 30%. Zoals eerder vermeld betreft deze heffingsvrije voet een vrijstelling van betaling voor CO₂-uitstoot tot 30% van de landelijk gemiddelde CO₂-uitstoot per hectare wanneer een wkk in gebruik is.

Figuur 10 - Effect van een marginale CO₂-heffing met een heffingsvrije voet van 30% op de merit order



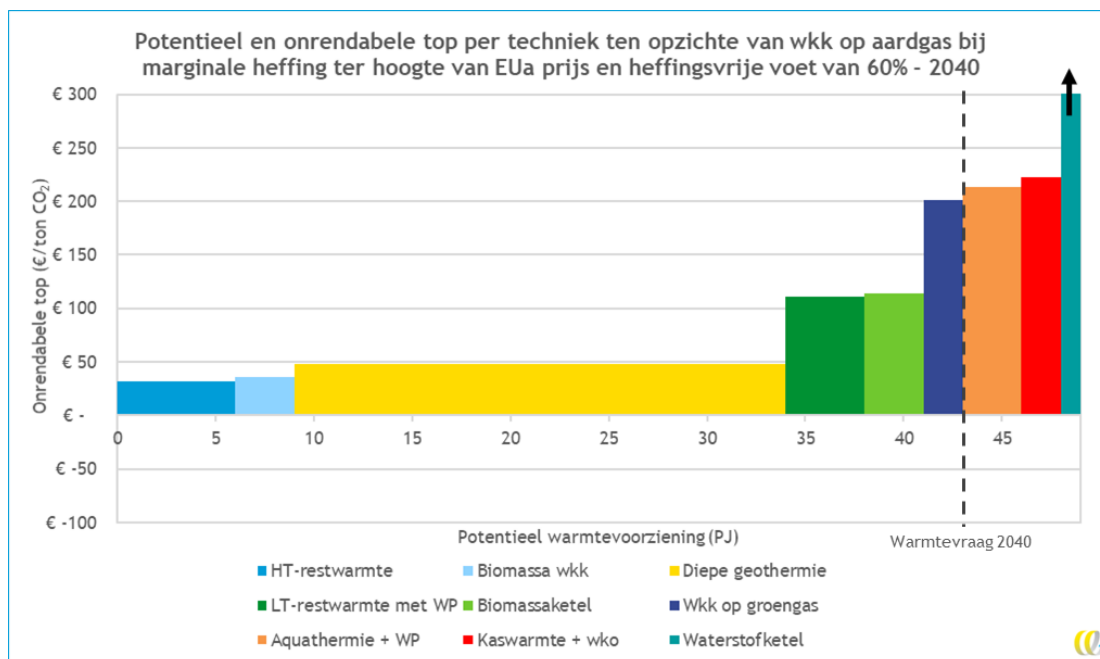
Opmerking: Onrendabele top is voor diepe geothermie een klein negatief getal en daardoor slecht zichtbaar.

Uit de grafiek is af te lezen dat het effect op de onrendabele top – zoals verwacht – kleiner is dan bij een vlakke heffing. Tuinders worden bij invoering van deze marginale heffing immers alleen gestimuleerd om hun CO₂-uitstoot boven de heffingsvrije voet te reduceren. HT-restwarmte, bio-wkk en geothermie worden op papier rendabel, maar vanwege het gemak van aardgas-wkk in de bedrijfsvoering verwachten we niet dat deze minimale prikkel voldoende zal zijn voor veel tuinders.

Belangrijk om te noemen is het verschillende effect van de heffing op tuinders met een wkk en tuinders die gebruik maken van een gasketel. Omdat de heffingsvrije voet is gebaseerd op wkk-gebruik en wkk-gebruik een grotere CO₂-uitstoot per eenheid geproduceerde warmte kent, zal de belastingdruk hoger liggen voor tuinders met een wkk dan voor tuinders die alleen over een gasketel beschikken. In 2040, wanneer de elektriciteitsmarkt een aanzienlijk lagere CO₂-emissiefactor kent, lijkt ons dit gerechtvaardigd. De CO₂ die vrijkomt bij elektriciteitsopwekking met wkk is dan immers grotendeels vermijdbaar. Wanneer op korte termijn een marginale heffing wordt ingevoerd, is het echter beter verdedigbaar om de heffingsvrije voet te baseren op de gemiddelde CO₂-uitstoot per hectare van *alle* tuinders die aardgas gebruiken. Voor een gelijk nationaal speelveld zou de Scope 1-heffing ook voor wkk-installaties in andere sectoren gaan gelden.

In Figuur 10 is het effect weergegeven van een van een marginale heffing met een heffingsvrije voet van 60%. Zoals duidelijk te zien is in de grafiek, blijven alle technieken een significante onrendabele top behouden. Bij een dergelijk hoge heffingsvrije voet zullen aanvullende subsidies dan ook een belangrijke rol moeten vervullen.

Figuur 11 - Effect van een marginale CO₂-heffing met een heffingsvrije voet van 60% op de merit order



5.2.3 Overige effecten

Een individuele, vooraf bekende heffing op CO₂-uitstoot zal zonder flankerend beleid de businesscase van tuinders verslechteren. Het is op voorhand niet duidelijk hoe een CO₂-heffing de concurrentiepositie van Nederlandse tuinders beïnvloedt, en of dit een noodzakelijke voorwaarde is om de sector voor Nederland te behouden. Dit hangt onder meer af van de hoogte van de energiekosten, mogelijkheden deze energiekosten door te kunnen berekenen, en de belasting situatie in het buitenland. Energiekosten zijn vergelijkbaar met de energie-intensieve industrie in Nederland. Zelfs voor tuinders vormen deze een deel van de totale bedrijfskosten. Bij aanzienlijke concurrentie-effecten kan overwogen worden om (een deel van) de belastinginkomsten terug te sluisen naar de sector. Om de verduurzaming binnen de glastuinbouw extra te stimuleren kan de hoogte van deze teruggave worden gebaseerd op de CO₂-uitstoot van een tuinder. Ook kunnen de belastinginkomsten aangewend worden om subsidiebedragen voor duurzame warmte-technieken te verhogen.

5.3 Vlaktaks EB en ODE

Uit de evaluatie van de energiebelasting (CE Delft, 2021a) is naar voren gekomen dat de huidige tarieven voor elektriciteit en aardgas uit balans zijn. In de huidige systematiek zit zowel de ODE als EB op een groot deel van de consumptie van aardgas (per m³) en elektriciteit (per kWh) in Nederland. De tarieven zijn degressief van aard. Elektriciteit wordt per ton CO₂ zwaarder belast dan aardgas, en tegelijkertijd neemt de CO₂-emissie van de gemiddelde elektriciteitsmix snel af richting 2030. Vanuit sturing van de energietransitie is het wenselijk om de energiegebruikers te beprijsen met gelijke tarieven. Dit kan op basis van de energie-inhoud of de CO₂-inhoud.

5.3.1 Uitwerking van de maatregel

In deze variant worden alle opbrengsten van de energiebelasting en ODE-budgetneutraal herverdeeld op een zodanige manier dat er een gelijk tarief per energie-inhoud wordt gegeven⁴³. Dit houdt in dat de maatregel budgetneutraal voor de overheid wordt ingesteld, niet voor de glastuinbouwsector. Dit tarief is gelijk per energiedrager en verbruiksschijf. We brengen hierbij twee varianten in kaart. Een vlaktaks voor alle schijven en afnemers en een vlaktaks alleen voor bedrijven. Bij de eerste variant worden de totale opbrengsten uit 2019 verdeeld over het totaal belastbaar verbruik van elektriciteit en aardgas van 2020. Bij deze maatregel hebben we dit tarief vastgesteld op € 6,9/GJ⁴⁴. In de tweede variant is alleen gekeken naar de opbrengsten en belastbaar verbruik van de bedrijven. Het tarief komt dan uit op € 4,7/GJ.

Tekstbox 6 - ODE-tarieven na 2019

In dit maatregelpakket is uitgegaan van de meest recente bekende opbrengsten van de EB+ODE (2019). De verwachting is dat de ODE-opbrengsten komende jaren jaarlijks hoger zullen uitvallen dan de opbrengsten in 2019. De ODE-tarieven zijn namelijk gebaseerd op de geraamde kasuitgaven van de SDE+(+)-subsidie, op basis van het Regeerakkoord, en worden jaarlijks op Prinsjesdag gepresenteerd. Sinds 2020 is de SDE+-regeling verbreed naar de SDE++-regeling. Sindsdien zorgt de ODE niet alleen voor een dekking van hernieuwbare energie, maar ook andere maatregelen zoals elektrificatie in de industrie, recyclingtechnieken en CO₂-afvang en -opslag. Ook de lastenverschuiving van huishoudens naar bedrijven in 2020 (van 50%-50% naar 33,3%-66,6%) is in deze berekening niet meegenomen. De toename van de opbrengsten na 2019 zullen daarom ertoe leiden dat het tarief van de vlaktaks in de toekomst hoger zal uitvallen.

In de huidige situatie is de doelstelling van de ODE een transparante financiering van de SDE-regeling, terwijl de doelstellingen van de energiebelasting zich richten op energiebesparing en het ophalen van geld voor de algemene middelen. Aangezien deze maatregel budgetneutraal wordt herverdeeld kan een deel van de inkomsten van de vlaktaks gereserveerd worden voor de dekking van de SDE++-pot. Echter, de doelstelling van de ODE (een transparante financiering van de SDE-regeling) wordt dan niet meer gerealiseerd. Bij één vlak tarief is het namelijk niet duidelijk wat er ieder jaar betaald wordt ter dekking van de SDE+(+)-uitgaven.

5.3.2 Effecten maatregel op onrendabele top

Figuur 12 geeft de potentie en de onrendabele top per techniek, ten opzichte van een wkk op aardgas, weer wanneer de algemene vlaktaks van € 6,9/GJ is ingevoerd. Vijf technieken (HT-restwarmte, diepe geothermie, biomassa wkk, LT-restwarmte met warmtepomp en biomassaketel) zijn kosteneffectief. Dat wil zeggen dat er sprake is van een rendabel alternatief ten opzichte van de conventionele wkk-voorziening in de glastuinbouw. De negatieve onrendabele top varieert van €-84/tCO₂ tot €-2/tCO₂. Gezamenlijk dragen deze opties bij een warmtevoorziening van ruim 40 PJ. Het overgrote gedeelte van de warmtevraag in 2040 kan hiermee worden gedekt.

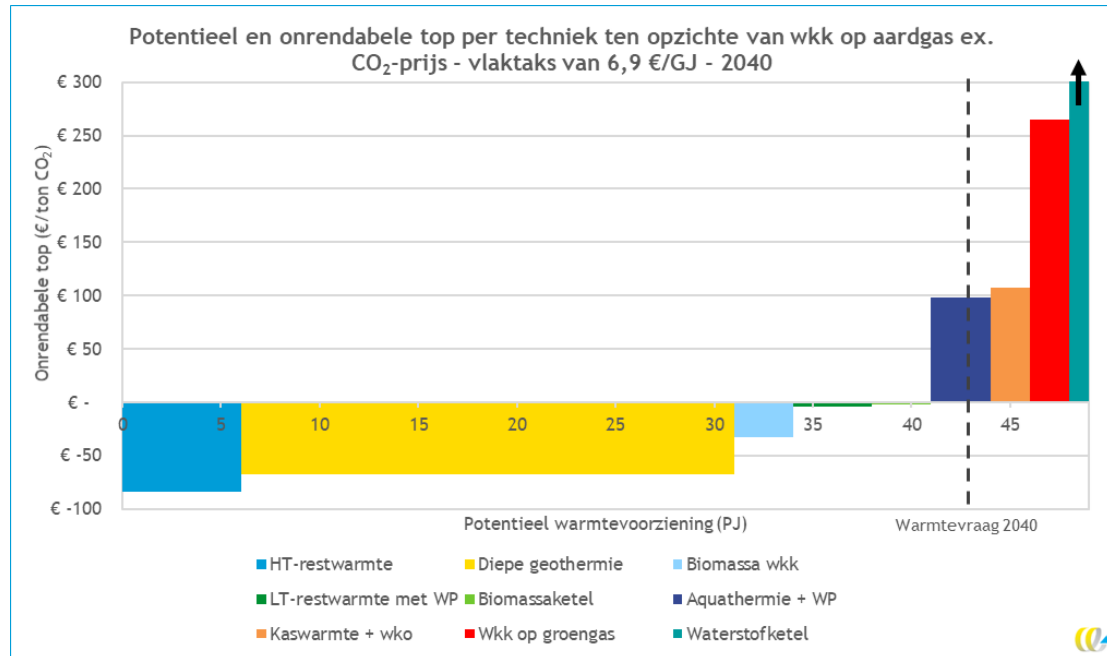
Om in het laatste gedeelte van de vraag te voorzien kan er gebruik worden gemaakt van aquathermie in combinatie met een warmtepomp. Deze techniek heeft echter nog een

⁴³ We zijn hierbij uitgegaan van de laatst bekende opbrengsten (2019).

⁴⁴ Door de veranderende emissiefactor voor elektriciteit verschilt het tarief per GJ op basis van CO₂-inhoud per jaar. We hebben daarom in dit onderzoek gekozen voor een constant tarief gebaseerd op de energie-inhoud.

onrendabele top van € 98/tCO₂. Voor deze techniek is het effect op de merit-order onvoldoende en zijn er aanvullende subsidies nodig.

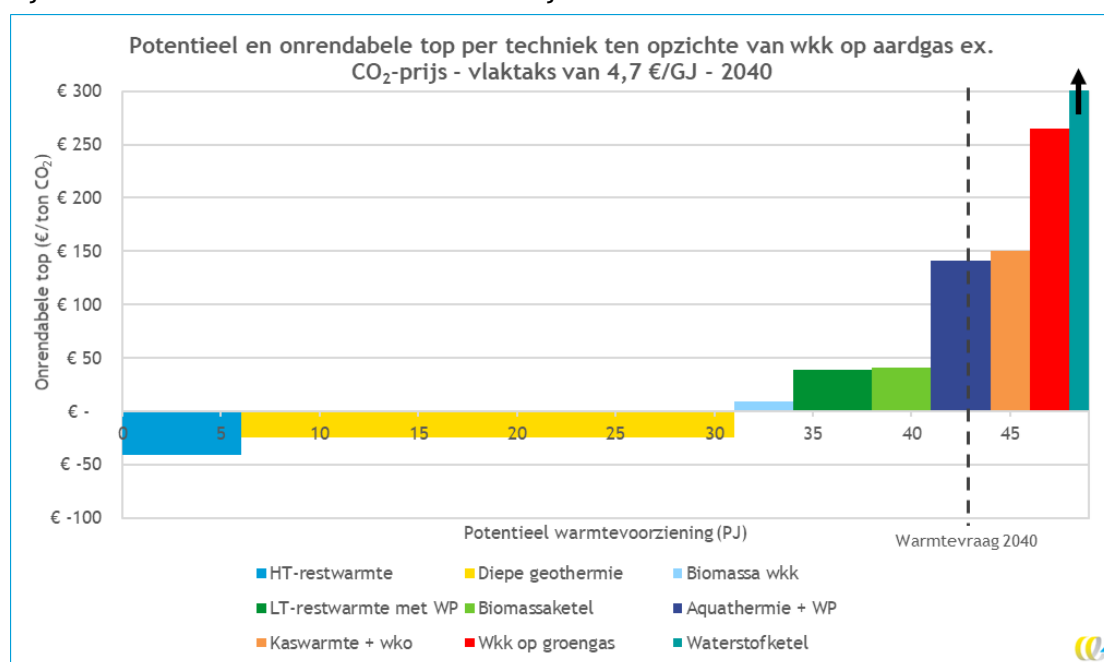
Figuur 12 - Potentieel en onrendabele top per techniek ten opzichte van wkk op aardgas (exclusief CO₂-prijs) bij een neutrale vlaktaks EB en ODE in 2040



Er treedt tevens een verschuiving op in de volgorde, op basis van de onrendabele top, van de technieken. Dankzij deze maatregel wordt geothermie goedkoper dan een biomassa wkk. Ook wkk op groengas komt op een hogere onrendabele top uit dan aquathermie + warmtepomp en kaswarmte + wko, terwijl in het referentiescenario wkk op groengas nog de goedkoopste was van deze drie technieken. De reden hiervoor is dat door de nieuwe aardgas- en elektriciteitsstarieven en de afschaffing van de inputvrijstelling het financieel voordeel van een wkk wordt beperkt. Hierdoor wordt de inkoop van CO₂-arme warmte relatief aantrekkelijker ten opzichte van het zelf opwekken van wkk-warmte (inclusief elektriciteit).

Figuur 13 geeft het potentieel en de onrendabele top van de verschillende technieken weer wanneer de vlaktaks van € 4,7/GJ alleen voor bedrijven wordt ingevoerd. We zien dat vrijwel dezelfde veranderingen optreden dan bij de algemene vlaktaks. Het enige verschil is dat bij de vlaktaks voor bedrijven LT-restwarmte met warmtepomp en de biomassaketel niet meer een negatieve onrendabele top behalen.

Figuur 13 - Potentieel en onrendabele top per techniek ten opzichte van wkk op aardgas (exclusief CO₂-prijs) bij een neutrale vlaktaks EB en ODE voor alleen bedrijven in 2040



5.3.3 Overige effecten

De vlaktaks heeft een positief effect op de randvoorwaarden van verduurzaming voor elektriciteit en warmte voor de glastuinbouwsector. Echter, de vlaktaks heeft ook invloed op andere sectoren. Het tarief van € 6,9/GJ komt overeen met een tarief van € 0,242/m³ en € 0,024/kWh. De vlaktaks voor alleen bedrijven komt overeen met € 0,165/m³ en € 0,017/kWh. Tabel 20 geeft de huidige tarieven van de EB+ODE weer.

Tabel 21 - Tarieven EB+ODE in 2021

	Schijf	Totaal EB+ODE	Vlaktaks algemeen	Vlaktaks voor bedrijven
Aardgas (€/m ³)	0 t/m 170.000 m ³	€ 0,4337	€ 0,2422	€ 0,1646
	170.001-1 miljoen m ³	€ 0,0890	€ 0,2422	€ 0,1646
	Meer dan 1 miljoen t/m 10 miljoen m ³	€ 0,0471	€ 0,2422	€ 0,1646
	Meer dan 10 miljoen m ³ particulier	€ 0,0360	€ 0,2422	€ 0,1646
	Meer dan 10 miljoen m ³ zakelijk	€ 0,0360	€ 0,2422	€ 0,1646
Elektriciteit (€/kWh)	0 t/m 10.000 kWh	€ 0,1243	€ 0,0248	€ 0,0169
	10.001 t/m 50.000 kWh	€ 0,0927	€ 0,0248	€ 0,0169
	50.001 t/m 10 miljoen kWh	€ 0,0363	€ 0,0248	€ 0,0169
	Meer dan 10 miljoen kWh particulier	€ 0,0015	€ 0,0248	€ 0,0169
	Meer dan 10 miljoen kWh zakelijk	€ 0,0010	€ 0,0248	€ 0,0169

Vanuit de economische theorie is de verduurzamingsprikkel van de EB en ODE gezamenlijk het meest kosteneffectief bij een zo vlak mogelijk tarief zonder vrijstellingen (vlaktaks). Een vlakker tarief voorkomt namelijk dat sectoren met een hoog tarief dure maatregelen moeten treffen, terwijl goedkopere maatregelen bij sectoren met een lager belastingtarief onbenut blijven. Hierbij tekenen we aan dat er ook andere overwegingen zijn om grootverbruikers een lager tarief te laten betalen, zoals internationale concurrentieaspecten.

Het marginale tarief in de eerste schijf neemt bij de algemene vlaktaks af van € 0,434/m³ naar € 0,242/m³. Hierdoor nemen de financiële lasten voor huishoudens af. Het tarief voor de andere schijven neemt toe. Dit houdt in dat de totale kosten voor het aardgasgebruik voor de bedrijven, en met name energie-intensieve bedrijven, sterk zullen toenemen. Hetzelfde beeld treedt op bij een vlaktaks voor alleen de bedrijven.

Het tarief voor elektriciteit neemt bij zowel de algemene vlaktaks als de vlaktaks voor bedrijven in bijna alle schijven af. Alleen het tarief van meer dan 10 miljoen kWh neemt toe. In dit geval zorgt de vlaktaks voor een verlaging van het marginale tarief van de eerste schijf. Dit leidt tot een verlaging van de energierekening voor huishoudens, en een prikkel over te stappen op warmtepompen (elektrificatie). Daarnaast nemen de kosten voor bedrijven tot 10 mln. kWh (veelal MKB-bedrijven) ook af. De vlaktaks zorgt voor een stijging van het marginale tarief voor zakelijke grootverbruikers (vanaf 10 mln. kWh).

Het CBS heeft de opbouw van een gemiddelde elektriciteits- en gasrekening voor 2020 in kaart gebracht⁴⁵. De energiebelasting en ODE inclusief heffingskorting beslaan 27% van de totale energierekening. De totale energierekening komt uit op ruim € 1.570 (CBS, 2020b). De invoering van de algemene vlaktaks zal, uitgaande van een constant verbruik, transport- en leveringskosten, ertoe leiden dat het aandeel energiebelasting + ODE afneemt tot 24%. De totale energierekening bedraagt dan ruim € 1.480.

CE Delft (CE Delft, 2021a) heeft het aandeel van de energiebelasting en de ODE in de totale energierekening voor verschillende bedrijfsprofielen in 2020 in kaart gebracht. Deze gebruiksprofielen zijn gebaseerd op het gemiddeld gebruik van alle vestigingen per sector en bijbehorende financiële gegevens. Er kunnen binnen sectoren en tussen specifieke bedrijven grote verschillen bestaan. Voor deze bedrijven kunnen de financiële lasten van EB en ODE sterk afwijken van de in deze studie gepresenteerde gemiddelden. Het aandeel varieert tussen de 23% (glastuinbouw) en 54% (horeca). Invoering van de vlaktaks van € 6,9/GJ in 2020 zou leiden tot een aandeel van energiebelasting en ODE in de totale kosten tussen de 7% (Verhuur en zakelijke dienstverlening) en 44% (glastuinbouw).

Tabel 22 - Aandeel EB+ODE totale energierekening voor tien bedrijfsprofielen in 2020

	Tarieven 2020	Vlaktaks (2020)	Vlaktaks bedrijven (2020)
Grote detailhandel (bijvoorbeeld warenhuis/groothandel)	52%	23%	14%
Kleine detailhandel (bijvoorbeeld bakker/boekhandel/kledingzaak)	44%	7%	-4%
Horeca (bijvoorbeeld café/restaurant)	54%	32%	23%
Ziekenhuis	53%	30%	20%
Glastuinbouwer	23%	44%	35%
Bedrijf in voedings- en genotsmiddelenindustrie	35%	41%	32%
Alternatief voor basismetaalindustrie	34%	41%	32%

⁴⁵ Hierbij is uitgegaan van een verbruik van 2.450 kWh elektriciteit en 1.197 m³ aardgas.

	Tarieven 2020	Vlaktaks (2020)	Vlaktaks bedrijven (2020)
Bedrijf bouwmaterialenindustrie/elektriciteit intensief	28%	34%	26%
Kerk	52%	37%	28%
Alternatief voor melkveehouder	52%	27%	17%

De gunstigere verhouding tussen gas en elektriciteit zorgt ervoor dat elektrificatie gestimuleerd wordt. De opbrengsten van de vlaktaks kunnen (deels) gebruikt worden ter dekking van de SDE++ waarmee bedrijven hun verduurzamingsproces kunnen financieren.

Volgens de traditionele economische theorie zou in een open economie zoals Nederland een (uniforme) verhoging van de energieprijzen, door belastingen of heffingen, voor de aan internationale concurrentie blootgestelde sectoren een ongelijk speelveld kunnen creëren. Productieverlies kan daardoor optreden via bijvoorbeeld import van buitenlandse goederen, verlies van marktaandeel en/of verplaatsing van activiteiten of bedrijven wanneer elders in de EU of de wereld niet eenzelfde beleid wordt gevoerd (CPB & PBL, 2019).

5.4 Beschikbaarheid CO₂

Uit de knelpuntenanalyse is gebleken dat op de lange termijn de beschikbaarheid van (biogene) externe CO₂ geen probleem lijkt te zijn. Geconstateerd is dat er in principe voldoende CO₂ beschikbaar is om in de vraag te kunnen voorzien en er dus geen schaarste hoeft op te treden. Hierbij moet wel rekening worden gehouden dat de zuiverheid van het rookgas verschilt per installatie en ook dat er niet overal dezelfde afvangtechniek kan worden toegepast. Echter, door marktverstoringen en concurrentie met andere gebruikstoepassingen (CCS) kan in de praktijk toch een hogere prijs voor externe CO₂ ontstaan. Ook kunnen tijdelijke verstoringen optreden omdat vraag en aanbod in de tijd niet goed op elkaar afgestemd is. Een aandachtspunt daarbij is de koppeling tussen CCS en CCU ten behoeve van flexibiliteit en discontinue vraagprofiel van de tuinders.

5.4.1 Uitwerking van de maatregel

Dit pakket bestaat uit twee onderdelen. Allereerst is er een maatregel om administratieve vereenvoudiging mogelijk te maken om op een zodanige manier de geleverde fossiele CO₂ gedurende het zomerhalfjaar te compenseren met het opslaan van bio-CO₂ onder de zeebodem gedurende het winterhalfjaar. Dit sluit aan bij de innovatiepilot rond de CO₂-levering aan de glastuinbouw vanuit het ministerie van Economische Zaken en Klimaat en het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit⁴⁶.

Dit project wordt CO₂-toedeling genoemd en heeft als uitgangspunt dat er gecombineerde opslag en levering van CO₂ plaatsvindt. In de wintermaanden wordt er vooral ingezet op CO₂-opslag en in de zomermaanden aan CO₂-levering aan de glastuinbouw. Hierbij wordt gebruik gemaakt van (meerdere) fossiele als biogene bronnen. Door middel van een jaarlijkse administratieve verrekening wordt uitsluitend de biogene CO₂ aan de glastuinbouw geleverd. De NEa heeft een positief principestandpunt genomen over het systeem van de administratieve verrekening. In dit pakket nemen wij aan dat de maatregel overal toepasbaar is. Vooralsnog is uit een analyse van de ETS-regelgeving gebleken dat CO₂

⁴⁶ In dit pakket gaan we ervanuit dat de CO₂-toedeling gaat werken. Er loopt momenteel een pilot die zal uitwijzen of dit mogelijk is.

-toedeling alleen mogelijk bij een pijpleiding met CCS-ontsluiting en niet bij vervoer via vrachtauto (zie Tekstbox 7).

Tekstbox 7 - Werking administratieve verevening

CO₂ van biogene oorsprong die vrijkomt bij een AVI wordt niet belast met een CO₂-heffing. Het fossiele gedeelte wordt wel belast. AVI's zullen trachten geen of zo weinig mogelijk CO₂-heffing over hun fossiele deel te betalen.

Een AVI die niet de mogelijkheid heeft om de fossiele CO₂ ondergronds op te slaan betaalt dus de CO₂-heffing als hij CO₂ levert aan de glastuinbouw. Immers éénderde deel van de CO₂-emissie is fossiel. Bij volledige ondergrondse opslag krijgt hij voor éénderde credits voor de CO₂-heffing.

Indien een AVI de mogelijkheid heeft op CO₂ ondergronds op te slaan en aan de glastuinbouw te leveren wordt de situatie anders. Als deze AVI levert aan een leiding met verevening dan kan hij de CO₂ verrekenen. Dit zou betekenen dat hij fossiel ondergronds opslaat en biogeen levert aan de glastuinbouw. De hoeveelheid opgeslagen fossiele CO₂ zorgt ervoor dat de CO₂-heffing lager wordt of misschien zelfs helemaal niet betaald hoeft te worden. Een AVI die niet aan een transportpijplijn ligt kan deze administratieve verrekening niet toe passen. Deze AVI moet dus veel meer CO₂ (éénderde is maar fossiel) ondergronds opslaan om een vergelijkbare verlaging van de CO₂-heffing te krijgen dan AVI's die leveren aan een 'verevening'.

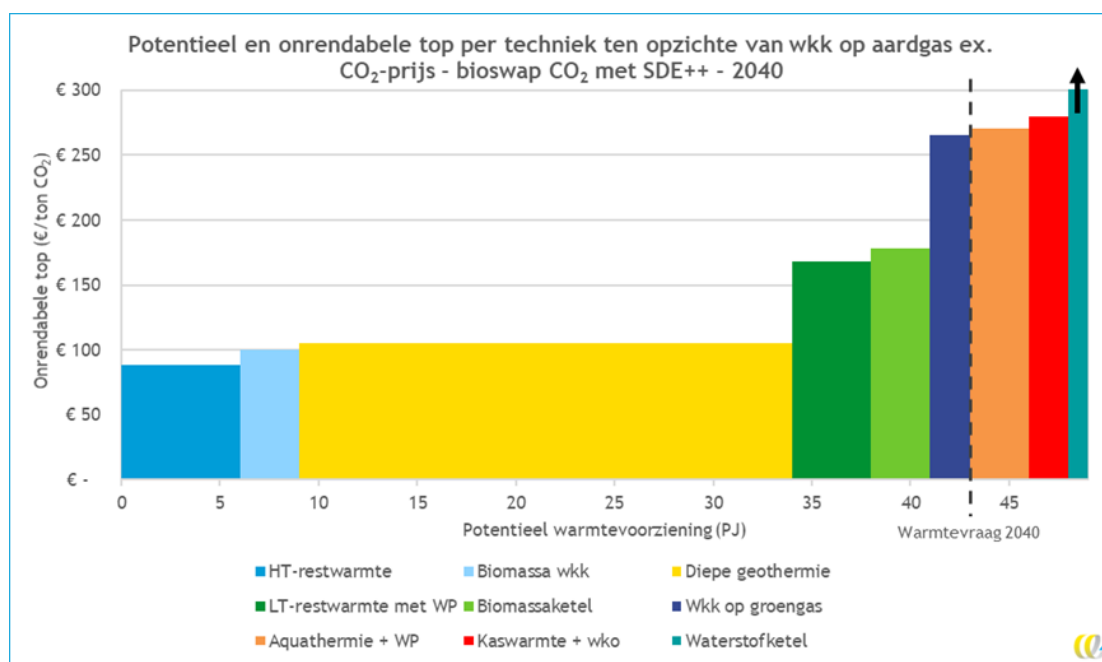
Daarnaast omvat dit pakket een maatregel om de levering van CO₂ naar de tuinbouw mogelijk te maken met een SDE++-subsidie. In de najaarsronde 2021 van de SDE++ wordt naar verwachting de CO₂ afvang en levering (CCU) aan de glastuinbouw toegevoegd.

In het referentiescenario gaan we uit van een CO₂-inkoopprijs van € 80/tCO₂. De SDE++-subsidie zorgt voor een daling van de inkoopprijs naar 'kostprijsniveau' in de referentie € 52/tCO₂. Dit is gebaseerd op het correctiebedrag van PBL waarbij rekening wordt gehouden dat bij de huidige verdeling twee derde van de tuinders de CO₂-vraag invult via een wkk en een derde via een gasketel (PBL, 2021).

5.4.2 Effecten maatregel op onrendabele top

Het pakket van maatregelen heeft relatief weinig effect op de onrendabele top van de verschillende warmtetechnieken. In het referentiescenario heeft HT-restwarmte de laagste onrendabele top (€ 96/tCO₂). Dankzij dit pakket neemt de onrendabele top af naar € 88/tCO₂. De afname van € 8/tCO₂ treedt ook op bij diepe geothermie, LT-restwarmte met een warmtepomp, aquathermie, kaswarmte + wko en de waterstofketel. Er treden geen veranderingen op in de onrendabele top van biomassa wkk, biomassaketel en wkk op groengas. De reden hiervoor is dat voor deze warmtetechnieken geen (of slechts beperkte) externe CO₂-levering noodzakelijk is.

Figuur 14 - Potentieel en onrendabele top per techniek ten opzichte van wkk op aardgas (exclusief CO₂-prijs) bij CO₂-toedeling met SDE++ in 2040



De onrendabele top van de verschillende technieken, ten opzichte van een wkk op aardgas, blijven bij dit maatregelpakket relatief hoog. Het effect op de merit-order is daarmee onvoldoende om de overstap naar andere warmtetechnieken financieel aantrekkelijk te maken. Aanvullende maatregelen zijn noodzakelijk, bijvoorbeeld het verhogen van de SDE++ of maatregelen aan de kant van de warmtevoorziening. Ook de volgorde van de verschillende technieken veranderen ten opzichte van het referentiescenario niet.

5.4.3 Overige effecten

Er zijn schommelingen in de vraag. De vraag vanuit de glastuinbouwsector is lager in de winter dan in de zomer. Ook is er sprake van dag/nacht cycli. Deze schommelingen leiden tot een continu wisselende benodigde CO₂ hoeveelheid die ingepast moet worden. De CO₂-toedeling maakt het mogelijk om de seizoensaliteit op te vangen aan de opslagkant in plaats van aan de afvangkant. Dit heeft effect op het Porthos-systeem. Door de wisselende vraag moet Porthos in de winter meer CO₂ opslaan om in de behoefte in de zomer te kunnen voorzien. Het opslaan van grotere volumes zorgt mogelijk voor hogere kosten. Het Porthos-project is in eerste instantie gebaseerd op CO₂ als gas. In een later stadium zou het ook mogelijk zijn om vloeibare CO₂ te accepteren en deze om te zetten naar gas. Dit zal leiden tot extra kosten die het mogelijk maken om de opgeslagen CO₂ te vervloeien.

De SDE++ voor CCU en CO₂-toedeling werken als een stok achter de deur om te voorkomen dat de beschikbaarheid van CO₂ voor de glastuinbouw afneemt. Daarnaast brengt dit pakket de kosten van CO₂-inkoop naar beneden zodat de techniek kan concurreren met wkk-CO₂. Het pakket heeft geen invloed op de knelpunten op het gebied van warmte en elektriciteit.

Uit de interviews is gebleken dat er naar verwachting genoeg biogene bronnen beschikbaar zullen zijn om de verwachte groei en de terugval van fossiele bronnen op te vangen. Hierbij is het voor de prijs wel van belang dat er gekeken wordt naar de zuiverheid van het rookgas

van de verschillende installaties en afvangtechnieken. Uit de interviews is gebleken dat de biogene markt nu vooral stil ligt vanwege de mogelijke invoer van de CCU-subsidie. Veel bronnen wachten eerst af of ze in aanmerking komen voor een subsidie voordat ze het daadwerkelijk gaan realiseren. De gesubsidieerde CO₂ kan invloed hebben op de kostprijs en in sommige gevallen leiden tot een averechts effect waarbij een marktverstoring optreedt. De subsidie maakt het mogelijk dat (nieuwe) partijen een lagere kostprijs hebben dan hun al bestaande concurrenten. Hierdoor wijken de prijzen af van een marktsituatie met volledige concurrentie.

5.5 Beschikbaarheid SDE++-warmte

Uit de knelpuntenanalyse is naar voren gekomen dat de huidige subsidiemogelijkheden binnen de SDE++ vaak ontoereikend zijn. Er worden geen meerkosten gerekend voor CO₂-inkoop en de correctiebedragen zijn veelal te hoog wanneer een tuinder flexibel gebruikt maakt van een wkk. Een effectieve beleidsaanpassing is dan ook een verhoging van de huidige SDE++ voor de glastuinbouw (een alternatief is de introductie van aanvullende subsidiemogelijkheden buiten de SDE++).

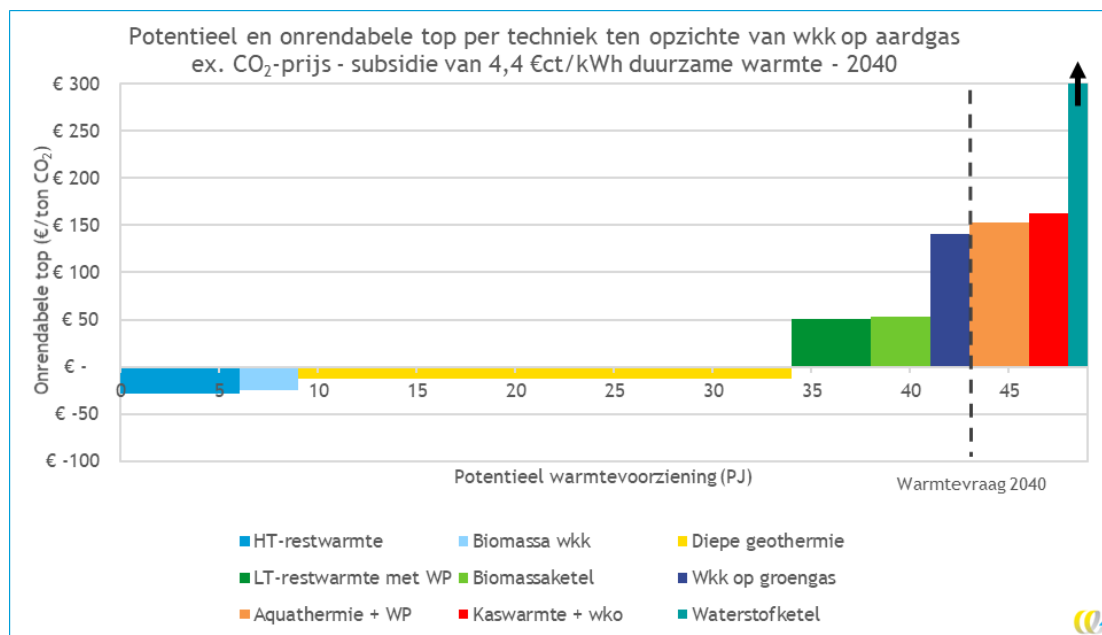
5.5.1 Uitwerking van de maatregel

Bij de uitwerking van de maatregel staat het effectieve subsidiebedrag per maatregel centraal. We rekenen daarom verschillende generieke subsidiebedragen door en analyseren vervolgens het effect op de onrendabele top van de diverse verduurzamingspakketten. Ook wordt een combinatie van een vlakke CO₂-heffing en een generieke subsidie doorgerekend. Ten slotte geven we een overzicht van het subsidiebedrag waarbij de individuele maatregelen rendabel worden, waarbij een vergelijking wordt gemaakt met de huidige subsidiebedragen uit de SDE++.

5.5.2 Effecten maatregel op onrendabele top

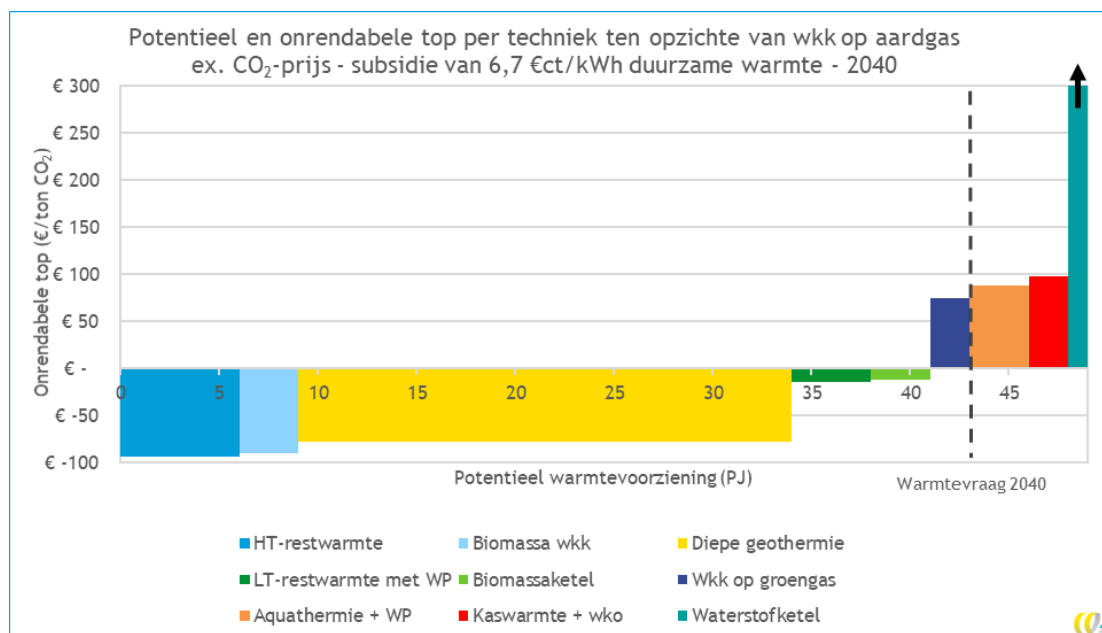
In Figuur 14 wordt het effect gepresenteerd van een generieke subsidie van 4,4 €ct/kWh duurzame warmte. Belangrijk om te herhalen is dat hierbij bestaande subsidiemogelijkheden net zoals bij eerdere doorrekeningen buiten beschouwing worden gelaten. Zoals te zien is in de grafiek zorgt een subsidie van 4,4 €ct/kWh voor een forse daling van de onrendabele top van de verschillende technieken. HT-restwarmte, geothermie en bio-wkk kennen na invoering van de subsidie lagere integrale kosten (warmte, elektriciteit en CO₂) dan een wkk op aardgas. De andere technieken blijven echter nog steeds onrendabel.

Figuur 15 - Effect van een generieke subsidie van 4,4 €/kWh duurzame warmte op de merit order



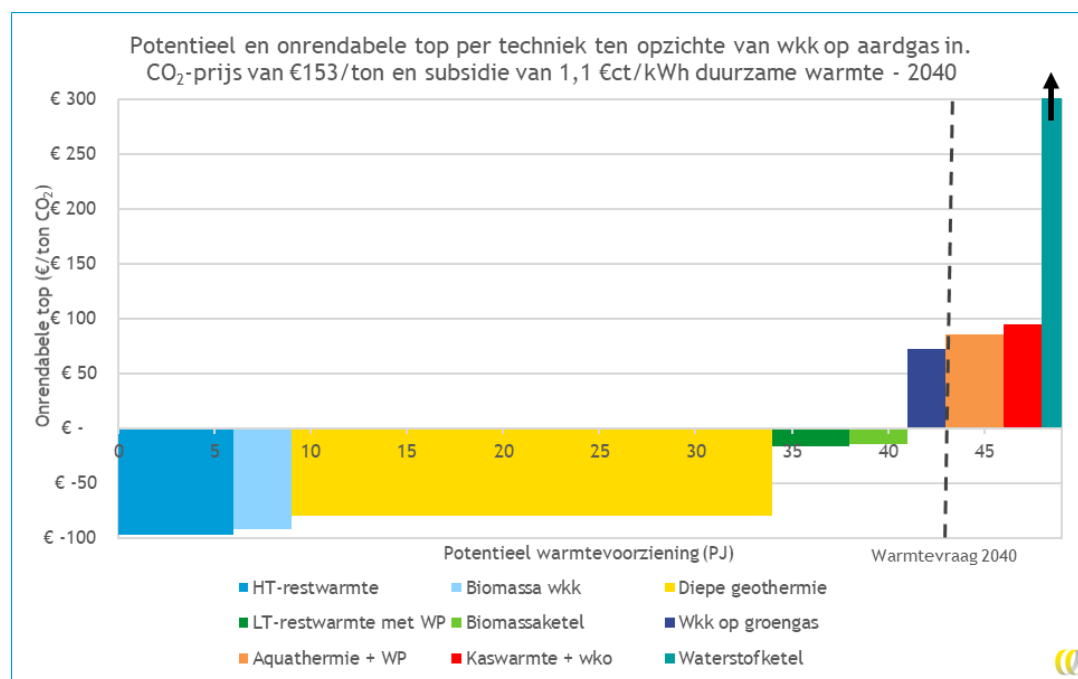
In Figuur 15 wordt daarom ook het effect gepresenteerd van een verhoging van de generieke subsidie tot 6,7 €/kWh. We zien dat nu ook de opties die gebruik maken van LT-restwarmte en een biomassaketel lagere integrale kosten kennen dan een aardgas-wkk.

Figuur 16 - Effect van een generieke subsidie van 6,7 €/kWh duurzame warmte op de merit order



Ten slotte wordt in Figuur 16 een combinatie van een vlakke heffing en een subsidie doorgerekend. We zien dat bij een vlakke CO₂-heffing ter hoogte van de EUa-prijs in 2040 een warmtesubsidie van 1,1 €ct/kWh duurzame warmte volstaat om de onrendabele top van vijf verduurzamingspakketten te overbruggen. Een dergelijke combinatie zal bij de tuinder echter wel leiden tot een kostentoeename. Een terugsluismechanisme kan daarom overwogen worden, maar kan tegen de grenzen van toelaatbare staatssteun aan lopen.

Figuur 17 - Effect van een generieke subsidie van 1,1 €ct/kWh duurzame warmte in combinatie met een vlakke CO₂-heffing van € 153 op de merit order



Wanneer we kijken naar het effectieve subsidiebedrag dat nodig is om elk van de individuele verduurzamingspakketten rendabel te maken, komen we uit op het beeld in Tabel 23. In deze tabel zijn waar beschikbaar ook de huidige effectieve subsidiebedragen uit de SDE++ van 2020 opgenomen (effectieve subsidie = basisbedrag - correctiebedrag).

Tabel 23 - Subsidiebedrag waarbij techniek rendabel wordt, afgezet tegen werkelijke SDE++-subsidie

Verduurzamingspakket	Subsidie waarbij onrendabele top ten opzichte van wkk wordt overbrugd in 2040 (€ct/kWh)	Effectieve SDE++-subsidie in 2020, oftewel basisbedrag minus correctiebedrag (€ct/kWh)	Vershil tussen subsidiebedrag dat techniek rendabel maakt in 2040 en werkelijke subsidie in 2020 (€ct/kWh)
HT-restwarmte	3,4	1,5	1,9
Bio-wkk	3,5*	2,3	1,2
Geothermie	3,9	2,3	1,6
LT-restwarmte	6,2	2,6	3,6
Biomassaketel	6,3**	2,3	4,1
Wkk op groengas	9,3	-***	9,3
Aquathermie	9,7	8,2	1,5

Verduurzamingspakket	Subsidie waarbij onrendabele top ten opzichte van wkk wordt overbrugd in 2040 (€ct/kWh)	Effectieve SDE++-subsidie in 2020, oftewel basisbedrag minus correctiebedrag (€ct/kWh)	Vershil tussen subsidiebedrag dat techniek rendabel maakt in 2040 en werkelijke subsidie in 2020 (€ct/kWh)
Kaswarmte+wko	10,1	-.***	10,1
Waterstof	39,1	-.***	39,1

* Gemiddelde van het subsidiebedrag (2,2 €ct/kWh) voor een kleine bio-wkk installatie (0,5 tot 5 MW) en het subsidiebedrag (2,4 €ct/kWh) voor een grote bio-wkk installatie (>5 MW). ** Gemiddelde van het subsidiebedrag (2,2 €ct/kWh) voor een kleine biomassaketel (0,5 tot 5 MW) en het subsidiebedrag (2,4 €ct/kWh) voor een grote biomassaketel (> 5 MW) . *** Voor gebruik van waterstof en groengas, alsmede voor de optie kaswarmte + wko was in 2020 geen subsidie uit de SDE++ beschikbaar.

Uit Tabel 21 blijkt dat de huidige subsidieregelingen uit de SDE++ inderdaad niet afdoende zijn om de onrendabele top te overbruggen. Voor HT-restwarmte, bio-wkk en geothermie zou een relatief bescheiden verhoging van de SDE++-subsidie (< 2 €ct/kWh) leiden tot lagere integrale kosten dan bij gebruik van een aardgas-wkk.

5.5.3 Overige effecten

Vanzelfsprekend heeft het verhogen van de subsidiebedragen uit de SDE++ een negatief financieel effect op alle energieconsumenten via de ODE. Door een verhoging van de subsidiebedragen te combineren met een CO₂-heffing kan dit negatieve effect gemitigeerd worden. Tevens zorgt een dergelijke combinatie voor een mix van wortel en stok. Wanneer de verhoging van de subsidiebedragen binnen de SDE++ worden gerealiseerd, kan dit mogelijk ook effect hebben op de subsidiering van andere technieken; het beeld kan immers ontstaan dat een unilaterale verhoging van subsidies in de glastuinbouw onrechtmatig is. Hier is tegenin te brengen dat de huidige subsidiebedragen binnen de glastuinbouw de onrendabele top nog niet vergoeden en dat verhoging dus rechtmatig is. Een andere mogelijke oplossing is om een additioneel vergunningensysteem op te zetten voor de glastuinbouw, al kan een dergelijk systeem op vergelijkbare bezwaren stuiten.

5.6 Conclusie

Beprijzingsopties zijn effectief in een totaalpakket van maatregelen gericht op het wegnemen van alle geïdentificeerde knelpunten. Dit impliceert dat zowel duurzame warmte als CO₂ en de daarbij benodigde infrastructuur in voldoende mate beschikbaar moet zijn. Die kunnen gezien worden als belangrijke randvoorwaarden voor de energietransitie. Indien er voldoende handelingsperspectieven zijn kunnen beprijzingsopties ook echt effectief worden. Uit de doorrekening van de beprijzingsopties kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Een individuele CO₂-prijs voor Scope 1-emissies zorgt – afhankelijk van de hoogte – voor een significante verduurzamingsprikkel. Een vlakke CO₂-heffing ter hoogte van de EUa-prijs leidt tot de grootste prikkel maar ook tot een flinke kostentoeename voor de tuinder. Om de concurrentiepositie van Nederlandse tuinders te behouden kan daarom een marginale belasting worden overwogen, of een mechanisme waarmee belastinginkomsten worden teruggesluisd naar de sector (bij voorkeur naar rato van verduurzaming).
- Een vlaktaks binnen de EB en ODE leidt net als een vlakke CO₂-heffing voor een verduurzamingsprikkel. Tevens zorgt deze maatregel voor een verschuiving van de merit order (eigen elektriciteit opwekken met een bio-wkk of een wkk op groengas wordt minder

aantrekkelijk wanneer elektriciteit minder zwaar belast wordt). Invoering van een vlaktaks kan de huidige tarieven van bedrijven of alle afnemers meer gelijk maken. Dit betekent echter wel dat de tarieven voor grootverbruikers omhoog gaan. De varianten laten zien dat hierin verschillende keuzes mogelijk zijn, hetgeen leidt tot een hoge (7 €/GJ) of minder hoge vlaktaks (4,7 €/GJ).

- Uit de doorrekening van het maatregelpakket CO₂-toedeling + CCU-subsidie blijkt dat het effect op de onrendabele top van de verschillende maatregelpakketten gering is. Dit is niet verrassend aangezien in de knelpuntenanalyse is vastgesteld dat de problemen rondom externe CO₂ voornamelijk op de korte termijn spelen, en het effect op de langetermijnprijs van externe CO₂ naar verwachting bescheiden is. Desalniettemin kan de maatregel problemen rondom leveringszekerheid op de korte termijn verminderen.
- In de knelpuntenanalyse is vastgesteld dat de huidige subsidiebedragen uit de SDE++ vaak niet afdoende zijn om de onrendabele top van een verduurzamingspakket te overbruggen. In de doorrekening wordt dit beeld bevestigd. Een relatief bescheiden verhoging van de subsidiebedragen voor de technieken HT-restwarmte, geothermie en bio-wkk zou leiden tot lagere integrale kosten dan bij gebruik van een aardgas-wkk.

6 Conclusie en aanbevelingen

6.1 Uitkomsten probleemanalyse

In deze studie is een knelpuntenanalyse uitgevoerd en zijn kansrijke beleidsopties geïdentificeerd om tot aanbevelingen te komen over generiek klimaatbeleid in de glastuinbouw. Beprijzingsopties zijn effectief in een totaalpakket van maatregelen gericht op het wegnemen van alle geïdentificeerde knelpunten. Dit impliceert dat zowel duurzame warmte als CO₂ en de daarbij benodigde infrastructuur in voldoende mate beschikbaar moet zijn. Die kunnen gezien worden als belangrijke randvoorwaarden voor de energietransitie in de glastuinbouw. Indien er voldoende handelingsperspectieven zijn kunnen beprijzingsopties ook echt effectief worden.

In deze studie zijn de *integrale kosten* van overstappen van een tuinder naar duurzame warmte geanalyseerd⁴⁷. Daarbij zijn kosten gemiddeld over zes modelteelten⁴⁸. Hierbij is uitgegaan van een referentiesituatie met een wkk-installatie. Wanneer de kosten van duurzame warmte en de hiermee samenhangende externe inkoop van (groene) stroom en (groene) CO₂ minimaal gelijk, en bij voorkeur goedkoper, zijn aan de kosten van een wkk, dan is er een effectief handelingsperspectief om deze overstap te maken. Naast de financiële randvoorwaarde is het ook van belang dat infrastructuur op orde (zowel voor collectieve warmte, CO₂-levering, en elektrificatie) is, en er voldoende CO₂, warmte en (hernieuwbare) elektriciteit beschikbaar is.

Vanwege de verschillende markten voor duurzame warmte, CO₂ en (hernieuwbare) elektriciteit verdient de timing van het generieke beleid gericht op de energietransitie extra aandacht. Een nieuw warmtenet is niet zomaar gerealiseerd. Ook een gevarieerd aanbod van CO₂-bronnen is niet van de een op de andere dag geborgd. Nieuwe investeringen binnen de glastuinbouw worden op natuurlijke vervangingsmomenten gepland. Rekening houdend met de leadtimes van bestaande en nieuwe assets zal generiek beleid ook tijdig vorm moeten krijgen.

Financiële knelpunten (betaalbaarheid)

De probleemanalyse laat zien dat de switch naar duurzame warmte (inclusief CO₂ en elektriciteit) op dit moment onvoldoende financieel aantrekkelijk is. Op de eerste plaats komt dit vanwege de lage kosten van gasinkoop en de relatief hoge elektriciteitsprijzen (de *spark spread*). Hierin spelen marktontwikkelingen zoals de huidige lage gasprijs en relatief hoge elektriciteitsprijzen een belangrijke rol. De verwachting voor prijsontwikkeling is dat de gunstige *spark spread* de komende jaren zal aanhouden en dat wkk's nog een belangrijke rol in de energievoorziening van de glastuinbouw blijven spelen, zeker tot 2030.

⁴⁷ Door deze benadering zijn de uitkomsten niet vergelijkbaar met uitkomsten van PBL-berekeningen voor de onrendabele top. PBL maakt separate berekeningen voor levering van CO₂, duurzame warmte en elektrificatie-opties (boilers en warmtepompen). Er worden aparte categorieën binnen de SDE++ onderscheiden.

⁴⁸ We zien dat de spreiding in zowel kosten als behoefte per teelt groot is.



Het generiek beleid door de overheid versterkt deze prijsverhouding in de markt in aanzienlijke mate. Hierin kunnen de volgende factoren in worden onderscheiden:

- Het gegeven dat de elektriciteitsprijs mede wordt bepaald door EU ETS. Doorgaans vallen de flexibele wkk's in de glastuinbouw niet onder EU ETS en de rest van de elektriciteitssector wel. Hiermee neemt de *clean spark spread*⁴⁹ van wkk's dus verder toe. In de industrie vallen de meeste wkk's onder ETS (20 MW thermisch).
- De tariefstructuur binnen de ODE en energiebelasting (EB) zorgt ervoor dat elektriciteitsinkoop ten opzichte van wkk inzet op dit moment financieel onaanvaardbaar is. Binnen deze tariefstructuur spelen verschillende factoren een rol: de disbalans tussen tarieven van elektriciteit en gas in termen van belaste koolstof/energie-inhoud, de verhoging van de ODE in 2020 (en met name de derde schijf elektriciteit), en specifieke regelingen die gelden voor glastuinbouw.

Het geheel van deze prijsprikkels binnen de EB en ODE belemmert op dit moment een overstap naar duurzame warmte omdat elektriciteitsinkoop ten opzichte van inzet van een wkk onaanvaardbaar is. Het beprijzen van aardgas in een wkk kan bijdragen om de overstap aantrekkelijker te maken. Op dit moment is een vorm van stimulering van wkk's gerechtvaardigd vanwege het efficiencyvoordeel van wkk. Inzet in de glastuinbouw is gemiddeld CO₂-efficiënter dan inkoop van het net. In 2019 kende wkk nog een CO₂-voordeel ten opzichte van gescheiden opwek van warmte en elektriciteit, maar dit voordeel zal tussen 2025 en 2030 verdwijnen door de afnemende CO₂-emissiefactor van het elektriciteitspark. De rol van wkk als flexoptie in het systeem zal in een klimaatneutrale glastuinbouw moeten worden ingevuld met CO₂-neutrale brandstoffen (zoals groengas).

Overige knelpunten (beschikbaarheid en infrastructuur)

De snelgroeiende vraag naar datacentra en elektrificatie in energie-intensieve sectoren zorgt ervoor dat het elektriciteitsnet niet snel genoeg verzwakt kan worden om te voldoen aan alle vraag die er is. Bij een clusterwijze overstap naar collectieve warmte kan in sommige gebieden de piekvraag niet direct gefaciliteerd worden. In veel regio's is het daarom van belang dat het net richting 2030 wordt verzwakt om te kunnen voldoen aan de benodigde capaciteit. De netbeheerders gaan hiermee aan de slag, maar dit kost tijd en hangt onder andere af van de lokale uitbreidingsbehoefte. Timing is hierbij een belangrijk aandachtspunt. Generiek beleid zorgt ervoor dat er een beter beeld ontstaat van de (mogelijke) knelpunten in de toekomst en dat de netbeheerders hierop kunnen inspelen. Het is moeilijk in te schatten welk effect dit zal hebben op genoemde knelpunten en of dit betekent dat de gesignaleerde knelpunten in voldoende mate worden weggenomen.

Ook op het gebied van CO₂-beschikbaarheid speelt timing een belangrijke rol. Op korte termijn kunnen leveringsissues ontstaan indien ETS-bronnen meer fossiele CO₂ gaan leveren aan CCS. Administratieve vereenvoudiging (innovatiepilot) is daarbij essentieel om de bestaande levering van CO₂ zeker te kunnen stellen. De verwachting is dat, gebaseerd op de vraag en aanbodvolumes, de beschikbaarheid van (biogene) CO₂ geen probleem is op de lange termijn. Hierbij zijn de timing en coördinatie van deze levering aan de tuinbouw en de koppeling van CCS en CCU ten behoeve van flexibiliteit en discontinue vraagprofiel van de tuinders belangrijke aandachtspunten. Op termijn kan extra waardering van bio-CCS gevolgen hebben voor de levering van CO₂ aan de glastuinbouw. Vanaf 2050 wil de EC dat er netto sprake is van negatieve emissies in de EU. Dubbele credits van bio-CCS zal betekenen dat CO₂-levering aan tuinders voor aanbieders geen aantrekkelijk alternatief meer vormt.

⁴⁹ De clean spark spread is het verschil tussen de marktprijs voor elektriciteit en de kosten van brandstoffen gebruikt voor de productie van de elektriciteit, met inbegrip van CO₂-emissierechten.



Op het gebied van de warmte-infrastructuur zijn verschillende knelpunten geïdentificeerd. Volgens het eerder gepresenteerde eindbeeld zal aardwarmte in 2040 ongeveer de helft van de benodigde warmtevoorziening in de glastuinbouw moeten dekken. Meer dan 20% van de warmte zal afkomstig moeten zijn van restwarmte uit de industrie en van datacenters. Om dusdanig grote hoeveelheden aardwarmte en restwarmte te realiseren, zullen warmtenetten een belangrijke rol moeten vervullen. Op dit moment zitten investeringsrisico's, het gebrek aan slagkracht van regionale overheden, en tekortschietend bronbeleid hiervoor nog in de weg. Met de komst van de nieuwe warmtewet is de marktordering en duurzaamheid van warmte op zich geregeld, maar zal vooral het flankerend beleid om warmtenetten van de grond te krijgen nog nader ingevuld moeten worden. Dit vergroot de onzekerheid over twee belangrijke toekomstige verduurzamingsopties: restwarmte en geothermie. Het blijft overigens denkbaar dat het Rijk in specifieke grootschalige projecten bij zal moeten springen om te voorkomen dat een warmtenet met grote maatschappelijke baten in de voorfase strandt. De glastuinbouw is voor haar warmte-infrastructuur afhankelijk van andere sectoren zoals de gebouwde omgeving, en andersom. Omdat de overstap naar stadsverwarmingsnetwerken flinke kosten voor de betreffende burgers met zich meebrengt, lijkt financieel flankerend beleid ter aanvulling op de nieuwe warmtewet ook voor de glastuinbouw van belang.

Knelpunten energiebesparing

Energiebesparing vormt een belangrijke technische optie om de ambitie van klimaat-neutraal in 2040 te realiseren. Globaal gaat het om 30% van de warmtevraag in 2040 (24 PJ). Het gedragsaspect speelt hierbij een belangrijke rol. Tuinders zijn behoudend als het gaat om ingrijpen in hun teeltsystemen en nemen geen risico's bij de uitvoering van de maatregelen die ingrijpen op teeltwijzen en risicovol kunnen zijn voor de opbrengst. Het gaat daarbij dus niet alleen om het opdoen van kennis, maar ook om die in verschillende klimaatomstandigheden en teelsituaties op de juiste manier toe te passen, zodat ook op zijn minst de economische productie (productiviteit) behouden blijft. Hierbij speelt de interactie van gedrag, teelt (inclusief plantgezondheid), techniek en energiesysteem met andere gewasaspecten een belangrijke rol. Geconstateerd is dat de huidige aanpak met name gericht is op pilots in de onderzoeksfase en cursussen voor tuinders (Het Nieuwe Telen), maar dat brede uitrol van nieuwe teeltwijzen beleidsmatig niet ondersteund wordt.

Gelijk speelveld andere sectoren

Ten slotte merken we op dat een onderliggend knelpunt op de verschillende deelmarkten samenhangt met het ontbreken van effectieve CO₂-prijsprikkel in de glastuinbouw. Een hogere CO₂-prijs draagt bij aan voldoende vraag naar CO₂-vrije warmte, groene CO₂, zeker in markten waarin andere sectoren steeds meer bereidheid tot betalen laten zien en dus concurrenten vormen van de glastuinbouw. Een hogere CO₂-prijs verkleint het risico dat warmte en CO₂ in de toekomst geleverd wordt aan sectoren die een hogere betalingsbereidheid kennen, met name als schaarste optreedt. Een hogere CO₂-prijs maakt ook energiebesparing aantrekkelijk en beloont voorlopers die durven te experimenteren met nieuwe teeltsystemen en gedragsmatige verandering. Voor alle opties geldt echter dat er voldoende handelingsperspectief moet zijn om beprijzing echt effectief te maken. Daarbij dient de nuancering te worden gemaakt dat beprijzing van kleinere glastuinbouwbedrijven zonder wkk lastig is. Deze bedrijven vormen rond de 70% van de bedrijven in de sector en rond de 10% van het energiegebruik.



6.2 Aanbevelingen

Uit de probleemanalyse en het doorrekenen van vier pakketten van kansrijke maatregelen volgen enkele belangrijke beleidsimplicaties. Effectief beleid gericht op de ambitie om in 2040 klimaatneutraal te zijn zal minimaal moeten bestaan uit:

- Aanpassing van de tariefstructuur gericht op een meer gelijke prikkel per ton CO₂. Dit geldt zowel de tariefstructuur voor aardgas en elektriciteit, als de tariefstructuur per verbruiksschijf
- Effectieve CO₂-beprijzing van Scope 1-emissies. Een vlakke CO₂-heffing ter hoogte van de EUa-prijs leidt tot de grootste prikkel maar ook tot een flinke kostentoeename voor de tuinder. Om de concurrentiepositie van Nederlandse tuinders te behouden kan daarom een belasting in de marge (op basis van bijvoorbeeld een benchmark per gewas) worden overwogen, of een mechanisme waarmee belastinginkomsten worden teruggesluisd naar de sector (bij voorkeur naar rato van verduurzaming).

Daarbij zal ook de subsidie-aanpak effectiever gericht dienen te zijn op de specifieke situatie in de glastuinbouw. De huidige subsidiebedragen uit de SDE++ zijn vaak niet toereikend om de onrendabele top van een verduurzamingspakket te overbruggen. In de doorrekening wordt dit beeld bevestigd. Een relatief bescheiden verhoging van de subsidiebedragen voor de technieken HT-restwarmte, geothermie en bio-wkk zou leiden tot lagere integrale kosten dan bij gebruik van een aardgas-wkk. Wij merken daarbij op dat de juiste combinatie van heffingen en subsidies ook betekent dat de totale subsidiebehoefte voor duurzame warmte uiteindelijk aanzienlijk verkleind kan worden.

We komen op basis van onze analyse met de volgende beleidsaanbevelingen:

1. Zorg voor een langetermijnvisie en schets de transitie van de wortel naar de stok (met subsidies, geboden, verboden en belastingen). De reden hiervoor is dat het investeringsperspectief van de ondernemingen hier vaak vanaf hangt.
2. Idealiter worden alle emissies van alle sectoren belast op het EU niveau (kan door middel van accijns, belastingen, etc.). Belangrijkste hierbij is dat dit op Europees niveau zonder uitzonderingen geregeld moet worden. De invulling van de Green Deal, door middel van uitbreiding van EU ETS en/of de aanpassing van de Belastingrichtlijn (Energy Taxation Directive), bieden hiertoe concrete aanknopingspunten. Als alternatief kan gedacht worden aan een Nederlandse invulling, onder voorwaarde dat de beprijzing ten opzichte van het buitenland in balans moet zijn. Gevolgen voor de concurrentiepositie zijn afhankelijk van verschillende factoren, niet alleen energiekosten.
3. Meer focus noodzakelijk op zowel besparing van energie als CO₂-dosering in de kas, in relatie met teeltsystemen en besparingsgedrag om ervoor te zorgen dat uiteindelijk minder duurzame warmte en CO₂ hoeft te worden ingekocht (of opgewekt). Voor beide geldt dat de huidige prikkels om te besparen te beperkt zijn.
4. Zorg ervoor dat ook de infrastructuur voor CO₂ en warmte op orde is.

Suggesties voor een totaalpakket aan maatregelen

Op basis van bovenstaande deelconclusies kan nagedacht worden over een mogelijk totaalpakket van samenhangende beleidsopties. Alle vier de doorgerekende beleidsopties kunnen hierin een belangrijke rol spelen: een CO₂-heffing, aanpassing van de EB- en ODE-tarieven naar een vlakkere systematiek en hogere warmtesubsidies zouden samen de businesscase voor verduurzaming significant verbeteren. Daarbij zijn ook de randvoorwaarden voor een goede CO₂-levering en duurzame warmte ingevuld, inclusief de daarvoor benodigde infrastructuur. Om te voorkomen dat tuinders op de korte termijn terughoudend zijn vanwege schaarste van externe CO₂ zou het maatregelpakket kunnen worden aangevuld met CO₂-toedeling + CCU.



Bij de precieze invulling van dit totaalpakket moet ten slotte oog zijn voor concurrentiegevolgen en de impact op andere sectoren (met name de impact van tariefwijzigingen binnen de EB en ODE zijn hierbij relevant). Ook is het belangrijk om te herhalen dat de hierboven gepresenteerde doorrekeningen (gewogen) gemiddelden betreffen. De sector kent een enorme heterogeniteit in de vorm van o.a. verschillende teelten, omvang van de bedrijven, locaties (binnen of buiten een groot cluster), en nabijheid tot warmtebronnen. Hierdoor is een vorm van (regionaal) maatwerk altijd van belang.



7 Bibliografie

AAB, sd *Glastuinbouw 2030 'Klimaatneutraal'*, sl: sn

Anderson, B. et al., 2021. Het beleid voor een CO2-arme industrie in Nederland kan efficiënter. *ESB*, Issue te verschijnen, pp. 2-4.

Belastingdienst, 2020. *Tabellen tarieven milieubelastingen*. [Online]

Available at:

https://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/overige_belastingen/belastingen_op_milieugrondslag/tarieven_milieubelastingen/tabellen_tarieven_milieubelastingen

[Geopend November 2020].

Berenschot, 2018. *Het 'warmtescenario': beelden van een op warmte gerichte energievoorziening in 2030 en 2050*, sl: Berenschot.

Berenschot & Kalavasta, 2020. *Klimaatneutrale energiescenario's 2050*, sl: sn

CBS, 2020a. *Elektriciteitsproductie naar recordhoogte*. [Online]

Available at: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2020/12/elektriciteitsproductie-naar-recordhoogte>

[Geopend maart 2021].

CBS, 2020b. *Huishoudens betalen bijna 10 procent minder voor hun energie*, Den Haag/Heerlen: CBS.

CE Delft, 2019. *Rapportage systeemstudie energie-infrastructuur Noord-Holland 2020-2050*, Delft: CE Delft.

CE Delft; Ecorys, 2021. *Evaluatie van de energielasting : Terugkijken (1996-2019) en vooruitzien (2020-2030)*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2017. *Handboek milieuprijzen 2017*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2018a. *Beleidsvaluatie Energie-investeringsaftrek 2012-2017*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2018b. *Beleidsvaluatie MIA/Vamil*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2020a. *Bio-Scope. Toepassingen en beschikbaarheid van duurzame biomassa*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2020b. *Evaluatie instrumentarium glastuinbouw*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2020c. *Klimaat effecten importheffing afval: Een toelichting van CE Delft op vragen van Attero*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2020d. *Potentieel van lokale biomassa en invoedlocaties van groengas*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2020e. *ODE-impact op dindustrie : effecten op kosten en verduurzaming*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2021a. *Evaluatie van de energielasting: terugkijken (1996-2019) en vooruitzien (2020-2030)*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2021b. *Groeiprojecties energieintensieve industrie*, Delft: CE Delft.

CE Delft, 2021c. *Windenergie voor elektrificatie*, Delft: CE Delft.



- CE Delft, 2021d. *Systeemstudie Energieinfrastructuur Zuid-Holland : Integrale systeemstudie gas, elektriciteit, CO2 en warmte 2020-2030-2050*, Delftd: CE Delft.
- CPB & PBL, 2019. *Economische effecten van CO2-beprijzing: Varianten vergeleken*, Den Haag: Centraal Planbureau (CPB); Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
- EBN, 2018. *Masterplan aardwarmte in Nederland*, sl: Energie Beheer Nederland.
- ECN & PBL, 2016. *Effort Sharing Regulation: gevolgen voor Nederland*, sl: sn
- Ecorys, 2020. *Analyse van de emissiereductie door levering afgevangen CO2 aan de glastuinbouw*, Rotterdam: Ecorys.
- Energinet, 2016. *Technology Data for Energy Plants for Electricity and District heating*, Copenhagen: Danish Energy Agency (DEA).
- Gasunie, 2018. *Verkenning 2050*, sl: Gasunie.
- Glastuinbouw Nederland, 2018. *Visiedocument Energie*, sl: Glastuinbouw Nederland.
- Groenten Nieuws, 2013. *Verticaal ventileren: Hogere opbrengst en lager energieverbruik*. [Online]
Available at: <https://www.groentennieuws.nl/article/95824/verticaal-ventileren-hogere-opbrengst-en-lager-energieverbruik/>
[Geopend Maart 2021].
- Havenbedrijf Rotterdam, 2020. *Haven van Rotterdam wordt internationale waterstofhub*, Rotterdam: Havenbedrijf Rotterdam N.V..
- HoSt, 2020. *www.host.nl*. [Online]
Available at: <https://www.host.nl/nl/unieke-biomassacentrale-in-andijk-90-lagere-nox-emissie-dan-aardgasketels-en-gasmotoren/>
[Geopend 27 Februari 2020].
- Innovation Origins, 2020. *Industrie kan tot 10 procent energie besparen met gelijkstroom*. [Online]
Available at: <https://innovationorigins.com/nl/industrie-werkt-duurzamer-met-gelijkstroom/>
[Geopend Maart 2021].
- Kamer van Koophandel, 2021. *Klimaatakoord: wat betekent het voor glastuinbouwers?*. [Online]
Available at: <https://www.kvk.nl/advies-en-informatie/innovatie/duurzaam-ondernemen/klimaatakoord-wat-betekent-het-voor-glastuinbouwers/>
[Geopend maart 2021].
- Kas als Energiebron, 2021. *Onderzoeken en Projecten*. [Online]
Available at: <https://www.kasalsenergiebron.nl/onderzoek/>
[Geopend 2021].
- Lowtech Magazine, 2016. *Een huishouden op gelijkstroom?*. [Online]
Available at: <https://www.lowtechmagazine.be/2016/02/zonne-energie-installatie-op-dc-gelijkstroom.html#:~:text=Uitwisseling%20van%20gelijkstroom%20elektriciteit%20met,een%20energiebesparing%20van%2025%25%20verwachten>
[Geopend maart 2021].
- Ministerie van EZ; Glastuinbouwsector, 2013. *Meerjarenafpraak Energietransitie Glastuinbouw 2014-2020*, sl: sn
- OECD, 2021. *Policies for a climate-neutral industry: lessons from the Netherlands*, Paris: OECD Publishing.



Onder Glas, 2018. *Ultradun glas is interessant voor energiezuinige kas van de toekomst*. [Online]

Available at: <https://www.ouderglas.nl/ultradun-glas-is-interessant-energiezuinige-kas-toekomst/>

[Geopend maart 2021].

PBL, 2017. *Nationale Energieverkenning 2017*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

PBL, 2020a. *Conceptadvies SDE++ 2021 Energie uit water*. [Online]

Available at: https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-conceptadvies-sde-plus-plus-2021-energie-uit-water_4109.pdf

[Geopend 9 3 2021].

PBL, 2020b. *Conceptadvies SDE++ 2021 Benutting restwarmte uit industrie of datacenters*. [Online]

Available at: https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-conceptadvies-sde-restwarmte_4113.pdf

[Geopend 15 3 2021].

PBL, 2020c. *CONCEPTADVIES SDE++ 2021 Geothermie*. [Online]

Available at: https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-conceptadvies-sde-plus-plus-2021-geothermie_4110.pdf

[Geopend 12 3 2021].

PBL, 2020d. *Conceptadvies SDE++ 2021 verbranding en vergassing van biomassa*. [Online]

Available at: https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-conceptadvies-sde-plus-plus-2021-verbranding-en-vergassing-van-biomassa_4107.pdf

[Geopend 10 3 2021].

PBL, 2020e. *Klimaat- en energieverkenning (KEV) 2020*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

PBL, 2021. *Eindadvies basisbedragen SDE++ 2021*, Den Haag: PBL.

Rijksoverheid, 2020. *Brief van de de ministers van EZK en LNV d.d. 20 juli 2020 ; Kabinetsaanpak Klimaatbeleid (glas)tuinbouw, kst. 32813 en 32627, nr. 561*, Den Haag: Tweede Kamer der Staten-Generaal.

Rijksoverheid, 2021. *Wijziging van de Wet belastingen op milieugrondslag en de Wet Milieubeheer voor de invoering van een CO2-heffing voor de industrie (Wet CO2-heffing industrie)*. 3575 3 *Memorie van Toelichting*, Den Haag: Rijksoverheid.

Royal HaskoningDHV, 2020. *Samenvatting rapport CO2-markt*, Amersfoort: Royal HaskoningDHV.

Stimular, sd *Filters luchtbehandeling: Juiste levensduur en energielabel A+*. [Online]

Available at: <https://www.stimular.nl/maatregelen/levensduur-en-energielabel-filters-luchtbehandeling>

[Geopend Maart 2021].

UNFCCC, 2020. *Netherlands. 2020 Common Reporting Format (CRF) Table*, sl: UNFCC.

WEcR, 2018. *Prognoses CO2-emissie glastuinbouw 2030*, Wageningen: Wageningen Economic Research.

WEcR, 2019. *CO2-behoefte glastuinbouw 2030*, Wageningen: Wageningen Economic Research.

WEcR, 2020. *Energiemonitor van de Nederlandse glastuinbouw 2019*, Wageningen: Wageningen Economic Research (WEcR).



WUR, 2014. *Energiebelasting en de glastuinbouw*, Wageningen: LEI Wageningen UR.

WUR, 2019. *Tuinbouw zonder fossiele energie*, Wageningen: Stichting Wageningen Research.

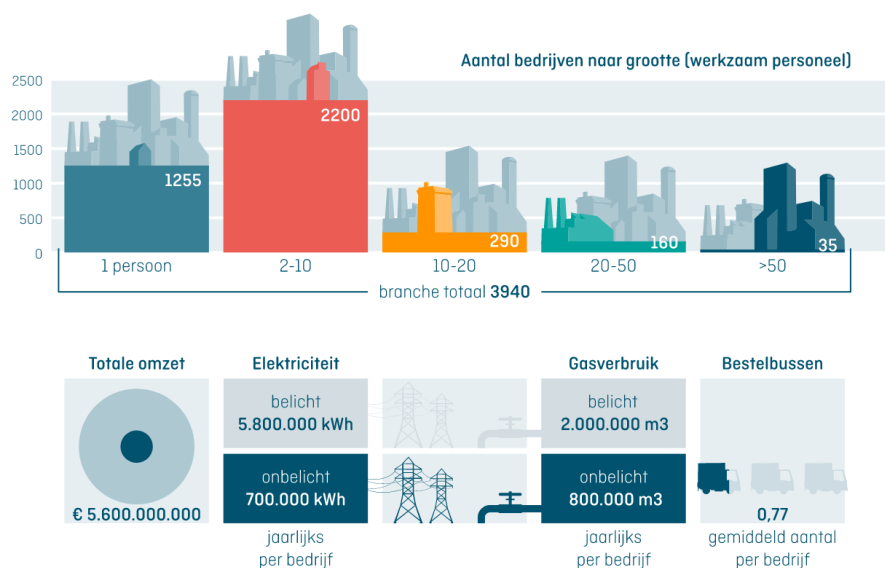


A Huidige situatie en ambities glastuinbouw

A.1 De branche

De glastuinbouw is een diverse branche met relatief veel kleine bedrijven (< 10 werknemers). Daar staat tegenover dat de glastuinbouw een van de meest energie-intensieve sectoren in Nederland is: energiekosten bedragen gemiddeld zo'n 20% van de bruto totale kosten (WUR, 2014). Een belangrijk onderscheid is te maken tussen belichte en onbelichte bedrijven. Figuur 18 laat zien dat het gemiddelde energieverbruik van belichte bedrijven fors groter ligt dan dat van onbelichte bedrijven.

Figuur 18 - Overzicht branche naar bedrijfsgrootte en gebruik verlichting



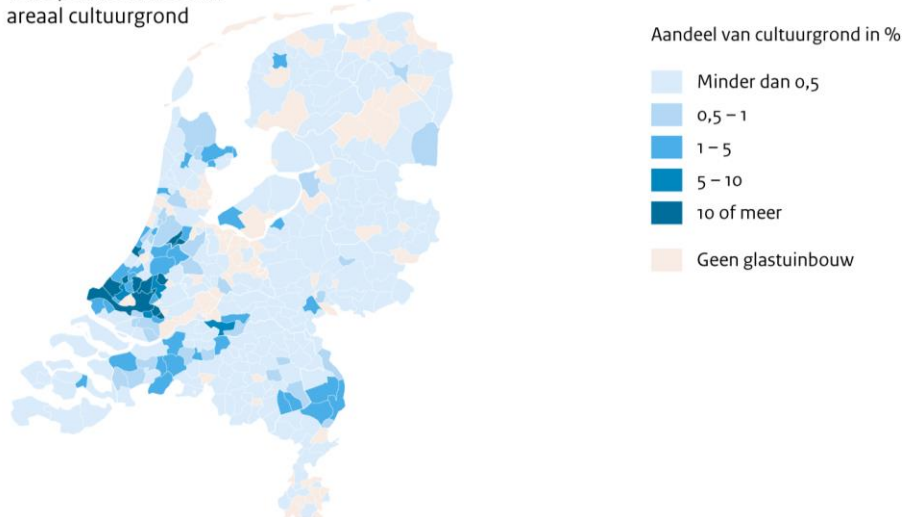
Bron: MKB Impacttoets Klimaatakkoord, bewerking door Kamer van Koophandel, 2021.

De glastuinbouw kent tevens een significante ruimtelijke clustering. In 2015 bevond 52% van de bedrijven zich in de provincie Zuid-Holland. Andere regio's waar veel glastuinders zijn gevestigd zijn Noord-Holland, Noord-Limburg en West-Brabant.

Figuur 19 - Regionale spreiding van glastuinders

Areaal glastuinbouwbedrijven per gemeente, 2015

Ten opzichte van totaal
areaal cultuurgrond



Bron: Compendium voor de Leefomgeving, 2015.

A.2 Verschillende typen bedrijven

De Nederlandse glastuinbouw kent een breed scala aan teelten en iedere teelt vereist een specifieke, voor die teelt geoptimaliseerde, bedrijfsvoering. Om toch uitspraken te kunnen doen over verschillende typen bedrijven, sluiten we in rapport aan bij de voorbeeldteelten die worden geformuleerd in een recent rapport van Wageningen University (WUR, 2019). De auteurs onderscheiden zes teelten die samen model staan voor zo'n 93% van het Nederlandse glastuinbouwareaal. Hieronder schetsen we de eigenschappen van deze verschillende teelten, waarbij wordt aangenomen dat er nog geen verduurzamingslag in de bedrijfsvoering heeft plaatsgevonden.

Onbelichte tomatenteelt

De onbelichte tomatenteelt kent een bedrijfsvoering die vergelijkbaar is met zo'n 30% van het glastuinbouwareaal. De temperatuur van de kas wordt tussen de 16-20°C gehouden. De daarvoor benodigde warmte bedraagt zo'n 35 m³ aardgas equivalenten (a.e.) per m² per jaar. De CO₂-dosering voor de onbelichte tomatenteelt ligt momenteel rond de 33 kg/m² per jaar, maar bij hogere CO₂-prijzen zullen tuinders waarschijnlijk voor een lagere dosering kiezen. Hoewel het jaarlijkse elektriciteitsverbruik in de onbelichte tomatenteelt vrij laag is (15 kWh/m²), maken veel tuinders toch gebruik van een warmtekrachtkoppeling (wkk). Deze wordt primair ingezet voor de CO₂- en de warmtevoorziening; de opgewekte elektriciteit wordt grotendeels verkocht aan het openbare net.

Belichte tomatenteelt

De belichte tomatenteelt staat model zo'n 15% van het glastuinbouwareaal. Net als bij de onbelichte tomatenteelt wordt de temperatuur in de kas tussen de 16-20°C gehouden. De jaarlijkse warmtebehoefte ligt met 32 m³ a.e. per m² iets lager dan bij de onbelichte tomatenteelt, omdat ook de belichting warmte genereert. Het elektriciteitsgebruik ligt veel

hoger dan bij de onbelichte teelt met 340 kWh/m² per jaar. De CO₂-behoefte ligt met 46 kg/m² ook fors hoger omdat bij de onbelichte teelt alleen tijdens zonuren CO₂ wordt gedoseerd. Wederom speelt de CO₂-prijs hier een belangrijke rol. Op dit moment wordt CO₂ veelal zelf opgewekt via een wkk, maar wanneer in de toekomst extern CO₂ zal moeten worden ingekocht, zullen tuinders waarschijnlijk kiezen voor een lagere dosering.

Belichte chrysantenteelt

De belichte chrysantenteelt staat model voor zo'n 24% van het glastuinbouwareaal. De temperatuur van de kas wordt 's nachts op 18°C gehouden en overdag op 19°C. Er wordt verwarmd met zowel buizen boven het gewas als buizen in het gewas. De warmtevraag ligt lager dan bij de groenteteelten: op jaarbasis zo'n 23 m³ a.e. per m². Er wordt geventileerd wanneer de kas te warm of te vochtig is. De CO₂-dosering voor chrysanten bedraagt 25 kg/m², maar zal vermoedelijk afnemen bij hogere CO₂-prijzen. De elektriciteitsbehoefte is met 154 kWh/m₂ per jaar hoog, en veel tuinders gebruiken dan ook een wkk.

Belichte alstroemeriateelt

De belichte alstroemeriateelt staat model zo'n 7% van het glastuinbouwareaal. De temperatuur in de kas wordt relatief laag gehouden, tussen de 14-18°C. De warmtevraag op jaarbasis is dan ook laag: 14 m³ a.e. per m². Net als bij de voorgaande teelten wordt er geventileerd bij een te hoge kastemperatuur of luchtvochtigheid. De CO₂-dosering bedraagt momenteel 25 kg/m², gelijk aan die van de chrysantenteelt, maar zal wederom afnemen bij hogere CO₂-prijzen. Het jaarlijkse stroomgebruik wordt geschat op 182 kWh/m². Ook bij de belichte alstroemeriateelt wordt veel gebruik gemaakt van wkk.

Warme potplantenteelt

De warme potplantenteelt staat model voor 14% van het glastuinbouwareaal. De temperatuur in de kas wordt rond de 20°C gehouden. Bij een te hogetemperatuur of luchtvochtigheid wordt er geventileerd. De huidige CO₂-input is 14 kg/m² en daarmee relatief laag vergeleken met de andere teelten. Ook het elektriciteitsverbruik is momenteel erg laag: slechts 8 kWh/m² per jaar. De warmtevraag is daarentegen fors met 31 m³ a.e. per m², waardoor er veel gebruik gemaakt wordt van wkk (de elektriciteit wordt verkocht op het net).

Radijsteelt

De radijs staat model voor 2% van het glastuinbouwareaal. De radijs wordt relatief koud geteeld, de temperatuur wordt tussen de 6°C en 14°C gehouden. De warmtevraag is dan ook beperkt: 8 m³ a.e. per m² per jaar. Vanaf een temperatuur hoger dan 14°C wordt er geventileerd en bij 20°C staan alle ramen volledig open. Er wordt ook geventileerd om de luchtvochtigheid te reguleren. De jaarlijkse CO₂-input is met 3 kg/m² het laagst van de zes voorbeeldteelten. Ook het elektriciteitsgebruik is erg bescheiden met 3 kWh/m² per jaar. In de radijsteelt wordt vanwege de lage warmte- en elektriciteitsvraag geen wkk gebruikt.



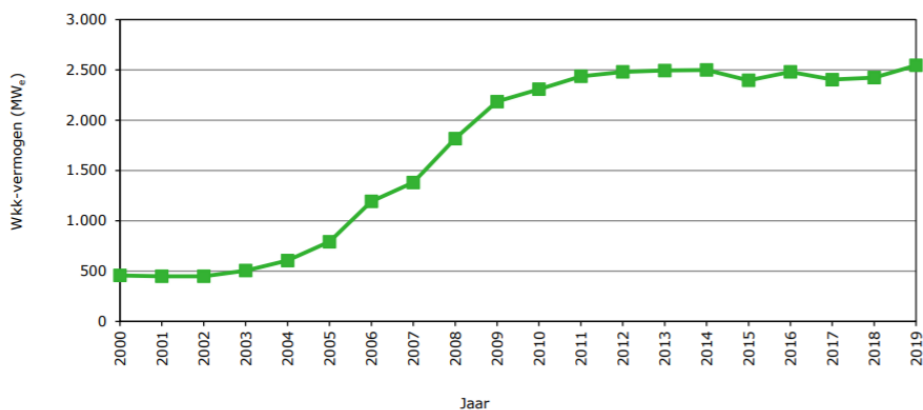
A.3 De energievoorziening van een tuinder

Standaard opstelling

Zoals in de vorige paragraaf werd beschreven, maakt een groot deel van de tuinders voor zijn energievoorziening gebruik van een warmtekrachtkoppeling (wkk). Een wkk draait traditioneel op aardgas en produceert zowel warmte als elektriciteit. Ook komen er bij de verbranding van aardgas rookgassen vrij, waar zuiver CO₂ uit kan worden gefilterd. Deze CO₂ wordt vervolgens de kas in gebracht om de productiviteit van de teelt te bevorderen.

Naast een wkk hebben veel tuinders een aardgasketel in hun ketelhuis opgenomen. Deze aardgasketel kan extra warmte leveren op piekmomenten, zoals tijdens een koude winterperiode. Ook dient de aardgasketel als back-up voorziening. Ten slotte beschikken de meeste tuinders met een wkk ook over een warmtebuffer - een tank waarin de gegeneerde warmte tijdelijk kan worden opgeslagen. De warmtebuffer zorgt ervoor dat de wkk overdag kan draaien: de elektriciteit en CO₂ wordt opgewekt wanneer deze nodig of voordelig zijn, terwijl de warmte tijdens de koudere nachten kan worden gebruikt.

Figuur 20 - Opgesteld wkk-vermogen over de jaren heen



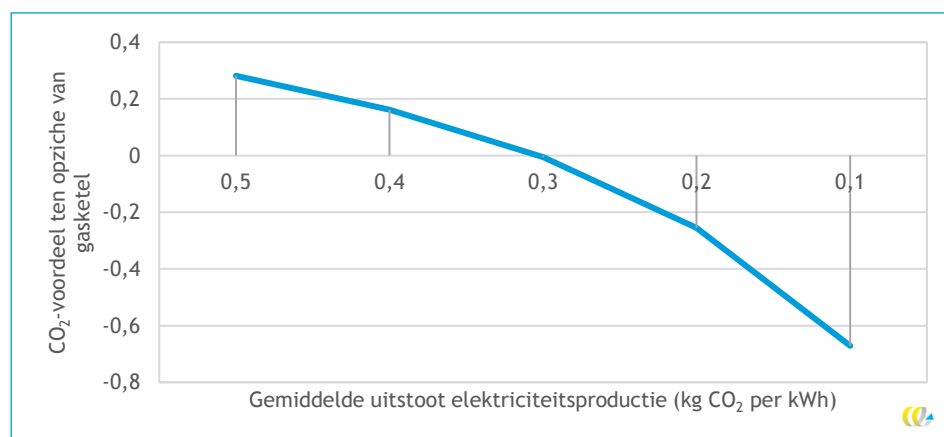
Bron: Energiemonitor van de Nederlandse Glastuinbouw 2019, WEcR

Energie- en CO₂-besparing door wkk-gebruik

Een wkk heeft een totaalrendement (vaak 42% elektrisch + 50% thermisch) dat hoger ligt dan bij de gescheiden opwekking van elektriciteit en warmte. Op dit moment zorgt gebruik van wkk dan ook voor besparing op het primaire energiegebruik. Hetzelfde geldt voor de uitstoot van broeikasgassen. Bij het schrijven van dit rapport kent het Nederlandse elektriciteitspark nog een vrij hoge CO₂-emissiefactor (0,43 kg per kWh in 2018) waardoor gescheiden opwekking van elektriciteit en warmte tot hogere CO₂-emmissies leidt dan bij gebruik van een wkk. Door het gebruik van aardgas-wkk's lag in 2019 de CO₂-uitstoot van de glastuinbouw 1,6 Mton hoger en die van elektriciteitscentrales 2,5 Mton lager. Op nationaal niveau werd daarmee zo'n 0,9 Mton CO₂-emissies vermeden (WEcR, 2020). De CO₂-emissiefactor van het Nederlandse elektriciteitsmarkt neemt echter in rap tempo af. Wanneer de gemiddelde emissiefactor daalt tot 0,3 kg CO₂ per kWh zal een wkk die continu draait geen CO₂-voordeel meer opleveren. Volgens de KEV wordt een dergelijke emissiefactor al voor 2025 bereikt (PBL, 2020e). Wkk's die flexibel ingezet worden kunnen echter voor emissiereductie blijven zorgen zolang zij de flexibele inzet van gascentrales

voorkomen, een STEG met een rendement van 45-55% heeft namelijk emissies van 350-450 per kWh. Bij flexibele wkk's wordt dit omslagpunt richting 2030 bereikt. Bij een lager rendement, bijvoorbeeld 30%, zal het omslagpunt eerder zijn en bij een hoger rendement, bijvoorbeeld 50%, ligt dit omslagpunt later. Dit verandert het beeld niet dat het omslagpunt bij must-run wkk's voor 2025 wordt bereikt en bij flexibele wkk's richting 2030.

Figuur 21 - CO₂ voordeel van wkk ten opzichte van gescheiden opwek



Bron: CE Delft (2020e) ODE-impact op industrie.

Financieel voordeel wkk

De voornaamste reden dat zoveel tuinders beschikken over een opstelling met wkk, heeft echter niet te maken met energie-efficiëntie, maar met de gunstige *spark spread*. De spark spread geeft het verschil weer tussen de marktprijs voor elektriciteit en de kosten voor het opwekken van die elektriciteit met behulp van aardgas. De spark spread wordt ook beïnvloed door kenmerken van de wkk, zoals het rendement, CO₂-levering en flexibiliteit. Door de gunstige verhouding tussen de gasprijs en elektriciteitsprijs is het momenteel erg voordelig voor een tuinder om met behulp van een wkk meer elektriciteit te produceren dan nodig is voor eigen gebruik. De overtollige elektriciteit wordt dan verkocht aan het net. Het flexibele wkk-vermogen komt daarmee ook de stabiliteit van het net ten goede.

Daarnaast kennen de EB en de ODE een inputvrijstelling voor aardgas dat wordt gebruikt in een wkk. Samen met de vrijstelling voor de met wkk geproduceerde elektriciteit voor eigen gebruik maakt dit wkk voordeliger dan inkoop van elektriciteit. De ODE-tarieven voor 2020 vergroten het verschil in het nadeel van elektriciteit. Daarbij geldt dat ook bij de energiebelasting tot 36.000 GJ de tarieven voor elektriciteit hoger zijn dan gas.

De glastuinbouw is netto stroomleverancier

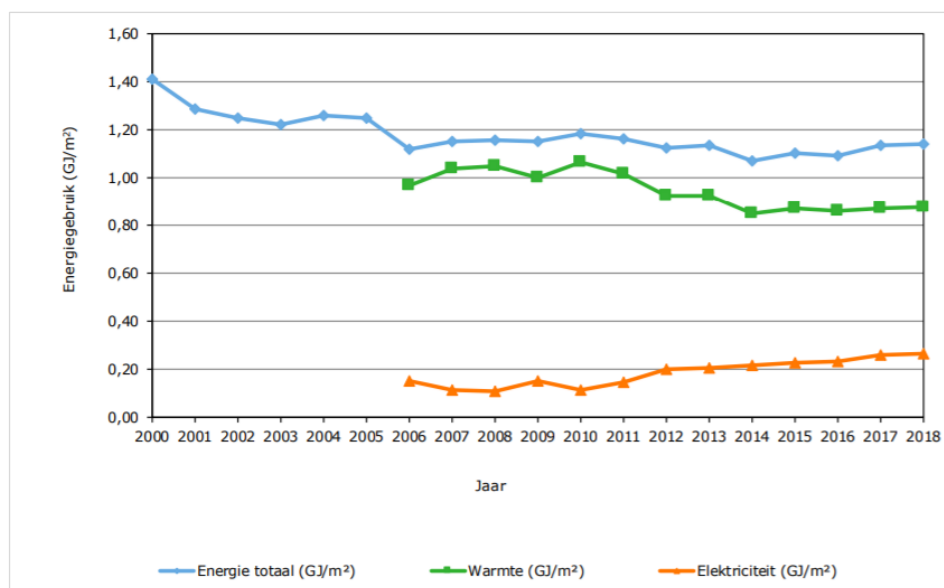
In 2019 was op zo'n 62% van het glastuinbouwareaal een wkk in gebruik; het totale elektrisch vermogen kwam uit op ongeveer 2.550 MW. Bij elkaar zorgden deze opgestelde wkk's voor een toename van de totale elektriciteitsproductie in de glastuinbouw tot een totaal van 10,5 TWh - gelijk aan 9% van de nationale consumptie. Hiervan werd 56% verkocht aan het net, en 44% gebruikt voor de eigen elektriciteitsvoorziening (WEcR, 2020).

A.4 Energiegebruik glastuinbouw

Warmte en elektriciteit

Het totaal energiegebruik in de glastuinbouw nam in 2019 toe tot 106,8 PJ en bestond voor circa 74% uit warmte (79 PJ) en voor de resterende 26% uit elektriciteit (28 PJ) (WEcR, 2020). In 2010 bedroeg het aandeel van warmte in het totale energiegebruik nog 90%. Er heeft dus een verschuiving opgetreden van warmte naar elektriciteit. Deze verschuiving is met name toe te schrijven aan een toename van groeilicht.

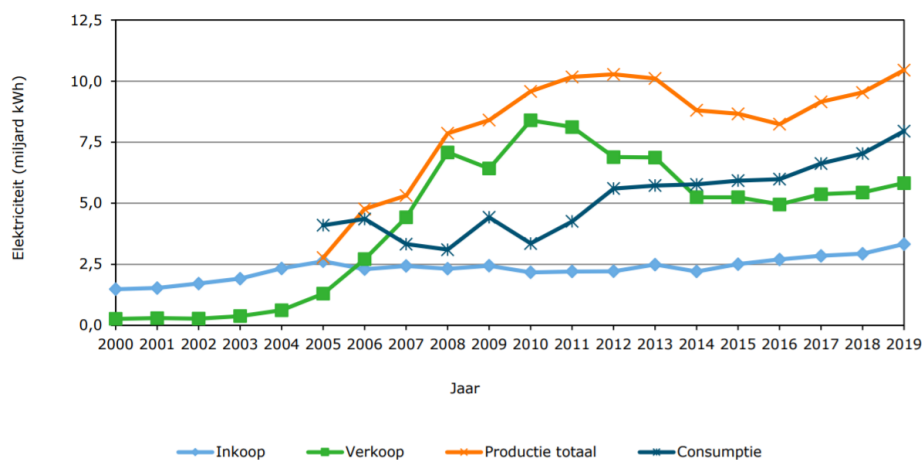
Figuur 22 - Historisch elektriciteits- en warmtegebruik in de glastuinbouw



Bron: Energiemonitor van de Nederlandse Glastuinbouw 2019, WEcR.

De consumptie van elektriciteit in de glastuinbouw neemt al jaren toe door als gevolg van een grotere vraag naar energie-intensievere glastuinbouwproducten (veelal gewassen die ook in de winter worden belicht). In 2019 bedroeg de consumptie van elektriciteit in de glastuinbouw zo'n 8 TWh, oftewel 6% van de nationale consumptie. Een kleine 60% van deze elektriciteit werd door tuinders zelf opgewekt met behulp van wkk's. De rest werd ingekocht. Omdat de glastuinbouw meer elektriciteit verkoopt dan inkoopt, blijft de sector echter een netto-elektriciteitsleverancier.

Figuur 23 - Productie en consumptie van elektriciteit in de glastuinbouw

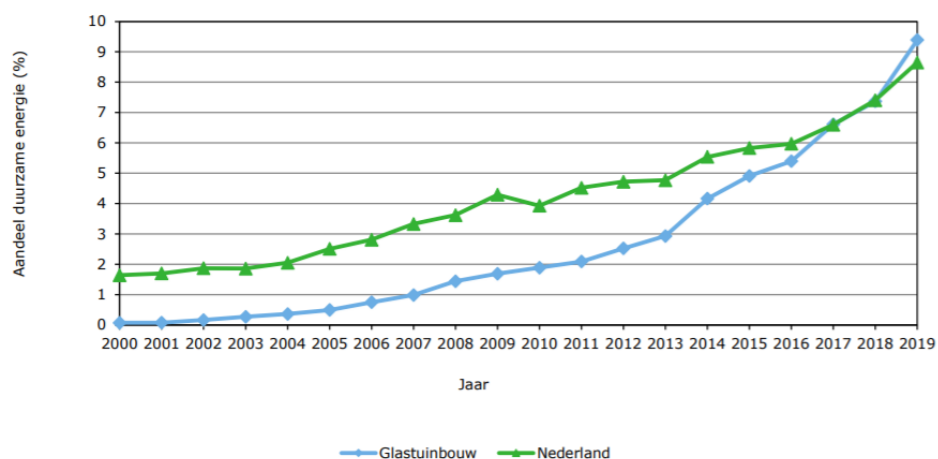


Bron: Energiemonitor van de Nederlandse Glastuinbouw 2019, WEcR.

Duurzaam energiegebruik glastuinbouw

Het aandeel duurzame energie in het totale energiegebruik maakte in 2019 een flinke stijging door tot 9,4% - oftewel 10 PJ. Daarmee scoorde de glastuinbouw voor het eerst beter op duurzaam energiegebruik dan Nederland als geheel.

Figuur 24 - Duurzaam energiegebruik in de glastuinbouw

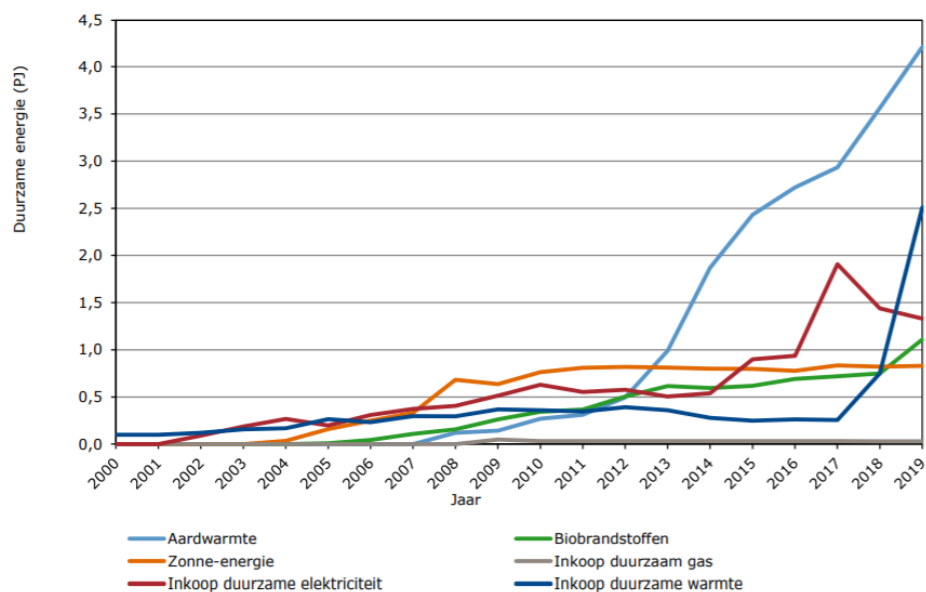


Bron: Energiemonitor van de Nederlandse Glastuinbouw 2019, WEcR.

Het leeuwendeel van de duurzame energie kwam op rekening van duurzame warmte: 86% van de duurzame energie bestond uit warmte, waarvan 72% door de sector werd opgewekt, en 28% werd ingekocht. De grootste duurzame warmtebron is op dit moment geothermie: in 2019 maakten 84 bedrijven gebruik van aardwarmte.



Figuur 25 - Opbouw duurzaam energiegebruik in de glastuinbouw



Bron: Energiemonitor van de Nederlandse Glastuinbouw 2019, WEcR.

A.5 Ambities van de sector

In het Klimaatakkoord is de ambitie uitgesproken dat de glastuinbouw in 2040 volledig klimaatneutraal opereert. In het Klimaatakkoord is tevens de ambitie gesteld dat in 2030 de totale broeikasuitstoot gereduceerd is met 3,5 Mton. Aanvullend beleid lijkt daarvoor noodzakelijk: in de NEV 2017 werd de uitstoot van de sector in 2030 geraamd op 4,5 Mton (PBL, 2017). Deze ambitie is echter met randvoorwaarden opgesteld, voordat de wijzigingen in de ODE-tariefstelsel en de industriële CO₂-heffing zijn ingevoerd en de effecten op deze geformuleerde ambitie bekend waren. Op dit moment wordt de ambitie door partijen nader geanalyseerd en wordt er een nieuw doel voor 2030 bepaald die zal worden opgenomen in een nieuw convenant.

Naast ambities voor de totale CO₂-uitstoot zijn ook specifieke ambities voor verschillende verduurzamingstechnieken opgenomen in het Klimaatakkoord. Zo heeft de tafel het doel geformuleerd om in 2030 ten minste 35 nieuwe geothermieprojecten te realiseren, bovenop de bestaande zeventien projecten ten tijde van het akkoord. Met deze 35 nieuwe projecten moet het totale vermogen aan aardwarmte neerkomen op ongeveer 25 PJ in 2030 (CE Delft, 2020b). Ook is het doel geformuleerd om het gebruik van restwarmte te intensiveren tot 10 PJ in 2030. Op dit moment wordt zo'n 5,2 PJ aan restwarmte ingekocht, waarvan 2,4 PJ duurzame restwarmte. Omdat verduurzaming van de warmtevoorziening vaak ten koste gaat van de CO₂ die nu vrijkomt bij wkk-gebruik, heeft de tafel tevens de ambitie geformuleerd om in 2030 een externe CO₂-voorziening van 2,0 Mton op jaarbasis te realiseren. Dit behelst een toename van 1,3 Mton ten opzichte van 2019. Dit zijn allemaal randvoorwaarden om de gestelde ambities te halen. Het halen van de randvoorwaarden is mede afhankelijk van externe factoren, zoals beleid in andere sectoren.

A.6 Effort Sharing Regulation

In 2016 heeft de Europese Commissie een voorstel uitgebracht voor de Effort Sharing Regulation. Per lidstaat worden er doelen gesteld voor de broeikasgasemissies die niet onder het Europese Emissiehandelssysteem (EU ETS) vallen. Het doel voor Nederland is een emissiereductie van 36% van de niet-ETS-emissies in 2030 ten opzichte van 2005. De extra te reduceren cumulatieve emissies ten opzichte van de middenwaarde van de verwachte emissies in de NEV 2016 bedraagt 20 Mton CO₂.

Als gevolg van de Effort Sharing Regulation is een overzicht opgesteld met technische emissiereductieopties voor de landbouw. Voor de glastuinbouwsector zijn de volgende opties genoemd:

Tabel 24 - Overzicht technische emissiereductieopties glastuinbouw

Optie	Emissiereductie 2030 (Mton CO ₂)
Led-verlichting kassen	-0,17
KaE kas	1,80
Biomassa wkk	1,83
Biomassaketel	3,13
Geothermie kassen	1,10
Gas wkk vervangen door gasketels	0,86
Warmtenetten kassen	0,49

Bron: (ECN & PBL, 2016).

B Generieke subsidies

SDE++

De SDE++ bestaat sinds 2020 en is een uitbreiding van de oude Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie (SDE+). SDE+ is in 2011 in het leven geroepen en was gericht op duurzame energie. SDE++ is gericht op duurzame energieproductie en CO₂-reductie. De SDE+(+) dekt de onrendabele top van een techniek. Het maximumbedrag van de subsidie per eenheid output (SDE+) of subsidie per eenheid vermeden CO₂ (SDE++) wordt gebaseerd op studies van PBL. De subsidie is bedoeld voor bedrijven en (non-)profit instellingen in verschillende sectoren (industrie, mobiliteit, elektriciteit, landbouw en gebouwde omgeving).

DEI+

De Demonstratie Energie- en Klimaatinnovatie (DEI) en DEI+ is een subsidie die pilot- en demonstratieprojecten ondersteunt die bijdrage aan een kosteneffectieve CO₂-reductie. De DEI-subsidie was voorheen gericht op hernieuwbare energie en energiebesparings-technieken, maar is nu omgevormd tot een subsidie die zich richt op de ontwikkeling van nieuwe en innovatieve technologieën voor CO₂-reductie in de industrie. De DEI(+) kan gebruikt worden voor het ontwikkelen van nieuwe producten, services of diensten of juist op het verbeteren van bestaande. De projecten die in aanmerking komen voor de DEI+ moeten betrekking hebben op minimaal één van de volgende thema's: aardgas vrije woningen, wijken en gebouwen; CCS en CCU; energie-efficiëntie; hernieuwbare energie; lokale infrastructuur; en andere CO₂-reducerende maatregelen in de industrie of elektriciteitssector.

EIA

De EIA (Energie Investeringsaftrek) bestaat sinds 1997 en heeft tot doel de stimulering van investeringen in energiebesparende industriële installaties en machines. De EIA zorgt ervoor dat 45% van de investeringskosten kan worden afgetrokken van de fiscale winst, bovenop de gebruikelijke afschrijving. De onderneming betaalt daardoor minder inkomsten- of vennootschapsbelasting. EIA richt zich op technologieën die relatief nieuw zijn op de markt. De technologieën die in aanmerking komen voor deze regeling zijn opgenomen in de 'Energelijst'. Deze Energelijst wordt jaarlijks geüpdatet. De Energelijst bestaat uit zeven categorieën: Bedrijfsgebouwen; Processen; Transportmiddelen; Duurzame energie; Energiebalancerings; Energietransitie; en Energieadvies, maatwerkadvies en CO₂-emissie-reductieplan.

MIA/Vamil

Verder zorgen de Milieu-investeringsaftrek (MIA) en de Willekeurige afschrijving milieu-investeringen (Vamil) ook voor een fiscaal voordeel bij investeringen in milieuvriendelijke technieken. De investeringsaftrek van de MIA kan oplopen tot 36% van het investeringsbedrag (bovenop het gebruikelijke investeringsaftrek). De Vamil zorgt voor een afschrijving van 75% van de investeringskosten. Een voorwaarde om in aanmerking te komen voor de MIA/Vamil is dat de milieuvriendelijke techniek of bedrijfsmiddel voldoet aan de eisen die

omschreven zijn op de Milieulijst. De milieulijst richt zich op zes verschillende milieu-thema's: Grondstoffen- en watergebruik; voedselvoorziening en landbouwproductie; mobiliteit; klimaat en lucht; ruimtegebruik; en gebouwde omgeving.

RNES Aardwarmte

Geothermie is een belangrijke duurzame warmtebron. Echter, bij geothermie bestaat er een kans op misboring en/of een geothermische bron die minder goed presteert dan was verwacht. Dit is een geologisch risico met financiële gevolgen. De Risico's dekken voor aardwarmte (RNES) dekt (een gedeelte van) dit risico af. Bij deze regeling wordt vooraf een premie betaald (7% van het maximale subsidiebedrag). In ruil daarvoor wordt bij een teleurstellend resultaat een vergoeding vanuit het RVO uitgekeerd. Bij een regulier project is er een maximale subsidie van € 11,05 miljoen per project en bij een diep project € 18,7 miljoen.



C Beschrijving duurzame warmte-technieken

C.1 Geothermie

Geothermie, ook wel aardwarmte genoemd, is een techniek waarbij warmte uit diepgelegen aardlagen onttrokken wordt. Water dat aanwezig is in deze aardlagen wordt omhoog gepompt en met een warmtewisselaar wordt de warmte overgebracht naar het distributiesysteem van de tuinder. Een diepe geothermische bron (> 1.500 m) levert in de regel een temperatuur van tussen de 70 en 90°C. Het afgekoelde water – dat wordt teruggepompt naar het koude reservoir – heeft een temperatuur van zo'n 35°C, maar kan verder worden verlaagd met een warmtepomp. Gebruik van een warmtepomp kan op deze manier het geleverde vermogen van de geothermische bron verhogen. Ook is het bij diepe geothermie mogelijk om een deel van de warmte om te zetten in elektriciteit, maar bij bovengenoemde temperaturen is het rendement (nog) laag. Er liggen in de glastuinbouw ook kansen voor gebruik van ondiepe geothermie (300-1.500 m). Omdat de bron een lagere temperatuur levert (20 tot 50°C), is een warmtepomp en uitbreiding van het VO noodzakelijk.

In 2019 maakten 86 tuinders gebruik van aardwarmte, waarvan de meesten groenten kweekten (vanwege de hoge warmtevraag die kenmerkend is voor deze teelten). Bij elkaar werd 4 PJ aan warmte gegenereerd uit aardwarmte. Geothermie kan op grotere schaal worden ingezet door kassenclusters aan te sluiten op een infrastructuur van hoogwaardige warmte. Dergelijke warmtenetten zijn ook mogelijk in hybridevorm waarbij een deel van de warmte wordt geleverd door geothermie en het andere deel door restwarmte van bijvoorbeeld de industrie. Niet alle tuinders zullen op een dergelijk netwerk kunnen worden aangesloten; in sommige gebieden is geothermie niet mogelijk of is geen lokale restwarmte beschikbaar.

In het 'Masterplan aardwarmte in Nederland' raamt EBN het technisch potentieel van geothermie voor de glastuinbouw op ongeveer 30 PJ in 2030 en 40 PJ in 2050 (EBN, 2018). Dit is hoger dan de ambitie die is uitgesproken door de sector zelf: in haar visiedocument geeft Glastuinbouw Nederland aan in 2040 ongeveer de helft van de resterende warmtevoorziening te willen dekken met geothermie (Glastuinbouw Nederland, 2018). Als we aannemen dat in 2040 de energiebehoefte door energiebesparing en structuurveranderingen 45% lager ligt dan in 2019 (zie Paragraaf 2.4), komt dit neer op zo'n 21 PJ. In deze studie hebben we het technisch potentieel conservatiever ingeschat dan EBN omdat er in sommige gebieden een overschot aan potentieel zal bestaan terwijl er in andere gebieden met glastuinders geen mogelijkheid bestaat om gebruik te maken van geothermie. Er is uitgegaan van 25 PJ per 2040.

C.2 Restwarmte

Restwarmte vanuit de industrie en van datacenters zou in de toekomst een substantieel deel van de warmtevraag van de glastuinbouw kunnen invullen. Net als bij geothermie behoeft het grootschalig gebruik van restwarmte een collectieve warmte-infrastructuur: tuinders in Zuid-Holland zullen bijvoorbeeld verbonden moeten worden met de industrie rond de Rotterdamse haven. Een belangrijk onderscheid is te maken tussen hoogwaardige en laagwaardige restwarmte. Hoogwaardige restwarmte is vaak afkomstig van de industrie



en kan met behulp van een warmtewisselaar direct worden gebruikt om het distributiewater van de tuinder mee te verwarmen. Laagwaardige restwarmte – bijvoorbeeld van datacenters – kent een lagere temperatuur en zal daarom moeten worden opgewaardeerd met een warmtepomp. Ook is bij gebruik van laagwaardige restwarmte een uitbreiding van het VO noodzakelijk. Als bij de productie van restwarmte CO₂ vrijkomt, telt deze uitstoot niet mee voor de totale uitstoot van de glastuinbouw (dit zou immers leiden tot dubbeltellingen). Desalniettemin zal in een volledig klimaatneutraal toekomstbeeld de restwarmte waar de glastuinbouw gebruik van maakt een duurzame oorsprong moeten kennen.

Een scenariostudie van Berenschot ten behoeve van het Klimaatakkoord raamde het technisch potentieel van restwarmte voor de glastuinbouw op 7,5 PJ in 2030 en 15 PJ in 2050 (Berenschot, 2018). Dit betreft het totaal van hoog- en laagwaardige restwarmte. Glastuinbouw Nederland schat in dat bij een volledig klimaatneutrale glastuinbouw in 2040 zo'n 20% van de resterende warmtevraag gedekt zal worden door duurzame restwarmte. Als we aannamen dat in 2040 de energiebehoefte door energiebesparing en structuurveranderingen 45% lager ligt dan in 2019 (zie Paragraaf 2.4), komt dit neer op 9 PJ. In deze studie sluiten we aan bij deze schattingen en gaan we uit van een technisch potentieel van 10 PJ per 2040, waarvan 6 PJ uit HT-restwarmte bestaat (met name uit de Rotterdamse haven) en 4 PJ uit LT-restwarmte (zoals van datacenters).

C.3 Kaswarmte/aquathermie (all electric)

In de zomer is bij veel kassen sprake van een warmteoverschot. Met behulp van actieve koeling wordt de kastemperatuur verlaagd en de lucht ontvochtigd. In de winter is deze warmte juist hard nodig om de kas te verwarmen. In een warmte-koudeopslag (wko) kan een warmte- of koude-overschot opgeslagen worden. Grondwater in een dieper liggende bodem wordt benut als energiebuffer; daarvoor wordt in deze grondlaag een warmte- en een koudebron aangelegd. In de winter wordt de kas verwarmd door warmte te onttrekken uit de warmebron en wordt het afgekoelde water in de koudebron geïnjecteerd. In de zomer kan water uit de koudebron gebruikt worden voor de koeling en wordt het opgewarmde water in de warmebron geïnjecteerd.

Over het algemeen is de temperatuur van de koudebron rond de 8°C en van de warmte bron rond de 12°C. Water afkomstig uit de warmebron heeft nog niet de juiste temperatuur voor het verwarmingssysteem van de kas. Een warmtepomp verhoogt de temperatuur van het water zodat het gebruikt kan worden voor de verwarming van de kassen. Hiervoor is wel een uitbreiding van het VO nodig. De coëfficiënt of performance (COP) geeft de verhouding tussen de hoeveelheid geleverde warmte en de hoeveelheid gebruikte energie. De meeste commerciële warmtepompen hebben een COP-waarde van 4,4. Dit betekent dat met 1 kW elektriciteit 4,4 kW warmte geleverd kan worden.

In de nabije toekomst lijkt het ook mogelijk om de warmebron van de wko in de zomer te regenereren met behulp van door de zon opgewarmd oppervlaktewater; de tuinder is in dit geval niet meer afhankelijk van warmteoverschotten in de kas. Op dit moment zijn er nog geen tuinders die gebruik maken van deze techniek, met name omdat er nog geen vergunningskader ligt. Toch lijkt verwarming met behulp van oppervlaktewater potentie te bieden - vooral voor bedrijven die momenteel geen koelsysteem gebruiken.

Zwaar belichte bedrijven hebben tevens de mogelijkheid om latente kaswarmte te benutten zonder de aanleg van een wko. Ook in de winter kennen deze bedrijven bij gesloten schermen een warmte- en vochtoverschot. Een seizoenbuffer is daarom niet nodig. Wel moet er naast de warmte-opslagtank (wot) ook een koude-opslagtank (kot) worden

geïnstalleerd, die koude lucht door de koelers leidt zodra de kaslucht te warm of te vochtig wordt.

Het technisch potentieel van gebruik van kaswarmte wordt beperkt door de hoeveelheid bedrijven met actieve koeling. Voor de bedrijven die in de winter geen warmteoverschot hebben, geldt dat een wko voor de seizoenbuffering moet zorgen. De bodemeigenschappen van het betreffende areaal moeten daarvoor wel toereikend zijn. Niet elke tuinder zal toegang hebben tot geschikte bodempakketten: met name in de buurt van rivieren en kanalen lijken de mogelijkheden schaars. Een tweede obstakel voor het gebruik van kaswarmte in combinatie met een wko is het huidige juridische kader: in sommige gebieden is wko niet toegestaan vanwege ander gebruik van de bodemlagen. Een recent rapport van Wageningen Economic Research schat het technisch potentieel van kaswarmte + wko in op ongeveer 1 PJ per 2030 (WEcR, 2018). Merk op dat in deze schatting niet de zwaar belichte bedrijven zijn meegenomen; zij hebben immers geen seizoenbuffer nodig. Ook is in de prognose geen rekening gehouden met de ontwikkeling van technieken om warmte te onttrekken uit oppervlaktewater. Wanneer regeneratie met behulp van oppervlaktewater mogelijk wordt, krijgen meer tuinders toegang tot verwarming met behulp van een wko-systeem. Al met al kunnen we de schatting van het technisch potentieel van WEcR dus als conservatief beschouwen voor onze doeleinden - zeker wanneer we de horizon verleggen naar 2040. Glastuinbouw Nederland schat het technisch potentieel van volledig elektrische warmtevoorzieningen voor 2040 substantieel hoger: ruim 10% van de resterende warmtebehoefte zou volgens de branchevereniging gedekt kunnen worden met all electric-varianten. Hierbij zijn ook technieken zoals elektrische boilers inbegrepen, maar deze zullen naar verwachting maar een klein aandeel innemen. Als we aannemen dat in 2040 de energiebehoefte door energiebesparing en structuurveranderingen 45% lager ligt dan in 2019 (zie Paragraaf 2.4) komt dit neer op een kleine 5 PJ. In deze studie zijn we uitgegaan van een technisch potentieel dat gelijk is aan het gemiddelde van beide schattingen: 3 PJ.

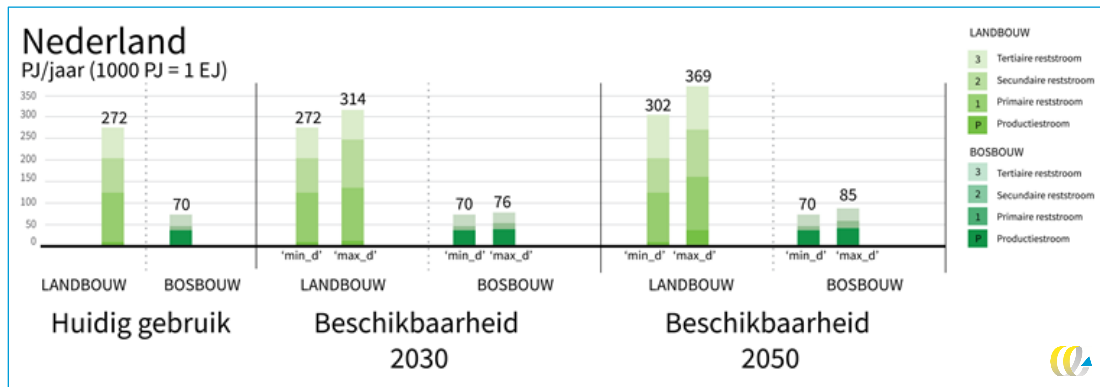
C.4 Biogas en biomassa

Een vierde mogelijkheid om gasgestookte installaties te vervangen (geheel of voor de pieklast) is het gebruik van biobrandstoffen. Er zijn verschillende smaken mogelijk, waarvan warmteproductie met een biomassaketel, een bio-wkk en een reguliere wkk op groengas de belangrijkste lijken. Biomassaketels leveren enkel warmte terwijl bio-wkk's en reguliere wkk's die draaien op groengas ook elektriciteit produceren. Omdat de samenstelling van groengas gelijk is aan die van aardgas kan een tuinder bij gebruik van groengas zijn oude installatie behouden en de CO₂ afvangen voor gewasdosering. Bio-wkk's maken in de regel gebruik van biogas of houtige biomassa zoals houtsnippers of ander snoeiafval. Een recent project in Andijk laat zien dat het met hoogwaardige rookreiniging ook mogelijk is om CO₂ af te vangen uit bio-wkk's (HoSt, 2020) en deze te in te brengen in het kasklimaat. Met behulp van aminewassers lijkt het in de nabije toekomst ook mogelijk om CO₂ te gebruiken dat vrijkomt bij verbranding in van biomassa in biomassaketels.

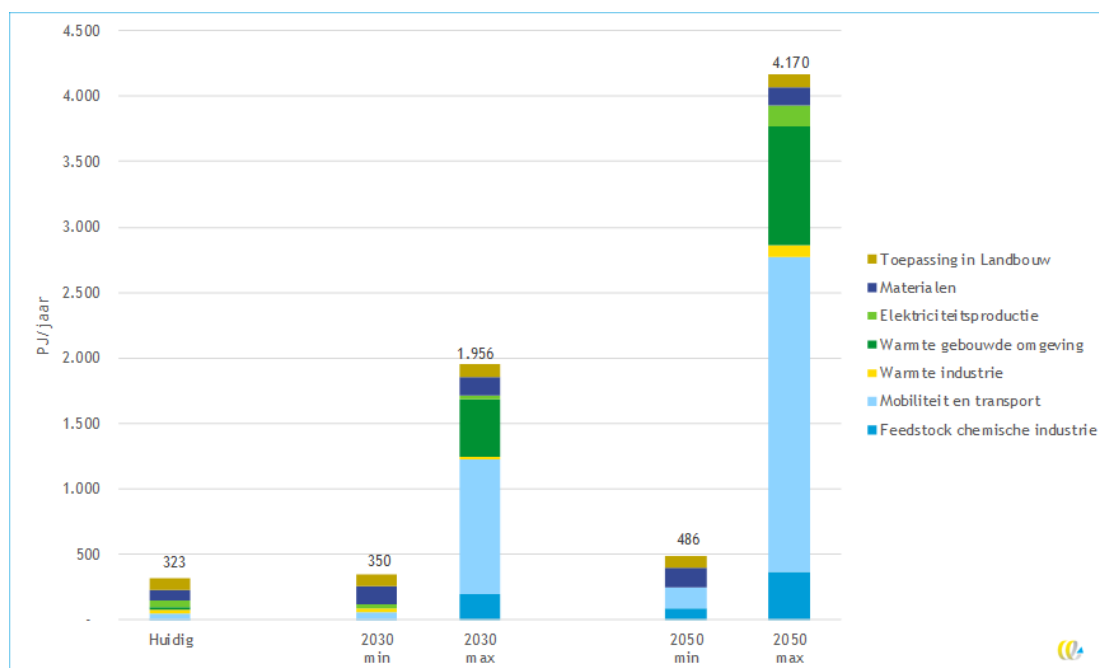
De potentie van biobrandstoffen in de glastuinbouw is echter nog erg onzeker. Op dit moment is er ruim voldoende aanbod van biomassa voor de glastuinbouw, maar in de toekomst zal dit mogelijk veranderen. Een recente studie van CE Delft laat zien dat er in 2030 waarschijnlijk zo'n 350 PJ aan biomassa beschikbaar is in Nederland en dat dit aanbod groeit tot zo'n 400 PJ in 2050 (CE Delft, 2020a). Aan de vraagzijde zien we echter grote bandbreedtes. De minimale vraag in 2030 is geraamd op 350 PJ terwijl de maximale vraag is geraamd op wel 1.950 PJ. Voor 2050 groeit de onzekerheid verder met een minimale vraag van zo'n 500 PJ en een maximale vraag van wel 4.000 PJ. Gezien het feit dat de ondergrens van de vraag naar biomassa het aanbod in 2050 al fors overschrijdt, moeten we rekening

houden met mogelijk flinke schaarste. Gasunie gaat er dan ook vanuit dat de prijs van biomassa in 2050 wel 300% hoger ligt dan in 2018 (Gasunie, 2018).

Figuur 26 - Aanbod biomassa in 2030 en 2050



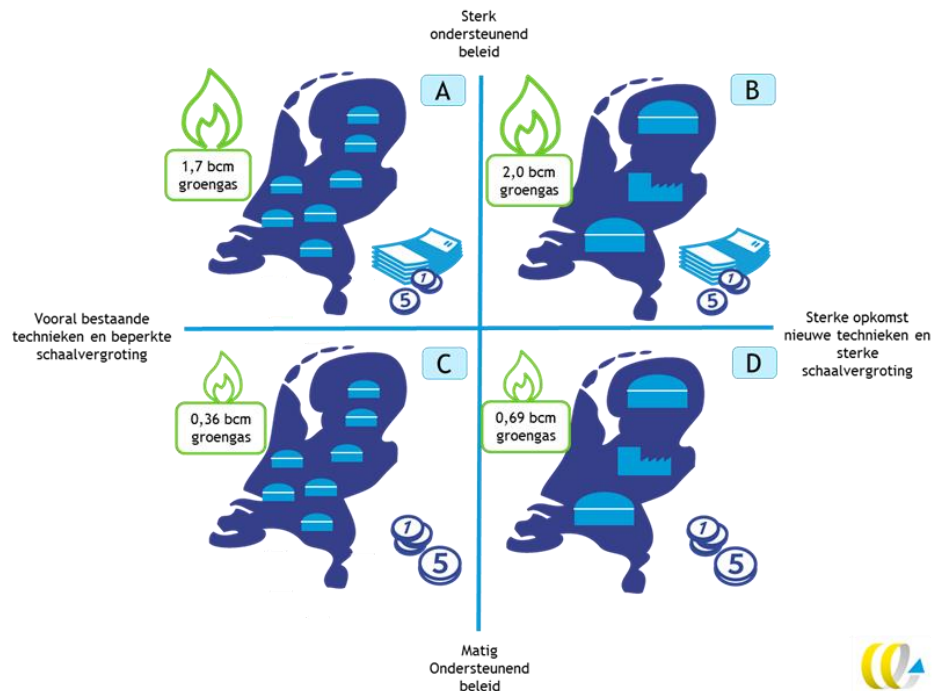
Figuur 27 - Vraag naar biomassa in 2030 en 2050



Een tweede onzekerheid betreft de hoeveelheid biomassa die in de toekomst wordt gebruikt voor de productie van groengas. In het Klimaatakkoord is de ambitie opgenomen om in 2030 70 PJ (twee miljard m³) groengas te produceren. Een recente studie van CE Delft laat echter zien dat deze doelstelling bij huidig beleid niet gehaald wordt. Bovendien zullen verschillende partijen en sectoren aanspraak willen maken op de schaarse hoeveelheid groengas, hetgeen de prijs zal opdrijven.



Figuur 28 - Groengasproductie uit lokale biomassa in 2030 voor vier verschillende scenario's



Op dit moment wordt in de glastuinbouw ruim 1 PJ aan warmte en elektriciteit opgewekt met behulp van biobrandstoffen (WEcR, 2020). Een recente studie van Wageningen Economic Research raamt het technisch potentieel van biomassa in 2030 op 15-315 miljoen m³ a.e. Hierbij is de potentie van groengas niet meegenomen. De auteurs verwachten echter dat groengas maar in zeer beperkte mate gebruikt zal worden door tuinders vanwege het geringe aanbod en de hogere betalingsbereidheid van andere partijen. De grote bandbreedte komt wederom door onzekerheden over het totale biomassa-aanbod en de mate van concurrentie met andere sectoren. De mediane schatting gebruiken (165 miljoen a.e.) komt overeen met een warmteaanbod van een kleine 6 PJ in 2030. Als we aannemen dat het aanbod van biomassa verder groeit richting 2040 volgens de prognose van CE Delft en er ook een kleine rol voor groengas is weggelegd, lijkt 8 PJ per 2040 een realistische puntschatting. Glastuinbouw Nederland schat in dat in 2040 zo'n 20% van de resterende warmtevrage gedekt zal worden door biobrandstoffen. Als we aannemen dat in 2040 de energiebehoefte door energiebesparing en structuurveranderingen 45% lager ligt dan in 2019 (zie Paragraaf 2.4), komt dit neer op een kleine zo'n 9 PJ. In deze studie zijn we uitgegaan van een technisch potentieel van in totaal 8 PJ, waarvan 2 PJ geleverd wordt door groengas, en 6 PJ door biomassa (3 PJ voor biomassaketels en 3 PJ voor bio-wkk's)⁵⁰.

Ten slotte moet worden opgemerkt dat voor tuinders die andere warmtealternatieven voorhanden hebben, biomassagebruik vanuit systeemperspectief een onlogische keuze is. Vanwege verwachte schaarste zou biomassa prioritair ingezet moeten worden op

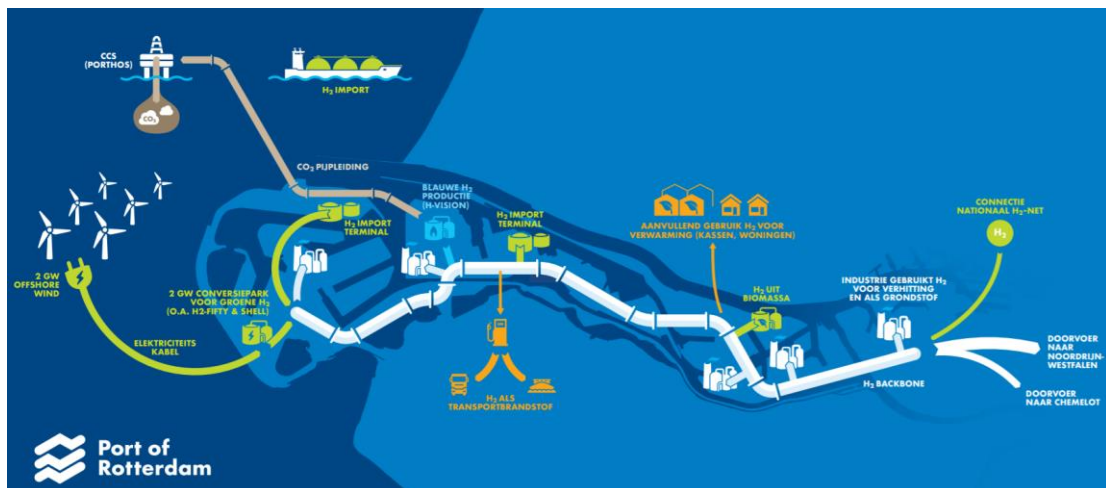
⁵⁰ Er zijn de afgelopen maanden veel bioketels opgeleverd bij tuinders die vrijwel allemaal werken op lokaal beschikbare houtige biomassa, afkomstig uit groenonderhoud van gemeenten en burgers. Uit een interne enquête van de Nederlandse Vereniging van Bioketelleveranciers zijn er nu zo'n 50 installaties. Naast de glastuinbouwsector kunnen deze bioketels ook leveren aan andere sectoren, zoals de gebouwde omgeving of zwembaden.

toepassingen die een hogetemperatuur behoeven en waarvoor geen andere duurzame oplossingen beschikbaar zijn.

C.5 Waterstof

Bovenstaande waarschuwing geldt ook voor de vijfde en laatste duurzame warmtebron waar de glastuinbouw mogelijk gebruik van zou kunnen maken: waterstof. Vanwege volledigheidsoverwegingen en omdat sommige tuinders geen toegang hebben tot de overige duurzame warmtevoorzieningen, includeren we waterstof toch in deze lijst. Recent heeft het Havenbedrijf Rotterdam bovendien een waterstofvisie uitgebracht waarin de glastuinbouw expliciet genoemd wordt als een van de mogelijke afnemers van waterstof dat rond de Rotterdamse haven geproduceerd wordt, of vanuit het buitenland geïmporteerd wordt (Havenbedrijf Rotterdam, 2020).

Figuur 29 - Waterstofvisie Havenbedrijf Rotterdam



Bron: Havenbedrijf Rotterdam.

Zou een tuinder gebruik willen maken van waterstof voor zijn warmtevoorziening dan zijn daar twee mogelijkheden voor. Er kan een waterstofketel geïnstalleerd worden als vervanger van de gasketel, of er kan gekozen worden voor een brandstofcel: deze produceert naast warmte ook elektriciteit en kan dus de gasgestookte wkk vervangen.

Het Havenbedrijf gaat in haar prognose voor 2050 uit van een totale waterstofbehoefte van 54 PJ voor de gebouwde omgeving/glastuinbouw. Vanwege een hogere betalingsbereidheid in andere sector lijkt waterstofgebruik alleen een optie voor tuinders die geen alternatieven voorhanden hebben. We schatten dan ook in dat waterstof een zeer beperkte rol zal spelen in de warmteverduurzaming van glastuinders, met een dekking van 1 PJ als realistisch maximum.

D Methodologie en uitkomsten rekenmodel

Deze bijlage beschrijft de eigenschappen van het model (scope, aannames, opbouw) in Paragraaf D.1 tot D.5. Paragraaf D.6 bevat de detail resultaten.

D.1 Scope model

Model rekent de kosteneffectiviteit door voor verschillende technieken in de glastuinbouw. Daarbij is de volgende scope gehanteerd:

- **Technieken:** wkk, diepe geothermie, lagetemperatuurrestwarmte met warmtepomp, hogetemperatuurrestwarmte, kastwarmte met wko, aquathermie met warmtepomp, wkk op groengas, biomassa wkk, biomassaketel en een waterstofketel.
- **Kosten:** In de studie zijn de kosten meegenomen voor de techniek (CAPEX en OPEX), de inkoop van energie (gas, elektriciteit, biomassa/groengas, waterstof), de eventuele verkoop van elektriciteit, inkoop van CO₂ en, afhankelijk van het scenario, de kosten voor CO₂-uitstoot.

De kosten voor techniek zijn gebaseerd op geaccepteerde en openbare bronnen en voornamelijk afkomstig van het PBL voor de SDE++. Dit zijn dus de werkelijke kosten exclusief subsidie. Daarnaast zijn kengetallen voor de glastuinbouw (zoals afvangen van latente warmte) gebruikt uit een studie van de Wageningen Universiteit (WUR, 2019).

- **Dimensionering:** De technieken zijn gedimensioneerd op zo'n manier dat zij 70% van de warmtevraag invullen van de kas. De dimensionering is dus afhankelijk van het type techniek, het aantal draaiuren van de techniek en de warmtevraag van het type kas en weergegeven in Tabel 23.

D.2 Aannames teelt

De aannames voor warmte, elektriciteit en CO₂ per teelt zijn gebaseerd op (WUR, 2019) en weergegeven in Tabel 25. Deze cijfers zijn vertaald naar kengetallen per hectare oppervlakte per type kas. De verwachting is dat er in 2040 minder vraag naar CO₂ is in de kas vanwege stijgende CO₂-prijzen. De warmtevraag is exclusief de geschatte zomerstook (WUR, 2019).

Tabel 25 - Energie en CO₂ vraag per teelt (WUR, 2019)

	2020 - per hectare			2040 - per hectare		
	Warmtevraag exclusief zomerstook (MWh/jaar)	Elektriciteitsvraag (MWh/jaar)	CO ₂ (ton/jaar)	Warmtevraag exclusief zomerstook (MWh/jaar)	Elektriciteitsvraag (MWh/jaar)	CO ₂ (ton/jaar)
Onbelichte tomatenteelt	2.220	150	330	2.220	150	132
Belichte tomatenteelt	2.030	3.400	460	2.030	3.400	184
Belichte chrysantenteelt	1.222	1.540	250	1.222	1.540	100

	2020 - per hectare			2040 - per hectare		
	Warmtevraag exclusief zomerstook (MWh/jaar)	Elektriciteits- vraag (MWh/jaar)	CO ₂ (ton/ jaar)	Warmtevraag exclusief zomerstook (MWh/jaar)	Elektriciteits- vraag (MWh/jaar)	CO ₂ (ton/ jaar)
Belichte alstroemerteelt	744	1.820	250	744	1.820	100
Warme potplantteelt	2.462	80	140	2.462	80	56
Radijzenteelt	703	30	20	703	30	8

De dimensionering die hieruit volgt per techniek is weergegeven in Tabel 26. De genoemde waarden zijn de vereiste vermogens in MWh per hectare kas. De dimensionering is gedaan op de aanname dat 70% van de warmtevraag wordt ingevuld door de techniek.

Tabel 26 - Dimensionering technieken per type teelt

Dimensionering techniek (MWh/ha)	Vollasturen	Onbelicht tomaat	Belicht tomaat	Chrysanten	Alstroemeria	Potplanten	Radijnen
Wkk - aardgas zonder CO ₂ -prijs	4.000	0,39	0,36	0,21	0,13	0,43	0,12
Wkk - aardgas met CO ₂ -prijs	4.000	0,39	0,36	0,21	0,13	0,43	0,12
Diepe geothermie	7.000	0,22	0,20	0,12	0,07	0,25	0,07
Laagwaardige restwarmte met warmtepomp	7.000	0,22	0,20	0,12	0,07	0,25	0,07
Hoogwaardige restwarmte	7.000	0,22	0,20	0,12	0,07	0,25	0,07
Overtollige kaswarmte + wko exclusief warmteterugwinning	4.000	0,39	0,36	0,21	0,13	0,43	0,12
Aquathermie + WP	4.000	0,39	0,36	0,21	0,13	0,43	0,12
Wkk op groengas	4.000	0,39	0,36	0,21	0,13	0,43	0,12
Biomassa wkk	4.000	0,39	0,36	0,21	0,13	0,43	0,12
Biomassaketel	4.000	0,39	0,36	0,21	0,13	0,43	0,12
Waterstofketel	4.000	0,39	0,36	0,21	0,13	0,43	0,12

D.3 Aannames prijzen

De aannames voor prijzen zijn weergegeven in Tabel 27.

Tabel 27 - Aannames prijzen

Prijzen	2020	2040	Toelichting
Elektriciteit-inkoop (€/MWh)	89,86	94,72	
Elektriciteit-verkoop (€/MWh)	53,00	61,05	Aanname gemiddelde verkoopprijs gelijk aan inkoopprijs
Gasprijs (€/Nm ³)	0,19	0,22	
Gasprijs (€/MWh)	21,61	25,08	

Prijzen	2020	2040	Toelichting
ODE+EB elektriciteit (€/MWh)	36,86	33,66 ⁵¹	Gewogen gemiddelde voor kas van 5 ha.
ODE+EB gas (€/MWh)	-	-	Geen EB en ODE op aardgas voor wkk-zie hieronder
Waterstof (€/MWh)	501,43	362,28	
Groengas (€/MWh)	65,00	73,93	
Biomassa (€/MWh)	38,12	43,36	
Inkooprijds CO ₂ (€/ton)	68,57	80,00	Huidig gewogen gemiddelde van OCAP/niet-OCAP
CO ₂ -ETS-prijs (€/ton)	39,00	153,00	

Daarnaast zijn de volgende algemene aannames gebruikt:

- Een capital recovery factor van 10,2%, gebaseerd op afschrijftermijn van vijftien jaar en WACC van 5,9%. Deze factor vertaalt de investeringen naar jaarlijkse kosten.
- Netbeheerkosten zijn meegenomen in de operationele kosten zoals vastgesteld door PBL (zie Paragraaf D.4), de aanname is dat deze kosten gelijk blijven tussen nu en 2040. Voor groengas en waterstof wordt dezelfde netbeheerkosten gehanteerd als voor aardgas.

Het model gaat er vanuit dat op elektriciteit die wordt geproduceerd en gebruikt op het perceel geen ODE en EB betaald hoeft te worden. Deze parameter kan aangepast worden. Daarnaast kan ook het regime betreffende de ODE en EB ingesteld worden.

De gehanteerde prijzen zijn gebaseerd op een gewogen gemiddelde van de tarieven in de verschillende schijven voor het gemiddelde aardgasverbruik van een kas van 5 hectare. De tarieven voor gas en elektriciteit zijn weergegeven in Tabel 28, voor het gereduceerde en volle tarief voor aardgas en prijspeilen zoals de tariefstelling was in 2019 en 2021.

Tabel 28 - EB en ODE tarieven aardgas 2020 en 2040

EB en ODE op aardgas (€/MWh)	2020 (€/MWh)	2040 (€/MWh)
Aardgas gereduceerd tarief (2021)	4,58	3,74
Aardgas vol tarief (2021)	16,95	13,84
Elektriciteit (2021)	36,86	33,66
Aardgas-vlak tarief		24,80
Elektriciteit-vlak tarief		24,80

De prijzen voor 2040 zijn verwachtingen van CE Delft (CE Delft, 2021b). De vlaktaks is voortgekomen uit een berekening voor alle sectoren.

D.4 Aannames technieken

Er is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van PBL adviezen voor de SDE++. In de individuele rapporten is opgenomen welke kosten onderdeel zijn van de totale bedragen. De dimensionering van de technieken zijn passend bij het vereiste vermogen van een gemiddelde kas en/of de schaalgrootte van de techniek.

⁵¹ Gebaseerd op: (CE_Delft, 2020) Groeiprojecties energie-intensieve industrie.

Wkk: Cijfers voor de wkk zijn grotendeels gebaseerd op de WUR-studie (WUR, 2019). Voor de inzet van biomassa en groengas zijn 5% additionele kosten gerekend voor de reiniging van CO₂ voor inzet in de kas.

Biomassaketel: Kengetallen van PBL zijn gebruikt voor een biomassa ketel tot 5 MWth (PBL, 2020d). De aangenomen biomassa is pellets.

Waterstofboiler: Kosten voor de techniek zijn afkomstig uit (Energinet, 2016). Kosten voor de waterstof komen uit een CE Delft studie (CE Delft, 2021c).

Geothermie: Kosten zijn gebaseerd op PBL-cijfers voor diepe geothermie (basislast) (PBL, 2020c) met lokale warmte distributie. De ontwikkeling van deze kosten in 2040 is gebaseerd op de ontwikkeling zoals genoemd in (WUR, 2019).

Restwarmte: Cijfers voor hogetemperatuur- en lagetemperatuurrestwarmte zijn gebaseerd op het PBL advies (PBL, 2020b). Voor restwarmte is dit inclusief opwaardering door een warmtepomp. De prijsontwikkeling voor 2040 is gebaseerd op (WUR, 2019).

Aquathermie: Hiervoor is het PBL advies voor energie uit water gebruikt, waarin de kosten voor een TEO-installatie zijn gebruikt (PBL, 2020a). Deze omvat kosten voor de bovengrondse installatie, aquifer, warmtepomp, het warmtenetwerk en een warmteoverdrachtstation.

Kaswarmte: Hiervoor is aangenomen dat de bovengrondse installatie, zoals beschreven voor aquathermie, wordt vervangen door latente warmte terugwinning in de kas. De cijfers voor latente warmte terugwinning zijn afkomstig uit (WUR, 2019).

D.5 Model opbouw

De model opbouw bestaat uit de volgende globale stappen:

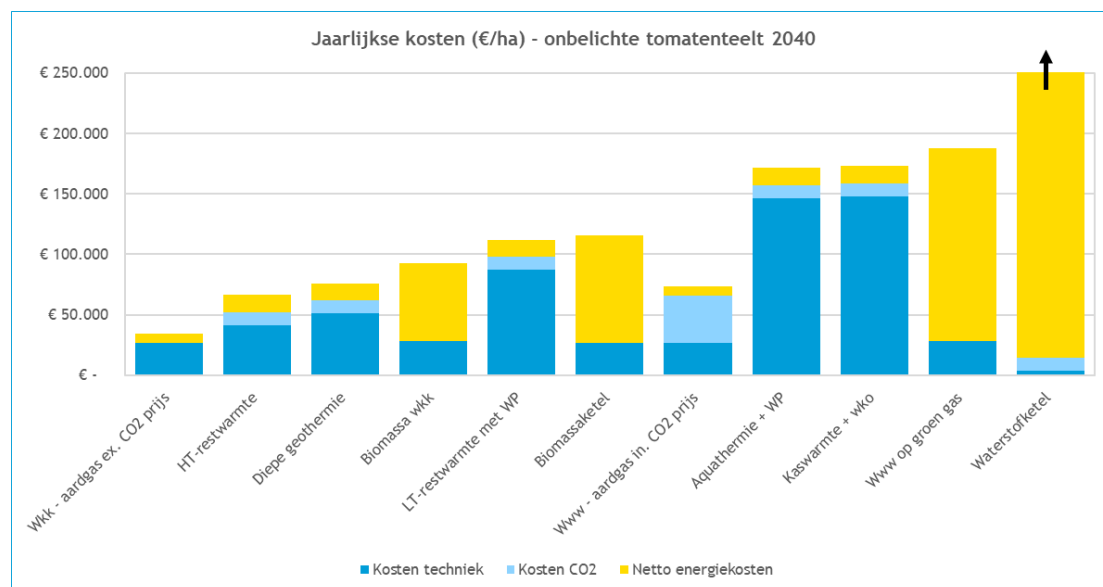
1. Vaststellen vraag naar warmte, elektriciteit en gas per teelt per hectare.
2. Vaststellen eigenschappen per techniek per MWth: CAPEX & kapitaallasten, aantal vollasturen (AAB, sd), OPEX exclusief energie en CO₂-inkoop, vereiste inputs (gas, elektriciteit, restwarmte, biomassa, groengas, waterstof), gerealiseerde outputs (warmte, elektriciteit CO₂).
3. Dimensionering van de technieken per teelt; oftewel verwachte hoeveelheid MWth vermogen per hectare.
4. Balans: per techniek per teelt wordt bepaald wat de netto balans is voor energie en CO₂. Hieruit volgt in welke hoeveelheden grondstoffen gekocht dienen te worden en mogelijk elektriciteit verkocht kan worden.
5. Kostenberekening: de kosten worden berekent voor de techniek (CAPEX en OPEX), netto kosten energie en inkoop elektriciteit.

D.6 Resultaten rekenmodel

Als voorbeeld van de resultaten van het rekenmodel zijn de kosten voor onbelichte tomatenteelt in 2040 weergegeven in Figuur 30, de grootste huidige teelt. Hierbij is het goed om te benoemen dat de kosten voor de waterstofketel doorlopen tot boven het bereik van grafiek tot ongeveer 900.000 euro per hectare jaarlijkse kosten. Daarnaast verschillen de kosten per type teelt sterk.

Uit de analyse voor deze teelt blijkt dat een wkk exclusief CO₂-beprijzing (van de CO₂-uitstoot) de goedkoopste techniek is, waarbij hogetemperatuurrestwarmte, wkk op biomassa en diepe geothermie de voordeligste alternatieven zijn. Voor de wkk zijn ook de kosten opgenomen als de CO₂-uitstoot beprijsd is. Dan zijn deze drie alternatieve technieken al goedkoper.

Figuur 30 - Jaarlijkse kosten voor onbelichte tomatenteelt in 2040



Kosten per techniek

In Tabel 31 zijn de gewogen gemiddelde kosten weergegeven per techniek voor 2020 en 2040. In 2040 verschillen de gemiddelde kosten in vergelijking met 2020 door 1) verandering van prijzen en 2) andere hoeveelheden teelt in het volledige areaal. De kosten verschillen sterk per teelt door de grote verschillen in hoeveelheid vereiste warmte, elektriciteit en CO₂, zoals weergegeven in Tabel 24 in Bijlage D. Voor 2040 zijn daarom twee kolommen weergegeven. De eerste met een gelijkblijvende aandeel per teelt in het volledige areaal als in 2020 waardoor sec de prijsverandering zichtbaar is. De tweede kolom bevat de resultaten met het gewogen gemiddelde met de verwachte verhoudingen in 2040.

De detailresultaten per teelt zijn opgenomen in Bijlage D in Tabel 30 (2020), Tabel 31 (2040 met aandeel teelten als in 2020) en Tabel 32 (2040 met verwacht aandeel teelten in 2040).

Tabel 29 - Gewogen gemiddelde jaarlijkse kosten per hectare

	Jaarlijkse kosten (€/ha) - Gewogen gemiddelde van zes types teelt		
	2020	2040 - aandeel teelten 2020	2040 - aandeel teelten 2040
	Wkk - aardgas exclusief CO ₂ -prijs	€ 104.477	€ 101.995
Wkk - aardgas inclusief CO ₂ -prijs ⁵²	€ 124.159	€ 171.878	€ 234.022
Diepe geothermie	€ 163.186	€ 143.960	€ 210.412
LT-restwarmte met WP	€ 192.865	€ 170.967	€ 240.093
HT-restwarmte	€ 155.348	€ 136.826	€ 202.602
Kaswarmte + wko	€ 245.830	€ 219.165	€ 292.747
Aquathermie + WP	€ 241.305	€ 215.047	€ 288.356
Wkk op groengas	€ 216.393	€ 215.965	€ 282.273
Biomassa wkk	€ 147.779	€ 145.145	€ 204.733
Biomassaketel	€ 177.278	€ 173.065	€ 241.240
Waterstofketel	€ 833.405	€ 574.805	€ 682.142

In 2020 tonen deze gemiddelde prijzen dat een wkk op aardgas de goedkoopste techniek is voor warmte, elektriciteit en CO₂. De beprijzing van CO₂-uitstoot resulteert in een kostentoeename van ongeveer 18.000 euro voor de wkk. De kosten van wkk op aardgas inclusief CO₂-prijs, hogetemperatuurrestwarmte, diepe geothermie en biomassa wkk vergelijkbaar.

Richting 2040 blijven de kosten voor de wkk ongeveer gelijk. De stijgende CO₂ prijs, naar 153 €/ton, leidt tot veel additionele kosten als deze wordt doorberekend. Geen van de alternatieven is voordeliger dan een wkk met aardgas. De meest aantrekkelijke technieken zijn hogetemperatuurrestwarmte, biomassa wkk en diepe geothermie.

Het aandeel teelten in het volledige areaal verschuift richting 2040 naar energie intensievere teelten (vooral meer belichte in plaats van onbelichte tomatenteelt) waardoor de gemiddelde kosten toenemen. Dit is terug te zien in de kolom '2040 - aandeel teelten 2040'.

Uitgebreide kosten

Tabel 30 (2020), Tabel 31 (2040 met aandeel teelten als in 2020) en Tabel 32 (2040 met verwacht aandeel teelten in 2040) geven de kosten per hectare per teelt en techniek weer. De kosten voor 2040 met aandeel 2020 zijn weergegeven om de effecten zonder structuurverandering te kunnen analyseren. De kosten die in bijvoorbeeld de figuren met de onrendabele top zijn weergegeven zijn voor 2040 met het verwachte areaal 2040.

⁵² Prijs is gesteld op 39 €/ton in 2020 en 153 €/ton in 2040.

Tabel 30 - Kosten per techniek en teelt in 2020 per hectare kas in jaarlijkse kosten in €/ha

Kosten 2020-Jaarlijkse kosten in €/ha	Onbelichte tomatenteelt	Belichte tomatenteelt	Belichte chrysantenteelt	Belichte alstroemerianteelt	Warme potplantenteelt	Radijzenteelt	Gewogen gemiddelde
Aandeel 2020 [%]	30%	14%	24%	7%	14%	2%	
Wkk - aardgas exclusief CO ₂ -prijs	€ 32.714	€ 284.167	€ 125.527	€ 153.196	€ 31.696	€ 9.435	€ 104.477
Wkk - aardgas inclusief CO ₂ -prijs	€ 57.533	€ 306.859	€ 139.188	€ 153.196	€ 59.213	€ 17.297	€ 124.159
Diepe geothermie	€ 87.203	€ 383.782	€ 183.651	€ 197.806	€ 73.439	€ 20.253	€ 163.186
LT-restwarmte met WP	€ 123.514	€ 417.281	€ 205.210	€ 210.799	€ 109.816	€ 32.646	€ 192.865
HT-restwarmte	€ 77.630	€ 375.029	€ 178.381	€ 194.599	€ 62.825	€ 17.220	€ 155.348
Kaswarmte + wko	€ 184.212	€ 473.419	€ 246.991	€ 234.622	€ 181.297	€ 53.998	€ 245.830
Aquathermie + WP	€ 182.674	€ 471.370	€ 237.772	€ 230.620	€ 175.407	€ 51.387	€ 241.305
Wkk op groengas	€ 168.924	€ 408.702	€ 200.499	€ 203.877	€ 182.712	€ 52.582	€ 216.393
Biomassa wkk	€ 85.362	€ 332.302	€ 154.505	€ 173.358	€ 90.066	€ 26.112	€ 147.779
Biomassaketel	€ 105.795	€ 389.926	€ 189.196	€ 194.474	€ 109.540	€ 31.939	€ 177.278
Waterstofketel	€ 905.745	€ 1.132.163	€ 634.184	€ 472.044	€ 980.958	€ 279.544	€ 833.405

Tabel 31 - Kosten per techniek en teelt in 2040 exclusief structuurverandering per hectare kas in jaarlijkse kosten in €/ha

Kosten 2040 exclusief structuurverandering (aandeel 2020) - Jaarlijkse kosten in €/ha	Onbelichte tomatenteelt	Belichte tomatenteelt	Belichte chrysantenteelt	Belichte alstroemerianteelt	Warme potplantenteelt	Radijzenteelt	Gewogen gemiddelde
Aandeel 2020 [%]	30%	14%	24%	7%	14%	2%	
Wkk - aardgas exclusief CO ₂ -prijs	€ 34.193	€ 304.742	€ 135.452	€ 168.569	€ 32.641	€ 9.762	€ 101.995
Wkk - aardgas inclusief CO ₂ -prijs	€ 131.560	€ 393.764	€ 189.044	€ 163.104	€ 140.592	€ 40.605	€ 171.878
Diepe geothermie	€ 75.863	€ 383.472	€ 181.987	€ 197.503	€ 68.707	€ 19.667	€ 143.960
LT-restwarmte met WP	€ 112.174	€ 416.970	€ 203.546	€ 210.495	€ 105.085	€ 2.061	€ 170.967
HT-restwarmte	€ 66.290	€ 374.719	€ 176.718	€ 194.295	€ 58.093	€ 16.635	€ 136.826
Kaswarmte + wko	€ 172.872	€ 473.108	€ 245.327	€ 234.318	€ 176.565	€ 53.412	€ 219.165
Aquathermie + WP	€ 171.334	€ 471.059	€ 236.108	€ 230.316	€ 170.675	€ 50.801	€ 215.047
Wkk op groengas	€ 187.389	€ 444.807	€ 219.773	€ 217.372	€ 202.489	€ 58.290	€ 215.965
Biomassa wkk	€ 92.342	€ 357.907	€ 167.458	€ 185.529	€ 97.110	€ 28.182	€ 145.145
Biomassaketel	€ 115.570	€ 414.711	€ 201.655	€ 206.344	€ 119.959	€ 34.950	€ 173.065
Waterstofketel	€ 654.099	€ 912.145	€ 500.254	€ 391.230	€ 709.799	€ 202.836	€ 574.805

Tabel 32 - Kosten per techniek en teelt in 2040 inclusief structuurverandering per hectare kas in jaarlijkse kosten in €/ha

Kosten 2040 inclusief structuurverandering (aandeel 2040) - Jaarlijkse kosten in €/ha	Onbelichte tomatenteelt	Belichte tomatenteelt	Belichte chrysantenteelt	Belichte alstroemerianteelt	Warme potplantenteelt	Radijzenteelt	Gewogen gemiddelde
Aandeel 2040 [%]	19%	30%	23%	7%	12%	1%	
Wkk - aardgas exclusief CO ₂ -prijs	€ 34.193	€ 304.742	€ 135.452	€ 168.569	€ 32.641	€ 9.762	€ 157.487
Wkk - aardgas inclusief CO ₂ -prijs	€ 131.560	€ 393.764	€ 189.044	€ 163.104	€ 140.592	€ 40.605	€ 234.022
Diepe geothermie	€ 75.863	€ 383.472	€ 181.987	€ 197.503	€ 68.707	€ 19.667	€ 210.412
LT-restwarmte met WP	€ 112.174	€ 416.970	€ 203.546	€ 210.495	€ 105.085	€ 32.061	€ 240.093
HT-restwarmte	€ 66.290	€ 374.719	€ 176.718	€ 194.295	€ 58.093	€ 16.635	€ 202.602
Kaswarmte + wko	€ 172.872	€ 473.108	€ 245.327	€ 234.318	€ 176.565	€ 53.412	€ 292.747
Aquathermie + WP	€ 171.334	€ 471.059	€ 236.108	€ 230.316	€ 170.675	€ 50.801	€ 288.356
Wkk op groengas	€ 187.389	€ 444.807	€ 219.773	€ 217.372	€ 202.489	€ 58.290	€ 282.273
Biomassa wkk	€ 92.342	€ 357.907	€ 167.458	€ 185.529	€ 97.110	€ 28.182	€ 204.733
Biomassaketel	€ 115.570	€ 414.711	€ 201.655	€ 206.344	€ 119.959	€ 34.950	€ 241.240
Waterstofketel	€ 654.099	€ 912.145	€ 500.254	€ 391.230	€ 709.799	€ 202.836	€ 682.142

D.7 Gevoeligheidsanalyse

Het model is logischerwijs gestoeld op verschillende aannames. Het effect van deze aannames in 2040 is beschouwd in deze gevoeligheidsanalyse. In de gevoeligheidsanalyse is niet een andere operationalisering van de technieken meegenomen, oftewel een verandering in dimensionering of aantal vollasturen. De meegenomen scenario's zijn:

- Verkoopprijs elektriciteit ten opzichte van marktprijs [+10, +25%]: In het referentie-scenario is aangenomen dat de geproduceerde elektriciteit wordt verkocht voor dezelfde prijs als de gemiddelde inkoopprijs. In de realiteit wordt elektriciteit voornamelijk verkocht als er een hogere elektriciteitsprijs is dan de gemiddelde prijs. Dat wordt met dit scenario onderzocht.
- Inkoopprijs CO₂ [-20%, +20%]: Het gaat hierbij om de externe inkoopprijs van CO₂.
- Gasprijs [-20%, +20%]: Effect alleen op aardgasprijs, en niet op groengas.
- Elektriciteitsprijs [-20%, +20%]: Hiermee daalt de verkoopprijs van stroom ook.

Tabel 34 op pagina 114 geeft de absolute waarde weer van de gemiddelde gewogen kosten in 2040 voor de verschillende gevoeligheidsscenario's. Het effect van een hogere verkoopprijs is beperkt maar verschilt erg per teelt. Slechts bij een aantal teelten (onbelichte tomatenteelt en warmte potplanten) wordt een significante hoeveelheid elektriciteit verkocht, voor de andere teelten is de balans ongeveer netto of wordt er significant elektriciteit ingekocht. De inkoopprijs van CO₂ resulteert in een prijsverandering voor de technieken die geen gebruik maken van aardgas of biomassa. De inkoopprijs van elektriciteit beïnvloedt de prijsniveaus van alle technieken en de onderlinge verhouding tussen de wkk en de alternatieven. De gasprijs beïnvloedt de kosten van de wkk.

Tabel 33 geeft de verandering van de onrendabele top weer in procenten. Hieruit blijkt dat een fluctuatie in de elektriciteitsprijs en gasprijs de grootste impact heeft op de onrendabele top. De inkoopkosten van CO₂ beslaan slecht een klein gedeelte van de totale kosten waardoor de impact beperkt is. Een stijgende gasprijs of dalende elektriciteitsprijs heeft het grootste positieve effect op de onrendabele top. De relatieve percentages zijn het hoogst bij de eerste drie technieken omdat de onrendabele top daar het kleinste is.

Tabel 33 - Verandering onrendabele top in gevoeligheidsanalyse in 2040

	Referentie	Verkoop elektriciteit prijs + 10%	Verkoop elektriciteit prijs +25%	Inkoop CO ₂ -20%	Inkoop CO ₂ +20%	Gasprijs -20%	Gasprijs +20%	Elektriciteitsprijs -20%	Elektriciteitsprijs +20%
HT-restwarmte	€ 96	5%	12%	-5%	4%	22%	-39%	-41%	5%
Biomassa wkk	€ 100	0%	0%	0%	0%	21%	-37%	-18%	19%
Diepe geothermie	€ 113	5%	11%	-4%	4%	19%	-32%	-12%	20%
LT-restwarmte met WP	€ 176	3%	7%	-3%	1%	13%	-18%	-19%	14%
Biomassaketel	€ 178	3%	7%	0%	1%	13%	-18%	-18%	13%
Wkk op groengas	€ 265	0%	0%	0%	0%	9%	-11%	-6%	0%
Aquathermie + WP	€ 278	2%	5%	-2%	2%	9%	-11%	-7%	9%
Kaswarmte + wko	€ 288	2%	5%	-2%	1%	9%	-10%	-8%	9%
Waterstofketel	€ 1.116	0%	1%	0%	0%	2%	-2%	-3%	2%



Tabel 34 - Gemiddelde gewogen kosten 2040 - gevoeligheidsanalyse

	Referentie	Verkoop elektriciteit prijs + 10%	Verkoop elektriciteit prijs +25%	Inkoop CO ₂ - 20%	Inkoop CO ₂ +20%	Gasprijs -20%	Gasprijs +20%	Elektriciteitsprijs -20%	Elektriciteitsprijs +20%
Wkk - aardgas exclusief CO ₂ -prijs	€ 157.487	€ 154.915	€ 151.058	€ 157.487	€ 157.487	€ 144.766	€ 170.207	€ 150.052	€ 164.921
Wkk - aardgas in. CO ₂ -prijs	€ 234.022	€ 231.450	€ 227.593	€ 234.067	€ 234.067	€ 221.302	€ 246.742	€ 226.588	€ 241.456
HT-restwarmte	€ 202.602	€ 202.602	€ 202.602	€ 200.566	€ 200.566	€ 202.602	€ 202.602	€ 182.163	€ 223.041
Biomassa wkk	€ 204.733	€ 202.162	€ 198.305	€ 204.733	€ 204.733	€ 204.733	€ 204.733	€ 197.299	€ 212.167
Diepe geothermie	€ 210.412	€ 210.412	€ 210.412	€ 208.376	€ 208.376	€ 210.412	€ 210.412	€ 189.973	€ 230.852
LT-restwarmte met WP	€ 240.093	€ 240.093	€ 240.093	€ 238.057	€ 238.057	€ 240.093	€ 240.093	€ 219.654	€ 260.532
Biomassaketel	€ 241.240	€ 241.240	€ 241.240	€ 241.240	€ 241.240	€ 241.240	€ 241.240	€ 220.801	€ 261.679
Wkk op groengas	€ 282.273	€ 279.702	€ 275.845	€ 282.273	€ 282.273	€ 282.273	€ 282.273	€ 274.839	€ 289.707
Aquathermie + WP	€ 288.356	€ 288.356	€ 288.356	€ 286.320	€ 286.320	€ 288.356	€ 288.356	€ 267.916	€ 308.795
Kaswarmte + wko	€ 292.747	€ 292.747	€ 292.747	€ 290.711	€ 290.711	€ 292.747	€ 292.747	€ 272.308	€ 313.187
Waterstofketel	€ 682.142	€ 682.142	€ 682.142	€ 680.106	€ 680.106	€ 682.142	€ 682.142	€ 661.703	€ 702.581

E CO₂ uit eigen installatie (zomerstook)

Veel tuinders stoken 's zomers hun gasketel of wkk om lokale CO₂ te produceren die kan worden ingezet voor gewasdosering. In de zomermaanden kennen de meeste gewassen echter maar een beperkte, of geheel afwezige, warmtebehoefte. Aangezien bij de productie van lokale CO₂-broeikasgassen vrijkomen, zou het vanuit systeemperspectief logischer zijn als tuinders in de periode zonder warmtebehoefte externe CO₂-inkopen. Het rekenmodel dat ontwikkeld is voor deze studie is uitgebreid om te bepalen wat de kosten zijn van de overstap van lokale productie naar inkoop. De kosten van lokale productie zijn berekend voor twee varianten: CO₂ uit een aardgasketel en CO₂ uit een aardgas-wkk. Vervolgens zijn de kosten afgezet tegen de inkoopprijs van externe CO₂ (via pijpleiding en via vrachtwagen).

E.1 Aannames

De aannames in de berekening zijn:

- Voor de prijsniveaus is gerekend met de kosten voor 2020 zoals opgenomen in Tabel 26.
- De kosten die zijn meegenomen zijn kapitaallasten, operationele kosten, energiebelasting en ODE, kosten voor gas en netwerkkosten gas.
- De wkk is vrijgesteld van de energiebelasting en ODE, voor de aardgasketel is gerekend met het gereduceerde tarief. Op inkoop van elektriciteit wordt de energiebelasting en ODE geheven.
- Er zijn twee kostenscenario's gedefinieerd: 1) alle kosten; en 2) de kosten exclusief vaste lasten. Onder de vaste lasten vallen de kapitaallasten en de vaste operationele kosten. Het tweede prijsscenario schetst een beeld van de situatie waarin een wkk of ketel geplaatst is voor de warmtevoorziening en slechts additioneel wordt ingezet voor CO₂-productie. De vaste lasten worden dus in dat scenario niet toegekend aan de CO₂-productie.
- Voor de dimensionering is uitgegaan van een kas van vijf hectare. Het effect van de dimensionering is relatief beperkt.
- Er zijn geen baten of kosten toegekend aan de warmte die gegenereerd wordt bij de productie van lokale CO₂ (er is uitgegaan van een situatie zonder warmtevraag). De kosten zijn dus volledig toegerekend aan de CO₂-productie.
- Voor baten uit elektriciteitsproductie zijn verschillende scenario's opgenomen. Deze staan beschreven in Tabel 35.

Tabel 35 - Analyse scenario's CO₂ uit eigen installatie

Techniek - scenario	Dimensionering	Toelichting
Aardgas ketel	3,5 MWth	Kosten volledig toegerekend aan CO ₂ -productie
Wkk - exclusief elektriciteit	1,5 MWth	Geen baten toegekend aan geproduceerde elektriciteit
Wkk - verkoop elektriciteit	1,5 MWth	Baten toegekend aan verkoop van geproduceerde elektriciteit
Wkk-ervanging inkoop elektriciteit	1,5 MWth	Aanname dat de geproduceerde elektriciteit vervanging is van elektriciteit die anders zou moeten worden ingekocht, oftewel inclusief EB en ODE



E.2 Resultaten

De resultaten van de doorrekeningen zijn weergegeven in Tabel 36. De tweede kolom van Tabel 36 geeft de kosten inclusief kapitaallasten en vaste operationele kosten. De derde kolom exclusief deze kosten. Een tuinder zal bij de investering in een wkk voornamelijk kijken naar de resultaten inclusief vaste lasten, terwijl de keuze om op korte termijn CO₂ in te kopen of over te gaan op zomerstook gebaseerd zal zijn op de kosten exclusief vaste lasten.

Tabel 36 - Resultaten CO₂-prijs uit eigen installatie in 2020

CO ₂ -prijs uit eigen installatie - 2020	Kosten inclusief kapitaallasten en vaste O&M (€/ton)	Kosten exclusief kapitaallasten en vaste O&M (€/ton)	Toelichting
Aardgas ketel	€ 166	€ 114	Ketel met aardgas als input, met gereduceerd EB/ODE tarief
Wkk - exclusief verkoop elektriciteit	€ 148	€ 108	Baten voor elektriciteit uit de wkk worden niet meegenomen
Wkk - verkoop elektriciteit	€ 44	€ 3	Aangenomen dat elektriciteit wordt verkocht tegen de marktprijs
Wkk - vervanging inkoop elektriciteit	€ -29	€ -69	Aangenomen dat productie uit wkk resulteert dat er op dat moment geen elektriciteit te hoeft worden ingekocht, dus geen EB/ODE betaalt hoeft te worden

De kosten voor CO₂-productie uit een ketel liggen iets hoger dan uit een wkk als de baten uit elektriciteit niet worden meegenomen. Dit komt voornamelijk door de energiebelasting en ODE die een tuinder met gasketel moet betalen (weliswaar gaat dan om een verlaagd tarief). In de kosten exclusief vaste lasten vertegenwoordigen de aardgaskosten ongeveer 95% van de totale kosten bij beide technieken. Als de vaste lasten worden meegenomen is dit ongeveer 80%. De aardgasprijs is dus bepalend voor de kosten voor de CO₂.

De prijs voor CO₂ uit de OCAP ligt rond de 60 €/ton. De kosten voor levering van vloeibare CO₂ worden geschat rond de 90 tot 100 €/ton. Dit betekent dat de prijsniveaus voor een ketel hoger zijn dan van externe CO₂-levering. Hierbij is het belangrijk om te benoemen dat de ketel natuurlijk ook warmte levert, welke van toegevoegde waarde is op momenten dat de gewassen wel een warmtevraag kennen. In deze analyse zijn alle kosten toegerekend aan de CO₂-productie, maar in een situatie met warmtevraag zou externe CO₂-levering niet langer goedkoper zijn. De businesscase voor een tuinder met gasketel hangt daarom af van het aantal uren per jaar zonder warmtevraag. Ook zullen andere overwegingen meespelen, zoals de onafhankelijkheid en flexibiliteit van lokale opwek van CO₂.

De wkk produceert naast warmte ook elektriciteit. Als deze elektriciteit wordt verkocht tegen de gemiddelde marktprijs in 2020 zijn de kosten respectievelijk € 44 en € 3 per ton CO₂ voor het scenario met en zonder inbegrip van kapitaallasten. De kostprijs inclusief vaste lasten ligt dus rond of onder de kosten voor externe levering. Als de tuinder naast CO₂ ook elektriciteit nodig heeft voor zijn belichting dalen de kosten verder omdat er bij externe CO₂-levering ook elektriciteit zou moeten worden ingekocht. Dit effect wordt veroorzaakt doordat er bij elektriciteitsopwekking met een wkk geen energiebelasting en ODE hoeft te worden afgedragen. De kosten in dit laatste scenario zijn zelfs negatief, wat betekent dat lokale CO₂- en elektriciteitsproductie de tuinder de facto geld oplevert. De gemiddelde wkk voor een kas van 5 hectare levert 1,2 MW elektrisch vermogen. Dit

betekent dat het per moment verschilt of en hoeveel elektriciteit door de kas zelf gebruikt zal worden. De gemiddelde kosten voor CO₂-productie uit een wkk zullen dus tussen de kostprijs met verkoop en de kostprijs bij vervanging van inkoop liggen.

E.3 Doorkijkje naar 2040

Richting 2040 is een stijging van de aardgasprijs verwacht⁵³ alsmede een stijgende elektriciteitsprijs. Dit resulteert in een hogere prijs voor CO₂ uit eigen installatie zoals weergegeven in Tabel 37. Echter door de eveneens stijgende elektriciteitsprijs wordt dit effect voor de wkk gedempt. Wanneer kapitaallasten niet worden toegerekend aan de CO₂-productie blijft lokale productie met een wkk goedkoper dan inkoop van externe CO₂.

Tabel 37 - Resultaten CO₂-prijs uit eigen installatie in 2040

CO ₂ -prijs uit eigen installatie - 2040	Kosten inclusief kapitaallasten en vaste O&M (€/ton)	Kosten exclusief kapitaallasten en vaste O&M (€/ton)	Toelichting
Aardgas ketel	€ 179	€ 132	Ketel met aardgas als input, met gereduceerd EB/ODE tarief
Wkk - exclusief elektriciteit	€ 165	€ 125	Baten voor elektriciteit uit de wkk worden niet meegenomen
Wkk - verkoop elektriciteit	€ 99	€ 58	Aangenomen dat elektriciteit wordt verkocht tegen de marktprijs
Wkk - vervanging inkoop elektriciteit	€ -21	€ -62	Aangenomen dat productie uit wkk resulteert dat er op dat moment geen elektriciteit te hoeft worden ingekocht, dus geen EB/ODE betaalt hoeft te worden

⁵³ Gebaseerd op de KEV 2020 en ii3050.