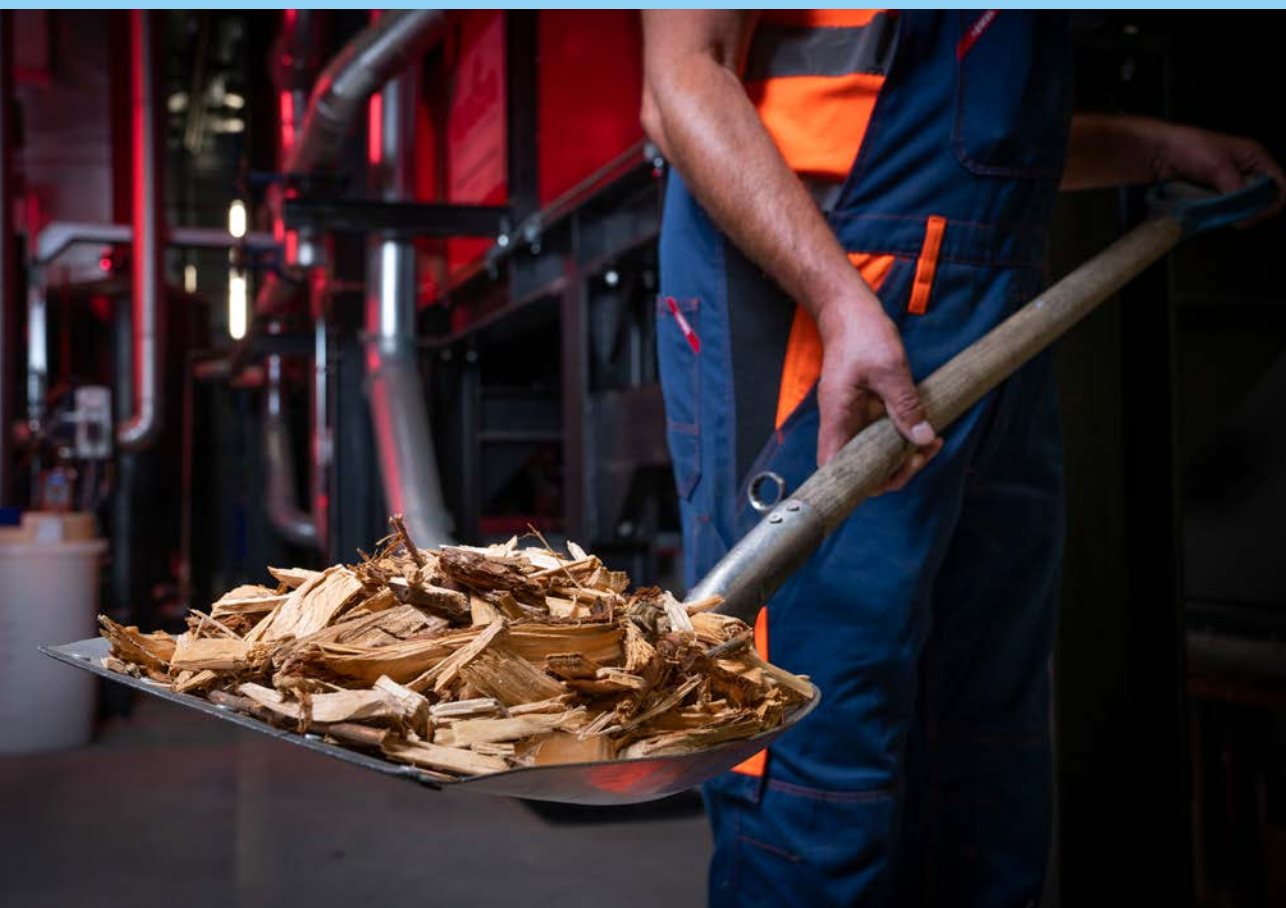
Planbureau voor de Leefomgeving

ADVIES UITFASERING HOUTIGE BIOGRONDSTOFFEN VOOR WARMTETOEPASSINGEN

Bart Strengers, Hans Elzenga en Michiel Hekkenberg
Met medewerking van RVO en TNO



ADVIES UITFASERING HOUTIGE BIOGRONDSTOFFEN VOOR WARMTETOEPASSINGEN

Bart Strengers, Hans Elzenga en Michiel Hekkenberg

Met medewerking van RVO en TNO

Advies uitfasering houtige biogrondstoffen voor warmtetoepassingen
© PBL Planbureau voor de Leefomgeving

Den Haag, 2020
PBL-publicatienummer: 4303

Contact
bart.strengers@pbl.nl

Auteurs
Bart Strengers, Hans Elzenga en Michiel Hekkenberg

Redactie figuren
Beeldredactie PBL

Eindredactie en productie
Uitgeverij PBL

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding:
Strengers, B. et al. (2020), *Advies uitfasering houtige biogrondstoffen voor warmtetoepassingen*,
Den Haag: PBL.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is vóór alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk gefundeerd.

Foto's
Louis Meulstee, tenzij anders vermeld

Omslagfoto
Een biomassacentrale in Lochem verstookt houtsnippers voor stoomproductie. Hiermee wordt per jaar 1,8 miljoen kubieke meter aardgas uitgespaard. Het hout voor de houtsnippers is afkomstig van door boeren onderhouden houtwallen, hagen en bospercelen in de Achterhoek.

Inhoud

Samenvatting 7

1 Inleiding 12

2 Inzet van biogrondstoffen voor warmte 13
2.1 Energieverbruik voor warmte 13
2.2 Huidig gebruik houtige biogrondstoffen voor energie 14
2.2.1 Toepassingen houtige biogrondstoffen 15
2.2.2 Bronnen van houtige biogrondstoffen 16
2.2.3 Herkomst 17
2.2.4 Duurzaamheid 17
2.3 Biogrondstoffen voor warmtenetten 18

3 Houtige biogrondstoffen in de SDE+ 22
3.1 Inleiding 22
3.2 Energieproductie, biogrondstoffengebruik en kasuitgaven 25
3.3 Warmteproductie uit houtige biogrondstoffen voor de gebouwde omgeving 29

4 Uitfasering houtige biogrondstoffen 32
4.1 Uitgangspunten 32
4.1.1 Referentiescenario's 33
4.1.2 Uitfaseringsvarianten 34
4.1.3 Beschikbaarheid biogrondstoffen 35
4.1.4 Import van biobrandstoffen 36
4.2 Resultaten uitfaseringsberekeningen 37
4.2.1 Referentiescenario's 40
4.2.2 Uitfasering in de gebouwde omgeving 41
4.2.3 Uitfasering in gebouwde omgeving, industrie en landbouw 43

5 Alternatieve bronnen voor warmte 47
5.1 Inleiding 47
5.2 Alternatieve warmtebronnen 47
5.2.1 Warmtebronnen voor warmtenetten 47
5.2.2 Gebouwgebonden verwarmingsbronnen 54

6 Discussie en conclusies 59

Referenties 66

Samenvatting

Inleiding

Het gebruik van biogrondstoffen ten behoeve van de energietransitie en de circulaire economie is onderwerp van politieke en maatschappelijke discussie. Daarin worden verschillende argumenten naar voren gebracht om het gebruik van biogrondstoffen te beperken of juist te stimuleren (Strengers & Elzenga, 2020). Een belangrijk twistpunt is de duurzaamheid van geïmporteerde houtpellets en in het verlengde daarvan van andere, vooral houtige biogrondstoffen.[1]

De discussie leidt tot onzekerheid over het toekomstige duurzaamheidskader rond biogrondstoffen en heeft vooral in het afgelopen jaar op lokaal niveau geleid tot uitstel en zelfs afstel van de bouw van nieuwe biomassacentrales ten behoeve van de warmtevoorziening (bijvoorbeeld in Diemen (Vattenfall, 2020b), Helmond, Purmerend en Zaanstad). Dit heeft mogelijk negatieve gevolgen voor de verduurzaming van de warmtevraag in de gebouwde omgeving via warmtenetten, die in het Klimaatakkoord is afgesproken en ook voor de energietransitie op de langere termijn van belang is.

De Sociaal-Economische Raad (SER) heeft in 'Biomassa in Balans' geadviseerd het gebruik van houtige biogrondstoffen voor lagetemperatuurwarmte[2] in de gebouwde omgeving af te bouwen, met een gelijktijdige opbouw van hoogwaardigere toepassingen, zoals in (bouw) materialen of als grondstof voor de chemische industrie, de lucht- en scheepvaart en voor hogetemperatuurwarmte in de industrie (SER, 2020). In veel van die hoogwaardigere toepassingen kan de vrijkomende koolstof ook (deels) worden opgevangen en opgeslagen, zodat er negatieve emissies kunnen worden gerealiseerd.

De ministeries van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) en Economische Zaken en Klimaat (EZK) hebben in hun brief aan de Tweede Kamer van 14 oktober 2020 over het duurzaamheidskader voor biogrondstoffen de ambitie uitgesproken de subsidie op de inzet van

[1] Alle gesubsidieerde houtige biogrondstoffen in Nederland voldoen aan strenge duurzaamheidscriteria, waaronder de eis dat gemiddeld over een jaar over de gehele keten ten minste 70% CO_2-reductie ten opzichte van de EU-referentiewaarde moet worden gerealiseerd (RVO, 2020a). In de berekening van de CO_2-reductie wordt de CO_2-uitstoot van de verbranding zelf niet meegerekend, omdat deze deel uitmaakt van een relatief korte cyclus. De discussie over duurzaamheid spitst zich onder andere toe op de vraag hoe kort (of lang) die cyclus feitelijk is en zou mogen zijn. De wetenschap laat zien dat de lengte daarvan afhankelijk is van vele factoren en aannames, waaronder de 'counterfactual' oftewel de vraag wat er zou zijn gebeurd als de betreffende biogrondstof *niet* zou zijn gebruikt of geoogst voor, in dit geval, de productie van warmte.

[2] In deze studie wordt met 'lagetemperatuurwarmte' bedoeld: alle temperaturen die gebruikt worden voor lage-, midden- en hogetemperatuurwarmtenetten.

houtige biogrondstoffen voor lagetemperatuurwarmte af te bouwen (EZK & IenW, 2020). Het PBL is om advies gevraagd over een te volgen uitfaseringsstrategie. Daarbij is mede in reactie op de motie-Sienot (Sienot et al., 2020) ook advies gevraagd over een eindjaar voor het afgeven van nieuwe subsidiebeschikkingen (EZK, 2020a), met als voorwaarde dat dit eindjaar de energietransitie niet in de weg mag staan. Zowel in het SER-advies als in de genoemde brief wordt benadrukt dat de benodigde tijd voor de opbouw van alternatieven voor (houtige) biogrondstoffen voor lagetemperatuurwarmte betekent dat ze als overbruggingstoepassing nog nodig zouden kunnen zijn.

De modelanalyse in dit rapport laat zien dat de toepassing van houtige biogrondstoffen voor hogetemperatuurwarmte in de industrie en biobrandstoffen (vooral bunkers) – binnen de gehanteerde modelcontext – kosteneffectievere opties zijn om CO_2-emissies te reduceren dan toepassing ervan voor lagetemperatuurwarmte in de gebouwde omgeving.[3] Door te stoppen met het subsidiëren van houtige biogrondstoffen voor lagetemperatuurwarmte kan ruimte worden gemaakt voor meer hoogwaardige toepassingen op de langere termijn. Echter, het op (te) korte termijn uitfaseren van houtige biogrondstoffen voor warmte kan risico's opleveren voor het behalen van de verduurzamings-doelstellingen voor de gebouwde omgeving voor de korte *en* lange termijn. Onderstaande aandachtspunten zijn van belang bij de overwegingen rondom het kiezen van een eindjaar voor het toekennen van nieuwe subsidiebeschikkingen[4] voor biogrondstoffen voor lagetemperatuurwarmte.

Aandachtspunten

Snelle opschaling van alternatieve warmtebronnen voor warmtenetten is niet aannemelijk
De ambitie voor de uitbreiding en verduurzaming van warmtenetten zoals die voor 2030 is afgesproken in het Klimaatakkoord wordt volgens de Klimaat- en Energieverkenning 2020 (KEV 2020, PBL, 2020b) ook mét de op basis van huidig beleid geraamde inzet van biogrondstoffen nog niet bereikt (zie paragraaf 2.3).[5] Naarmate er minder biogrondstoffen kunnen worden ingezet zal het beleidstekort groter worden; hoe eerder wordt gestopt met het afgeven van nieuwe subsidiebeschikkingen, hoe groter uiteraard het tekort. Indien al ruim vóór 2030 een einde wordt gemaakt aan het toekennen van nieuwe subsidiebeschikkingen

[3] Het gebruikte optimalisatiemodel (OPERA) berekent de laagst mogelijke *werkelijke* kosten voor de invulling van een opgelegd reductiedoel in een bepaald jaar voor het energiesysteem als *geheel*. In de huidige versie van het model spelen sectordoelen (zoals voor de gebouwde omgeving) en (SDE+)-subsidies geen rol. Ook worden toepassingen voor (bouw)materialen niet meegenomen. Het gebruik van biogrondstoffen als feedstock voor de chemie is in een aantal berekeningen door de modelleurs opgelegd.

[4] Een subsidiebeschikking heeft betrekking op een periode van 8 tot 12 jaar waarin de productie van duurzame energie (in dit geval duurzame warmte) wordt gesubsidieerd.

[5] Volgens het Klimaatakkoord zou in 2030 de warmtelevering door warmtenetten 40 PJ moeten zijn in combinatie met 70 procent CO_2-reductie ten opzichte van gasketels. De KEV 2020 komt tot 27 PJ in 2030 waarvan ruim 11 petajoule op basis van biogrondstoffen. Warmtenetten hebben een gemiddeld transportverlies van 26% zodat hiervoor ongeveer 15 PJ warmteproductie nodig zou zijn. Daarvan wordt in 2030 bijna 8 PJ afgedekt door de reeds afgegeven SDE-beschikkingen voor warmte op basis van houtige biogrondstoffen (zie figuur 3.6 in paragraaf 3.3).

voor houtige biogrondstoffen voor lagetemperatuurwarmte, is het niet aannemelijk dat alternatieve bronnen van warmte voor warmtenetten – zoals geothermie, industriële restwarmte en aquathermie – snel genoeg kunnen opschalen om dit te compenseren (zie hoofdstuk 5). De verduurzamingsambitie voor warmtenetten uit het Klimaatakkoord moet dan vermoedelijk worden losgelaten en die voor de hele gebouwde omgeving wordt onzekerder.

Snelle opschaling van gebouwgebonden warmtebronnen met elektrische warmtepompen en duurzame gassen is evenmin aannemelijk

In het Klimaatakkoord is naast de belangrijke rol van collectieve warmtevoorziening via warmtenetten, ook een belangrijke rol toebedacht aan een aanpak waarbij individuele huizen aardgasvrij worden door gebruik van warmtepompen. Sinds het opstellen van het akkoord hebben ook routes waarin groengas en CO_2-vrije waterstof een belangrijke rol spelen, meer aandacht gekregen. We zijn nagegaan in hoeverre het aannemelijk is dat een kleinere bijdrage van de route via biogrondstoffen kan worden opgevangen door versterking van de route via warmtepompen en/of CO_2-vrije gassen. Uit onze studie blijkt dat de implementatie van de 'all-electric'-route via warmtepompen in de bestaande gebouwde omgeving tot dusverre weerbarstig is. Deze route kent vooral in de bestaande bouw vooralsnog hoge kosten, kan flinke implicaties hebben voor de elektriciteitsnetwerken, en stelt eisen aan de beschikbare ruimte voor installaties en de isolatiegraad die niet voor alle woningen realiseerbaar lijken. De route met duurzame gassen – eventueel in combinatie met hybride warmtepompen – verkeert nog in de eerste beginfase en er bestaat daarom grote onzekerheid of er in 2030 voldoende groengas en – op de langere termijn – voldoende duurzame waterstof kan worden geproduceerd.

Warmtenetten kunnen belangrijk zijn voor de verduurzamingsstrategie op de lange termijn

Een expliciete keuze voor gebouwgebonden warmtebronnen kan belemmeringen opwerpen voor de warmtenettenroute. Hoe meer gebouwen in een wijk reeds op individuele wijze verduurzaamd zijn, hoe moeilijker het wordt om voor de overige gebouwen rendabel een warmtenet aan te leggen. Daardoor kan de keuze om biogrondstoffen uit te faseren als warmtebron doorwerken op de verduurzamingsstrategie voor de lange termijn. De route via warmtenetten kan juist de druk op generieke duurzame energiedragers (elektriciteit, duurzame gassen) en hun infrastructuur verlagen, doordat deze op de langere termijn lokaal beschikbare warmtebronnen (geothermie, aquathermie, restwarmte) kan ontsluiten. Lokale lagetemperatuurwarmte kan zo op systeemniveau een belangrijke rol vervullen. Ook voor de doelen na 2030 kan de bijdrage van de warmtenettenroute derhalve cruciaal blijken; de ontwikkeling daarvan afremmen voordat over de mogelijkheden van de alternatieven meer zekerheid is, is daarom ook vanuit langetermijnperspectief risicovol.

Biomassacentrale in werking. De temperatuur in deze vuurhaard is gemiddeld 900°C. De rookgassen gaan door een boiler en verhitten het water hierin tot 435°C. Vervolgens gaan de rookgassen door een economiser, die het voedingswater van de boiler tot 85°C voorverwarmt. Hierna gaan de rookgassen naar een elektrostatisch filter waar de stofdeeltjes worden uitgefilterd voordat ze de schoorsteen verlaten.

Houtige biogrondstoffen als overbruggingstoepassing?

Gegeven deze belangrijke rol van warmtenetten voor het langetermijnsysteemperspectief komt de vraag op of houtige biogrondstoffen – in lijn met het eerder genoemde SER-advies – voor specifieke toepassingen of voor een beperkte overbruggingsperiode toch hun nut kunnen hebben in de verduurzaming van de gebouwde omgeving. Voor het kunnen toepassen van geothermie in een warmtenet is bijvoorbeeld een bepaalde schaalgrootte nodig. Voordat een nieuw warmtenet deze schaalgrootte heeft, zal eerst een andere warmtebron nodig zijn. Op termijn kan een dergelijke rol wellicht door waterstof of groengas worden ingevuld, maar vooralsnog lijken vooral aardgas en/of biogrondstoffen geschikt. Wanneer aardgas wordt gebruikt, zullen emissies initieel stijgen ten opzichte van hr-ketels, wat zowel voor de doelen op korte termijn als wellicht voor het draagvlak van de transitie naar andere warmtebronnen ongunstig is. Ook voor het invullen van de middenlast (vooral in de winter) en de piekvraag (op extra koude dagen) in warmtenetten zijn vooralsnog veel andere duurzame warmtebronnen niet geschikt. Afgewogen dient dus te worden hoe het nadeel van (tijdelijk en beperkt) biogrondstoffengebruik opweegt tegen de tijdelijk hogere fossiele CO_2-emissies.

Duidelijk duurzaamheidskader essentieel
Wanneer tijdelijke of piekinzet van houtige biogrondstoffen om bovenstaande redenen toch geoorloofd wordt geacht, is het (vanwege de prioriteit voor hoogwaardigere toepassingen) zaak die inzet in omvang te beperken en die bovendien zo snel als mogelijk is te vervangen door andere warmtebronnen. Een ondubbelzinnige beschrijving in het verder te ontwikkelen duurzaamheidskader van welke houtige, al dan niet binnenlandse (rest)stromen wel en niet op welk moment zijn toegestaan is daarbij van belang; ook om onzekerheid bij investeerders over het beleid weg te nemen. Een langjarige exploitatiesubsidie zoals momenteel in de SDE++ stuurt niet op snelle vervanging. Om de omvang van activiteiten te beperken worden op andere beleidsterreinen bijvoorbeeld instrumenten als quota, verhandelbare rechten of normering toegepast, die ook hier overwogen kunnen worden.

Conclusie

Bovenstaande overwegingen suggereren dat het stoppen met het toekennen van subsidiebeschikkingen en het uitfaseren van houtige biogrondstoffen voor lagetemperatuurwarmte *op termijn* passende stappen zijn in een klimaatstrategie. Het lijkt evenwel verstandig om de uitfaseringsstrategie in integrale samenhang uit te werken met het overige beleid voor verduurzaming in de gebouwde omgeving en daarbij oog te houden voor de bredere systeemdoorwerkingen. Het vastleggen van een einddatum voor nieuwe subsidies vóór 2030, zonder zicht op de mogelijkheden van alternatieven, heeft grote risico's voor het bewerkstelligen van de afgesproken ambities in het Klimaatakkoord. Ook voor de haalbaarheid van de klimaatdoelen op lange termijn kan vroegtijdig uitfaseren van biogrondstoffen zonder zicht op het totaalbeeld negatieve consequenties hebben.

Pas wanneer duidelijker wordt welke opschaling met alternatieve opties te realiseren is, hoeveel emissiereductie dat oplevert, en hoe die beleidsmatig zal worden ondersteund, kan worden bepaald of een eventuele einddatum voor nieuwe subsidiebeschikkingen vóór 2030 samen zou kunnen gaan met het behalen van de beoogde reductie in 2030. Ook kan een beter beeld van de mogelijkheden van alternatieven meer zicht geven op de gewenste bijdrage van warmtenetten op de langere termijn en de eventuele rol van beperkte toepassing van houtige biogrondstoffen daarin. Wanneer het beleidsmatig gewenst is om ondanks genoemde risico's op korte termijn een eindjaar vast te leggen, lijkt het raadzaam hierbij een voorbehoud op te nemen van afdoende zicht op de gunstige ontwikkeling van alternatieven.

1 Inleiding

In dit advies bezien we de rol van houtige biogrondstoffen in de klimaat- en energietransitie en de gevolgen van het uitfaseren of beperken van verschillende warmtetoepassingen. We kijken daarbij naar de huidige toepassing van houtige biogrondstoffen, de verwachte ontwikkeling daarin bij uitvoering van de SDE-beschikkingen en het Klimaatakkoord, en de toepassing in transitiescenario's voor de lange termijn.

De aanleiding is de motie-Sienot (Sienot et al., 2020), aangenomen door alle politieke partijen uitgezonderd de PVV, en het antwoord daarop van de minister van Economische Zaken en Klimaat (EZK) waarin hij aangeeft dat het PBL wordt gevraagd te adviseren over een 'uitfaseringsstrategie' (EZK, 2020a).

In het antwoord van minister Wiebes wordt de vraagstelling aan het PBL als volgt verwoord: 'Tot slot zal in het duurzaamheidskader voor biomassa een eindjaar worden opgenomen voor de subsidiëring van warmteproductie met vaste houtige biomassa en zal ik een uitfaseringsstrategie maken voor 2021. Uiteraard mag de gekozen einddatum de transitie naar een duurzame energievoorziening niet in de weg staan. In dat licht zal ik het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) vragen mij te adviseren over deze uitfaseringsstrategie.'

In dit antwoord wordt dus gesproken van een uitfaseringsstrategie voor warmte op basis van houtige biogrondstoffen, *onafhankelijk* van de vraag waarvoor die warmte wordt gebruikt. In nader overleg met het ministerie van EZK is daarom besloten om in dit advies zowel te kijken naar de consequenties van uitfasering in de gebouwde omgeving als in andere sectoren (landbouw en industrie).

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 en 3 presenteren we het cijfermatige fundament waarop het advies is gebaseerd. De cijfers zijn belangrijk, omdat in het debat veel (en soms tegenstrijdige) getallen worden gebruikt, niet alleen wat betreft de huidige en toekomstige beschikbaarheid van biogrondstoffen en de mate waarin import van belang is, maar ook het type houtige biogrondstoffen dat wordt gebruikt (pellets of reststromen) en de (subsidie)kosten die daarmee zouden zijn gemoeid. Hoofdstuk 4 bevat een modelanalyse van de consequenties van uitfaseren van verschillende warmtetoepassingen in verschillende toekomstige jaren, binnen de context van de algehele energietransitie en in lijn met de gestelde randvoorwaarde dat deze transitie niet in gevaar mag komen. In hoofdstuk 5 gaan we in op de alternatieven voor (houtige biogrondstoffen in) warmtenetten: op welke termijn is dit al dan niet mogelijk en tegen welke kosten? In hoofdstuk 6 bespreken we de conclusies – inclusief cijfermatige onderbouwing – die de basis vormen voor het meer kwalitatieve advies zoals gegeven in de samenvatting.

2 Inzet van biogrondstoffen voor warmte

De meeste hernieuwbare energie in Nederland, namelijk 59%, komt uit biogrondstoffen en 21% uit windenergie. De bijdrage van zonne-energie is in 2019 gestegen naar 11%. De overige bronnen, zoals waterkracht, bodemenergie en warmte uit de buitenlucht, droegen gezamenlijk 9% bij (CBS, 2020). De productie van elektriciteit uit biogrondstoffen is in 2019 met 24% toegenomen. De grootste productiestijgingen (relatief en absoluut) werden behaald bij de elektriciteitscentrales uit de meestook van biogrondstoffen (houtpellets) en met zonnepanelen.

2.1 Energieverbruik voor warmte

Ruim de helft van het finale energieverbruik in Nederland wordt gebruikt voor warmte. In 2019 was dat 976 PJ en dit daalt volgens de *Klimaat- en Energieverkenning 2020* (hierna KEV 2020) met voorgenomen beleid[6] naar 877 PJ in 2030 (PBL, 2020b). Bijna de helft van het finale energiegebruik voor warmte wordt gebruikt in de gebouwde omgeving, ruim 40% in de nijverheid en 10% in de landbouw (zie tabel 2.1). Deze verhouding in het finale energiegebruik voor warmte verandert volgens de KEV tot 2030 nauwelijks. Hernieuwbare energie (biomassa, geothermie, afvalverbrandingsinstallaties en restwarmte) was in 2019 goed voor 68 PJ of circa 7% van de warmtevoorziening. Dit aandeel hernieuwbare warmte stijgt in de raming met voorgenomen beleid naar 115 PJ of 13% in 2030. Dit betekent dus dat zelfs in 2030 nog 87% van de warmte op basis van fossiele brandstoffen (met name aardgas) zal worden geproduceerd.

[6] De KEV komt tot andere beleidseffecten dan de doorrekening van het Klimaatakkoord, omdat alleen wordt gekeken naar de effecten van dat deel van het beleid waarvan de uitwerking en vormgeving bekend waren op 1 mei 2020. Beleid gericht op het Urgenda-doel, het Schone Luchtakkoord, het stikstofpakket en het pakket om 1,5 miljoen aardgasvrije woningen te realiseren in 2030 zijn daarom *niet* meegenomen.

Tabel 2.1

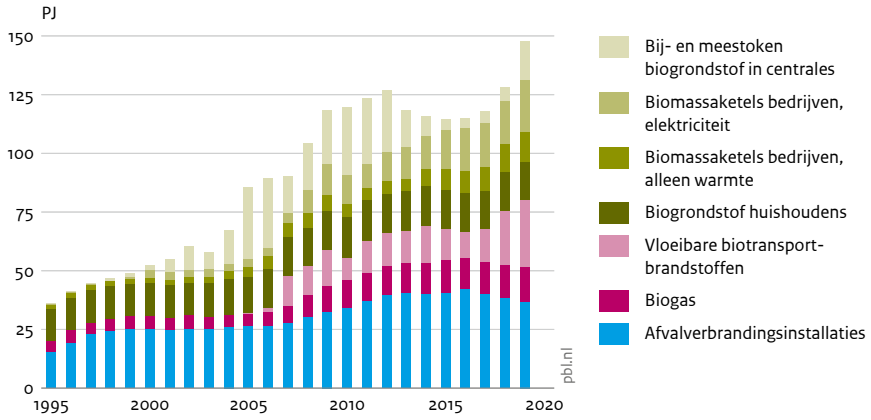
Finaal energieverbruik in 2030 voor warmte volgens de KEV 2020 in PJ

	2019	2030
Gebouwde omgeving	459	388
Industrie	420	392
Landbouw	97	97
Totaal	976	877
Hernieuwbaar	68 (7%)	115 (13%)

Bron: PBL (2020b); cijfers uit 2019 zijn gebaseerd op de Warmtemonitor 2019 (TNO & CBS, 2020).

Figuur 2.1

Gebruik van biogrondstoffen



Bron: CBS

2.2 Huidig gebruik houtige biogrondstoffen voor energie

Zoals weergegeven in figuur 2.1 werd in 2019 ruim 140 PJ biogrondstoffen gebruikt voor de levering van 106 PJ in de verschillende energietoepassingen; dit is 58,5% van de totale hoeveelheid geproduceerde hernieuwbare energie in dat jaar (CBS, 2020).

Tabel 2.2

Binnenlands verbruik van houtige biogrondstoffen in PJ voor energietoepassingen over de periode 2013-2018

Eenheid: PJ	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Houtpellets	12,1	4,5	1,4	1,7	1,5	3,9	16,0
Houtchips en schoon resthout	5,6	6,3	7,6	7,6	8,0	11,2	23,0
Restproducten uit primaire landbouw	3,2	3,0	3,0	3,3	2,8	2,1	
Restproducten uit agro-industrie	3,4	3,2	4,0	3,3	3,2	1,6	
Afvalhout voor opwekking elektriciteit	6,6	8,4	9,7	11,5	9,2	8,4	
Afvalhout bij huishoudens	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Verse houtblokken (huishoudens)	14,0	13,9	13,7	13,6	13,5	13,5	13,5
Totaal	**48**	**42**	**42**	**44**	**41**	**43**	**55**

Bron: CBS (2020); cijfers voor 2019 zijn een schatting op basis van PBE (2020) en CE Delft (2020) en onder de aanname dat het gebruik van hout in huishoudens niet is veranderd.

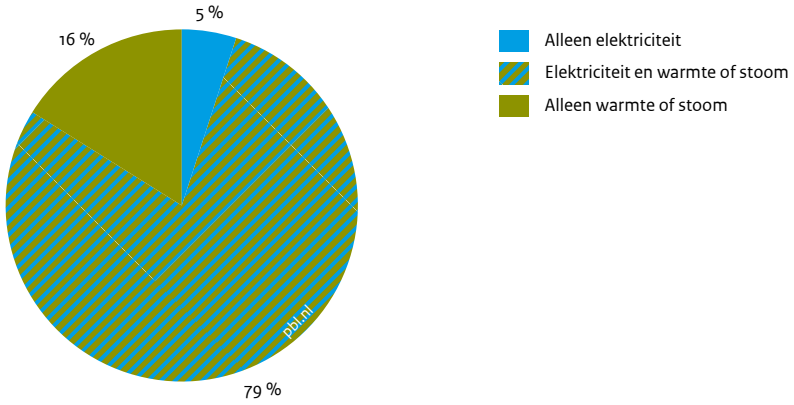
In dezelfde publicatie wordt het binnenlandse verbruik van de verschillende vormen van *houtige* biogrondstoffen in de periode van 2013 tot 2018 weergegeven, dat over die periode tamelijk constant is gebleven (zie tabel 2.2). Voor 2019 heeft het Platform Bio-Economie op basis van een inventarisatie bij 40 bedrijven (inclusief de elektriciteitscentrales) vastgesteld dat deze bedrijven 2,6 miljoen ton of 35,5 PJ houtige biogrondstoffen voor energiedoeleinden gebruikten (PBE, 2020). Dit is een toename van bijna 1 miljoen ton ten opzichte van 2018. Op basis van een gemiddelde vochtinhoud van ongeveer 25% is 2,0 miljoen ton droge houtige biogrondstoffen verbruikt in 2019. De geïnventariseerde bedrijven vertegenwoordigen samen meer dan 90% van het totale verbruik. Daaruit volgt dat het totale gebruik van houtige biogrondstoffen voor energieopwekking in 2019 uitkomt op 2,9 miljoen ton (39 PJ) ofwel 2,2 miljoen ton in droge vorm.

2.2.1 Toepassingen houtige biogrondstoffen

De toename in het gebruik van houtige biogrondstoffen in 2019 kwam voor het grootste deel door de bij- en meestook, waarvoor in 2019 ruim 826 kton (16 PJ) aan biogrondstoffen, hoofdzakelijk houtpellets, werd gebruikt (CE Delft, 2020). De meestvoorkomende toepassing (79% of ruim 2 miljoen ton van de genoemde 2,6 miljoen ton) betrof het gebruik in installaties bij bedrijven voor de productie van elektriciteit en warmte (zogenoemde warmte-krachtkoppeling of WKK). De productie van uitsluitend warmte of stoom (16%) of uitsluitend elektriciteit (5%) kwam veel minder voor (zie figuur 2.2).

Figuur 2.2

Inzet van houtige biogrondstoffen, 2020



Bron: PBE 2020

Bijna de helft van de houtige biogrondstoffen (47%) werd gebruikt voor de productie van elektriciteit en warmte in biomassaketels met een vermogen van meer dan 10 MW. Biomassaketels kleiner dan 10 MW gebruikten voor de productie van elektriciteit en warmte slechts 5% van de houtige biogrondstoffen. Installaties voor de productie van warmte en stoom gebruikten 15% (2% voor installaties kleiner dan 10MW en 13% voor groter dan 10 MW).

Samenvattend werd de meeste biomassa in 2019 dus gebruikt in biomassacentrales die zowel elektriciteit als stoom of warmte (voor onder andere warmtenetten, zie paragraaf 2.3) produceren. De grotere centrales waren verantwoordelijk voor bijna de helft van het totale biogrondstoffengebruik. Het verbruik van de kleine centrales en de warmtecentrales was naar verhouding gering.

2.2.2 Bronnen van houtige biogrondstoffen

Volgens de inventarisatie van PBE (2020) was in 2019 ruim een derde van de houtige biogrondstoffen afkomstig uit reststromen uit bos-, natuur- en landschapsbeheer (34%). Belangrijke andere bronnen waren B-hout, ingezameld bij bedrijven en consumenten (32%), en reststromen uit de agro-, food- en houtindustrie (22%) en overige houtige reststromen waaronder papierslib (12%). In termen van gewicht werd een derde van de houtige biogrondstoffen in 2019 verhandeld in de vorm van houtpellets (32%). Houtchips en shreds waren verantwoordelijk voor 38% van het totaal en de rest kwam uit overige bronnen zoals zaagsel, houtmot, houtsnippers en papierslib. De totale inzet aan biogrondstoffen voor bij- en meestook bestond in 2019 bijna volledig uit houtpellets, waarvan 60% uit biogene rest- en afvalstromen (categorie 5 volgens het verificatieprotocol (RVO, 2020b)), 38% uit houtige biogrondstoffen uit bosbeheereenheden kleiner dan 500 hectare (categorie 2) en 2% uit hout uit boseenheden groter dan 500 hectare (categorie 1) (CE Delft, 2020).

Tabel 2.3

Herkomst van biogrondstoffen (voor bijna 99% houtpellets) voor bij- en meestook in 2019

Regio	Hoeveelheid (kton)	Aandeel (%)
Europa (EU)	544,5	66%
Europa (niet-EU)	119,1	14%
Noord-Amerika	152,6	18%
Zuid-Amerika	10,1	1%

Bron: CE Delft (2020).

2.2.3 Herkomst

Het overgrote deel (61%) van de houtige biogrondstoffen was in 2019 afkomstig uit Nederland en daarnaast nog 8% uit de buurlanden Duitsland en België (zie ook tabel 2.3). De rest kwam, hoofdzakelijk in de vorm van houtpellets, uit de Europese Unie (met name de Baltische Staten en een klein deel uit andere EU-landen zoals Portugal), andere Europese landen die niet tot de Unie behoren (waaronder Belarus en Rusland), Noord-Amerika en Zuid-Amerika. Voor lokale warmte- en warmte-krachtproductie komt zelfs 89% uit Nederland en de rest uit de buurlanden.

2.2.4 Duurzaamheid

In principe moeten alle gesubsidieerde houtige biogrondstoffen in Nederland aan strenge duurzaamheidscriteria voldoen (RVO, 2020a) waaronder de eis dat gemiddeld over een jaar over de gehele keten ten minste 70% CO_2-reductie ten opzichte van de EU-referentiewaarde moet worden gerealiseerd.[7] In de berekening van de CO_2-reductie wordt de CO_2-uitstoot van de verbranding zelf niet meegerekend omdat deze deel uitmaakt van een relatief korte cyclus. De discussie over duurzaamheid spitst zich onder andere toe op de vraag hoe kort (of lang) die cyclus feitelijk is en zou mogen zijn gezien de urgentie van het klimaatprobleem. De wetenschap laat zien dat de lengte van die cyclus (ofwel de terugverdientijd en daaraan gerelateerd de koolstofschuld) afhankelijk is van vele factoren en aannames waaronder de 'counterfactual' ofwel de vraag wat er zou zijn gebeurd als de betreffende biogrondstof niet zou zijn gebruikt of geoogst voor, in dit geval, de productie van warmte. In Strengers en Elzenga (2020) wordt hier uitgebreid op ingegaan.

In de laatste jaren is het gebruik van duurzaamheidsrapportages en -verificatie sterk toegenomen en ten opzichte van 2018 zelfs verdubbeld. De houtpellets voor bij- en meestook voldeden in 2019 volledig aan de eis voor broeikasgasemissiereducties op basis van verificatie.[8] Ongeveer 3,5% (afkomstig uit de bosbeheereenheden) voldeed niet aan

[7] Voor warmte impliceert dit een maximale uitstoot van 32 kg CO_2 per GJ.

[8] Met het Better Biomass-certificaat (ADBE, 2019) kunnen wel de broeikasgasemissie(deel)eisen over individuele leveringen van houtpellets worden aangetoond, maar niet de (deel)eisen over de gemiddelde uitstoot van alle leveringen tezamen (RVO, 2020a).

de wettelijke eisen rond (bodem)koolstof en verandering in landgebruik en duurzaam bosbeheer. Ruim de helft van deze 3,5% bestond uit FSC-gecertificeerde biomassa, welke nog niet formeel is goedgekeurd (CE Delft, 2020). Voor de overige installatietypen is certificering op vrijwillige basis en dit vindt plaats in iets minder dan de helft van de gevallen (47%).

2.3 Biogrondstoffen voor warmtenetten

Uit de Warmtemonitor 2019 (TNO & CBS, 2020) kan worden afgeleid dat de totale productie van warmtenetten stijgt van bijna 23 PJ in 2018 naar ruim 26 PJ in 2023 (zie tabel 2.4).[9] Het aandeel biogrondstoffen zal in dezelfde periode stijgen van 8% (1,7 PJ) in 2018 naar 28% (7,4 PJ) in 2023. De primaire behoefte aan biogrondstoffen zal bij een verondersteld warmteverlies bij transport van 26% en een efficiëntie bij verbranding van 90% stijgen, van 2,6 PJ in 2018 tot ruim 11 PJ in 2023.

Het aandeel houtpellets binnen warmtenetten in 2018 was nul en stijgt van 21% in 2019 (1,1 PJ) tot meer dan de helft in 2023 (5,7 PJ). Bijna twee derde deel daarvan (3,5 PJ) wordt dan verstookt door RWE in de Amercentrale ten behoeve van het warmtenet dat bijna 37.000 huishoudens in Tilburg en Breda voorziet van warmte. RWE onderzoekt of, nadat de huidige SDE-subsidiebeschikkingen zijn afgelopen, overgestapt kan worden op bagasse, een reststroom uit de rietsuikerteelt. Het resterende deel betreft de 120 MW Diemencentrale van Vattenfall, waartegen veel publieke weerstand bestaat (Vattenfall, 2020a, 2020b; zie tekstkader). De overige warmtenetten waarvoor biogrondstoffen worden gebruikt maken gebruik van reststromen zoals afvalhout, houtsnippers, snoeiafval en shreds.

[9] In tabel 2.4 is de warmtelevering in de grote warmtenetten uit de Warmtemonitor vermenigvuldigd met het aandeel biogrondstoffen uit de warmte-etiketten, opgegeven door de warmteleverancier uit de tekstuele beschrijving uit diezelfde Warmtemonitor. Door rekening te houden met gemiddeld 26% warmteverlies in warmtenetten is de totale warmteproductie met biogrondstoffen geschat. Door te delen door een rendement van 90% voor die warmteproductie is de totale biogrondstoffeninzet berekend. De totale warmteproductie met biomassagrondstoffen in tabel 2.4 wijkt af van het door CBS berekende totaal in tabel 3.2 van de Warmtemonitor. Dit CBS-totaal is samengesteld op basis van vertrouwelijke energiedata per warmtenet uit de Rendementsmonitor van de ACM. Er zit blijkbaar een verschil tussen de berekening van CBS en de berekening in de warmte-etiketten. Dit verschil is in de Warmtemonitor niet onderzocht. Toch worden de cijfers in tabel 2.4 vermeld omdat dit inzicht geeft in welke warmtenetten biomassagrondstoffen worden verstookt en hoe dat zich volgens de beschrijving in de Warmtemonitor tot 2023 naar verwachting zal ontwikkelen.

Biomassacentrale Diemen

Energiebedrijf Vattenfall stelt een definitieve investeringsbeslissing voor de bouw van de biomassacentrale in Diemen uit tot na de zomer van 2021. In verband met de toenemende weerstand tegen biogrondstoffen, wil het bedrijf nog een keer met alle stakeholders in gesprek voordat een onherroepelijke beslissing wordt genomen. Hiermee lijkt onzeker te worden hoe Amsterdam en Almere hun stadsverwarming aan de praat kunnen houden. Er is een warmtewet in de maak waarin normen zullen komen voor de uitstoot van CO_2 waaraan een gasgestookte stadsverwarming niet kan voldoen. Vattenfall wil in Diemen het warmtenet, dat nu gevoed wordt door een gascentrale, verduurzamen. Het bedrijf onderzoekt daarvoor verschillende opties, maar ziet biogrondstoffen als enige optie die op korte termijn grootschalig beschikbaar is. De plannen voor een biomassacentrale van zo'n 120 MW in Diemen zijn vergevorderd. De vergunningen zijn verleend en de benodigde SDE+-subsidie is al toegezegd. Door juridische procedures die tegen de bouw van de centrale zijn aangespannen, zou de bouw hoe dan ook al vertraging oplopen.

Het Klimaatakkoord geeft aan dat de warmtebedrijven een toename in het aantal aansluitingen zouden moeten realiseren, oplopend naar circa 80.000 woningequivalenten per jaar in 2025, om dit niveau vervolgens tot en met 2030 vol te houden. Dit resulteert in een warmtevraag van 40 PJ in 2030. Volgens de Warmtemonitor was de toename in het aantal aansluitingen 11.500 in 2019, en loopt dit op naar 16.500 in 2023. Daarmee is de opschaling naar 80.000 in 2025 ambitieus. Ook wordt aangegeven dat de exacte mix van de benodigde warmtebronnen in 2030 afhankelijk is van ontwikkelingen in toekomstige beschikbaarheid, (integrale) kosten en inpasbaarheid. Er wordt dus niet expliciet benoemd hoeveel biogrondstoffen benodigd zullen zijn, behalve dat de groengassector de ambitie heeft om 70 PJ (of 2 miljard m^3) groengas te realiseren in 2030, waarvan een 'substantieel deel' kan worden ingezet voor de gebouwde omgeving (via direct invoeden in het gasnet, hybride warmtepompen of via het warmtenet). Zoals ook beschreven in de Startanalyse (PBL, 2020d) en de bijbehorende achtergrondrapportage (PBL, 2020c) lijkt ook dit nogal ambitieus. Tevens is niet duidelijk welk aandeel van dit gas geproduceerd zal worden uit houtige biogrondstoffen. De Startanalyse rekent daarom met 2 miljard m^3 in 2050, waarvan 0,5 miljard wordt ingezet voor hulpketels.

In de KEV 2020 (PBL, 2020b) wordt daarom op basis van vastgesteld en voorgenomen beleid geconstateerd dat de warmtenetten in 2030 ongeveer 27 PJ zullen leveren aan de gebouwde omgeving, waarvan ruim 11 PJ op basis van biogrondstoffen. Bij het genoemde warmteverlies van 26% zal hiervoor een warmteproductie van 15 PJ nodig zijn op basis van bijna 17 PJ biogrondstoffen (bij een verbrandingsefficiëntie van 90%), een toename van ruim 50% ten opzichte van 2023.

De aanleg van een warmtenet.
Foto: PureBudget

Tabel 2.4

Warmtelevering door warmtenetten en het gebruik van biogrondstoffen in de periode 2018-2023

		2018			2019			2020			2023		
Warmtenet	**Biogrondstof**	**#aansluit X1000**	**PJ**	**PJ bio**	**#aansluit X1000**	**PJ**	**PJ bio**	**#aansluit X1000**	**PJ**	**PJ bio**	**#aansluit X1000**	**PJ**	**PJ bio**
Utrecht (Eneco)	Shreds	56,1	3,0	-	54,4	2,9	0,6	54,0	3,3	0,7	58,0	3,3	1,3
R'dam (Eneco)	Afvalhout	50,0	3,2	0,4	50,6	3,2	0,4	51,4	3,4	0,4	54,0	3,3	0,4
R'dam (Vattenfall)	-	5,2	0,2	-	5,3	0,2	-	5,3	0,2	-	9,0	0,4	-
B3-hoek (Eneco)	Houtsnippers en shreds	0,1	1,8	0,1	0,1	1,6	0,1	0,1	2,0	0,1	0,1	2,0	0,1
Den Haag (Eneco)	-	6,3	1,1	-	6,6	1,1	-	9,0	1,2	-	13,8	1,3	-
Ypenburg (Eneco)	-	10,2	0,3	-	10,2	0,3	-	10,1	0,3	-	10,1	0,3	-
A'dam Z&O (Vattenfall)	Houtpellets	19,0	1,7	0,0	25,0	1,8	0,0	26,3	2,0	0,0	31,6	2,2	0,8
A'dam N&W (WPW)	Vergass. Resthout	15,1	0,9	-	17,4	1,0	-	19,0	1,1	?	28,2	1,4	?
Almere	Houtpellets	51,6	1,9	0,0	52,4	1,9	0,0	52,9	2,0	0,0	57,0	2,0	0,7
Lelystad (Vattenfall)	Houtchips	4,8	0,2	0,2	4,8	0,2	0,2	4,8	0,2	0,2	4,8	0,2	0,2
Leiden (Uniper)	-	9,0	0,7	-	9,3	0,7	-	9,8	0,7	-	10,6	0,7	-
Arnhem/Duiven (Vattenfall)	-	15,2	0,7	-	15,7	0,7	-	16,1	0,8	-	17,5	0,9	-
Nijmegen (Vattenfall)	-	5,9	0,2	-	6,3	0,2	-	6,7	0,2	-	9,2	0,3	-
Breda-Tilburg (RWE)	Houtpellets	35,2	2,5	0,0	35,7	2,4	0,7	36,2	2,6	2,1	36,9	2,6	2,3
Enschede	Afvalhout (en GFT)	4,7	0,5	-	5,0	0,5	0,4	7,0	0,5	0,4	7,6	0,6	0,4
Helmond	Snoeihout	6,4	0,2	-	6,4	0,3	-	6,4	0,3	-	7,0	0,3	-
Eindhoven (Ennatuurlijk)	Houtchips en snoeihout	2,4	0,2	0,1	2,6	0,2	0,1	3,6	0,2	0,1	6,6	0,3	0,1
Alkmaar (HVC)	Afvalhout (en slib)	5,4	0,2	0,2	5,7	0,4	0,3	6,5	0,4	0,3	9,5	0,6	0,3
Purmerend (SVP)	Houtsnippers, snoeihout	26,3	0,9	0,6	26,9	0,8	0,6	28,2	0,9	0,6	30,0	1,0	0,6
Dordrecht	-	-	-	-	-	-	-	1,6	0,2	-	3,1	0,2	-
Kleine netten gecombineerd	-	64	2,4	0,2	64	2,4	0,2	64	2,4	0,2	64	2,4	0,2
Totaal		393	22,8	1,7[a]	404	22,8	3,6[a]	419	24,9	5,0	469	26,3	7,4
Primaire biogrondstoffen bij 67% overall efficiency[5]				2,6			5,4			7,5			11,1
Aandeel houtpellets in biogrondstoffen				0%			21%			42%			52%

Bron: afgeleid van TNO & CBS (2020)

[a] Let op: de optelsom van het aandeel biogrondstoffen in de warmtelevering zoals benoemd bij de afzonderlijke warmtenetten in de Warmtemonitor telt niet helemaal op tot het totaal zoals ingeschat door het CBS (zie voetnoot 5 van dit rapport en tabel 3.2 van de Warmtemonitor): 2,9 PJ in 2018 en 4,1 in 2019.

3 Houtige biogrondstoffen in de SDE+

3.1 Inleiding

Als startpunt van de analyse van de mogelijke gevolgen van het uitfaseren van gesubsidieerd biogrondstoffengebruik voor warmte is onderzocht hoeveel er in de komende 15 jaar op basis van de reeds uitgegeven SDE+-beschikkingen naar verwachting met biogrondstoffen wordt opgewekt, hoeveel ton biogrondstoffen daarvoor worden ingezet en welke subsidiebedragen (kasuitgaven) daarmee gemoeid zijn. Daarbij is gebruikgemaakt van een door de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) verstrekt gedetailleerd overzicht[10] van alle SDE+-beschikkingen die in de periode 2009 tot voorjaar 2020 zijn afgegeven voor de inzet van biogrondstoffen voor warmte- en elektriciteitsopwekking. Er is zowel gekeken naar het totale gesubsidieerde gebruik van biogrondstoffen voor warmte- en elektriciteitslevering aan alle sectoren, als naar het gebruik van alleen houtige biogrondstoffen voor warmtelevering aan alleen de gebouwde omgeving.

Het RVO-overzicht bevat 400 individuele SDE+-beschikkingen die in de periode 2009 tot voorjaar 2020 zijn afgegeven voor de biogrondstoffencategorieën 'verbranding', 'ketels', 'afvalverbrandingsinstallaties', 'bij- en meestook' en 'vergassing'. De categorie 'verbranding' is na 2017 niet meer opengesteld voor nieuwe subsidieaanvragen. Het is overigens onduidelijk waarin 'verbranding' zich onderscheidt van de categorie 'ketels': in sommige gevallen zal het gaan om directe ondervuring in de industrie, maar in de gebouwde omgeving zal het in alle gevallen gaan om de productie van heet water in ketels voor levering aan een warmtenet.

Tabel 3.1 geeft een overzicht van het totale aantal beschikkingen per categorie en het daarmee overeenkomende cumulatieve vermogen, alsmede een onderverdeling naar gerealiseerde en niet-gerealiseerde projecten. Niet-gerealiseerde projecten hebben wel een beschikking, maar waren op 1 juli 2020 nog niet in bedrijf.

[10] Een openbaar overzicht van alle SDE+-beschikkingen is te vinden op https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/sde/feiten-en-cijfers/feiten-en-cijfers-sde-algemeen. Voor dit rapport zijn additionele gegevens opgevraagd, die vanwege de vertrouwelijkheid daarvan niet openbaar worden verstrekt. De in dit rapport getoonde gegevens zijn niet herleidbaar tot individuele bedrijven, met uitzondering van de bij- en meestook in de Amercentrale van RWE.

Biomassacentrale in Lochem.

Tabel 3.1

Afgegeven SDE-beschikkingen 2009-2020 (peildatum 1 juli 2020)

Categorie	Totaal aantal projecten	Totaal vermogen (MW)	Maximaal subsidiabele productie in subsidieperiode (PJ)	Totaalbedrag committering in subsidieperiode (miljoen euro)	Aantal gerealiseerde projecten	Vermogen gerealiseerd (MW)	Aantal niet-gerealiseerde projecten	Vermogen niet-gerealiseerd (MW)
Verbranding	56	1.087	230	3.144	47	971	9	117
Ketels	321	1.983	335	3.672	169	834	152	1.149
AVI's	12	813	110	729	12	813	-	-
Bij- en meestook	7*	1.283	194	3.637	4	891	3	392
Vergassing	4	133	42	683	1	19	3	113
Totaal	400	5.299	912	11.765	233	3.528	167	1.771

* Bij bij- en meestook kunnen per centrale meerdere beschikkingen zijn afgegeven. Het vermogen betreft het elektrisch vermogen.

Bij de berekening van de jaarlijkse energieproductie, biogrondstoffeninzet en kasuitgaven in de periode 2020-2035 zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Volgens RVO blijkt dat in de praktijk jaarlijks gemiddeld 70% van de maximaal subsidiabele productie van installaties daadwerkelijk wordt benut. Daarom is de som van respectievelijk de energieproductie, de biogrondstoffeninzet en de kasuitgaven met 30% verlaagd. Daarbij is een uitzondering gemaakt voor bij- en meestook: bij die categorie is 100% benutting verondersteld.
- Om de warmtelevering van de Amercentrale aan de gebouwde omgeving te bepalen, is gebruikgemaakt van informatie die door RWE is aangeleverd, en niet van de informatie uit het door RVO aangeleverde bestand. De energieproductiecijfers van de Amercentrale in het door RVO aangeleverde bestand konden namelijk niet worden uitgesplitst naar elektriciteit en warmte.
- Bij alle projecten is ervan uitgegaan dat de officiële subsidieperiode – 12 jaar voor verbranding, ketels en vergassing, 8 jaar voor bij- en meestook en 15 jaar voor afvalverbrandingsinstallaties – met een jaar wordt verlengd, omdat tijdens de officiële subsidieperiode doorgaans niet de maximaal subsidiabele productie wordt gehaald. De SDE+ voorziet in die gevallen in verlenging met een jaar.
- Het startjaar van projecten die in de jaren 2016-2019 zijn beschikt maar nog niet zijn opgestart, is in alle gevallen op 2021 gesteld. Het startjaar van projecten die in de voorjaarsronde van 2020 zijn beschikt is in alle gevallen op 2022 gesteld.
- Voor projecten die nog niet zijn gerealiseerd is rekening gehouden met uitval als gevolg van het intrekken van de vergunning door de vergunningaanvrager of de vergunningverlener (RVO). Op basis van historische gegevens tot en met 2017 zijn door RVO voor de categorieën verbranding en ketels specifiek intrekkingspercentages berekend, te weten 38% voor verbranding en 22% voor ketels. Bij bij- en meestook is verondersteld dat de 3 beschikte projecten die nog niet zijn gerealiseerd alle zullen doorgaan. Voor vergassing is vanwege het kleine aantal projecten geen historisch intrekkingspercentage berekend. Ook hier is verondersteld dat de 3 vergassingsprojecten die nog niet zijn gerealiseerd alle zullen doorgaan. Voor afvalverbrandingsinstallaties geldt dat alle beschikte projecten al in bedrijf zijn.

De werkelijke energieproductie en inzet van biogrondstoffen kunnen in de komende 15 jaar groter of kleiner zijn dan gepresenteerd in de figuren hierna. Het gaat hier immers alleen om de huidige beschikkingen; er is niet gepoogd om een schatting te maken van de hoeveelheid biogrondstoffen, opgewekte energie en subsidie die gemoeid zijn met SDE+-beschikkingen die in de komende jaren nog zullen worden afgegeven. Anderzijds is ook niet geprobeerd in te schatten in hoeverre het huidige negatieve sentiment rond de inzet van biogrondstoffen voor warmte- en elektriciteitsopwekking kan leiden tot intrekking door de exploitanten van lopende of nog niet gerealiseerde beschikkingen.

3.2 Energieproductie, biogrondstoffengebruik en kasuitgaven

Figuur 3.1 en figuur 3.2 tonen de totale energieproductie op basis van alle uitgegeven SDE+-beschikkingen voor de in tabel 3.1 genoemde categorieën op basis van inzet van *alle* soorten biogrondstoffen (houtig en niet-houtig[11]). Daarbij zijn de in paragraaf 3.1 genoemde uitgangspunten toegepast. In figuur 3.1 is de energieproductie toegedeeld naar verschillende biogrondstoffensoorten, en in figuur 3.2 naar de verschillende SDE+-categorieën. De scherpe stijging tussen 2020 en 2021 wordt veroorzaakt door het uitgangspunt dat projecten die in de periode 2016-2019 zijn beschikt, maar per 1 juli 2020 nog niet waren gestart, alle in 2021 in bedrijf komen (waarbij rekening is gehouden met de genoemde gemiddelde intrekkingspercentages voor verbranding en ketels). De kleinere toename tussen 2021 en 2022 is het gevolg van het uitgangspunt dat beschikkingen die in het voorjaar van 2020 zijn afgegeven, in 2022 gerealiseerd worden.

Figuur 3.1 laat zien dat de totale energieproductie met biogrondstoffen in de periode 2022-2025 58,1 PJ bedraagt. Volgens een analyse van RVO is daarvan 1,9 PJ hogetemperatuurwarmte (stoom) in de industrie, het overige deel betreft lagetemperatuurwarmte. Pellets (met name in bij- en meestook) leveren aan de genoemde 56 PJ de grootste bijdrage (27,7 PJ), gevolgd door snoeihout, chips, shreds, snippers en houtmot (17,6 PJ), niet-houtige biogrondstoffen (9,6 PJ)en ten slotte A- en B-hout (3,3 PJ). Figuur 3.2 laat zien dat de SDE+-categorieën verbranding en ketels samen[12] het grootst zijn (26,9 PJ), gevolgd door bij- en meestook (24,2 PJ), afvalverbrandingsinstallaties (4,7 PJ)[13] en vergassing (2,3 PJ).

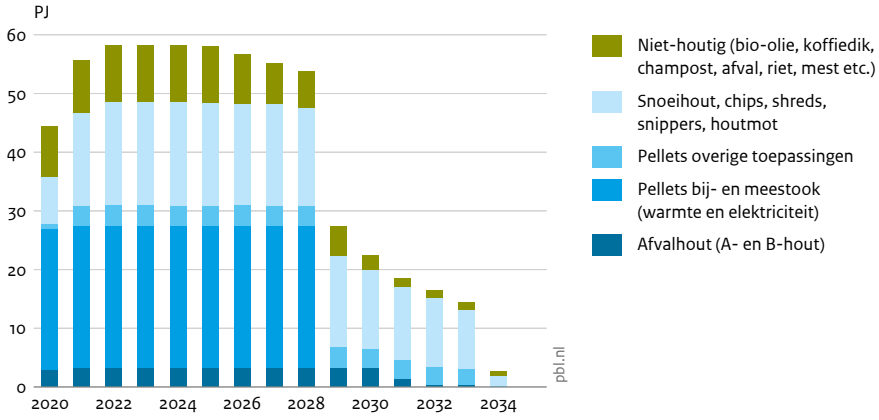
Na 2025 neemt de energieproductie op basis van de huidige subsidiebeschikkingen snel af door het aflopen van subsidieperiodes van projecten. De subsidies voor afvalverbrandingsinstallaties en het gebruik van pellets voor bij- en meestook zijn in 2029 goeddeels afgelopen, en die voor verbranding in 2034. Voor deze categorieën zullen – anders dan voor ketels en vergassing – geen nieuwe beschikkingen worden afgegeven. Afvalverbrandingsinstallaties zullen naar verwachting ook zonder subsidie doordraaien, aangezien er vaak warmteleveringscontracten zijn afgesloten met looptijden tot wel 30 jaar; dit geldt ook voor een deel van de bij- en meestook.[14]

De gesubsidieerde energieproductie over de hele periode 2020-2035 bedraagt 690 PJ. Dat 76% van de maximaal subsidiabele productie in deze periode (912 PJ, zie tabel 3.1).

[11] Zoals bio-olie, dierlijke vetten, koffiedik, slib, kippenmest, champost en stro.
[12] Deze worden samengenomen omdat het zoals gezegd bij 'verbranding' meestal zal gaan om ketels, met name in de gebouwde omgeving.
[13] Hierbij gaat het alleen om biogene warmte.
[14] Dit wordt verder behandeld bij de bespreking van de plannen van de Amercentrale in paragraaf 3.3.

Figuur 3.1

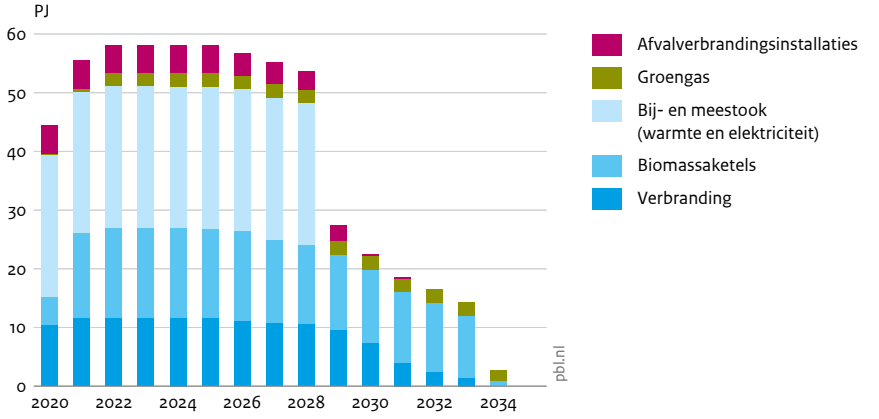
Energieproductie uit houtige en niet-houtige biogrondstoffen op basis van SDE-beschikkingen (peildatum 1 juli 2020)



Bron: RVO.nl

Figuur 3.2

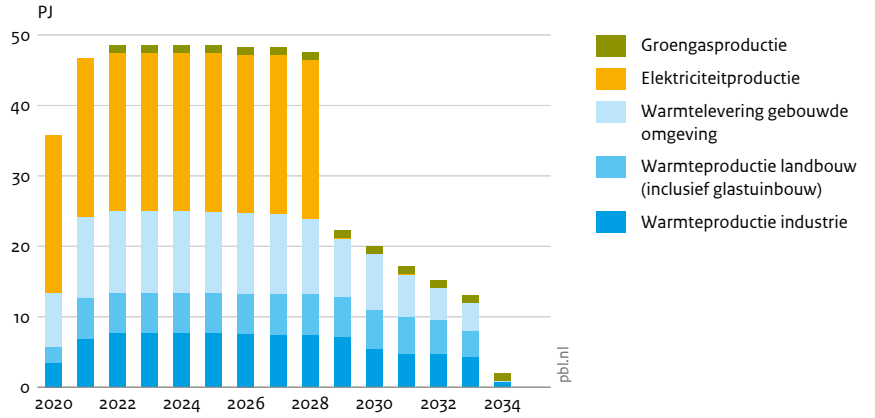
Energieproductie uit biogrondstoffen per SDE-categorie op basis van SDE-beschikkingen (peildatum 1 juli 2020)



Bron: RVO.nl

Figuur 3.3

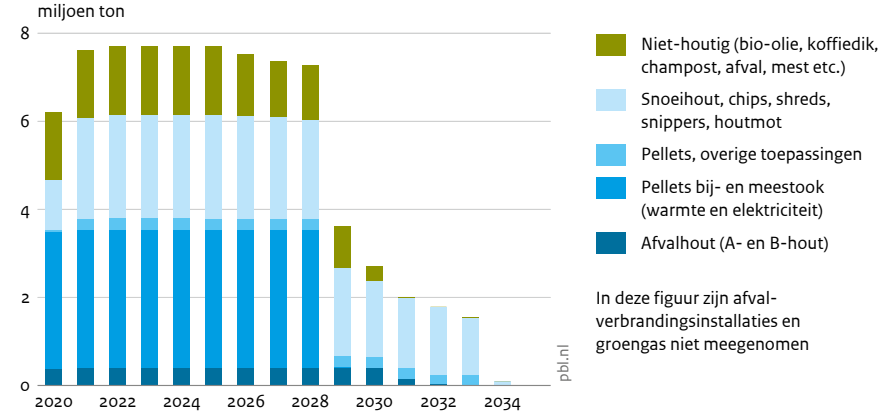
Energieproductie uit houtige biogrondstoffen per sector op basis van SDE-beschikkingen (peildatum 1 juli 2020)



Bron: RVO.nl

Figuur 3.4

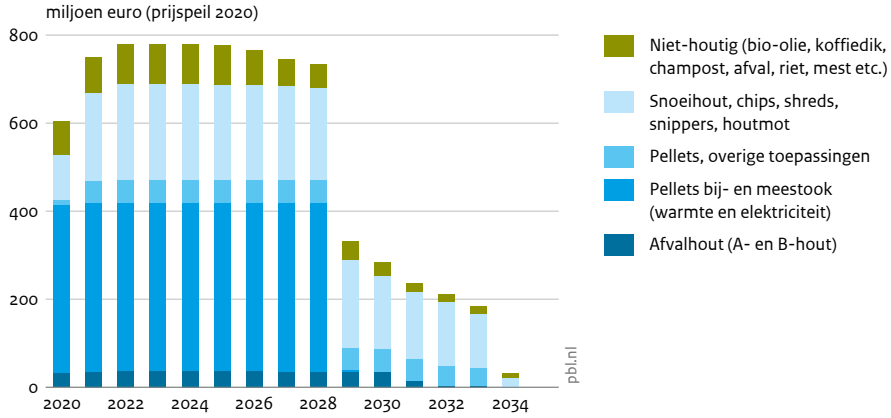
Inzet houtige en niet-houtige biogrondstoffen op basis van SDE-beschikkingen (peildatum 1 juli 2020)



Bron: RVO.nl

Figuur 3.5

Kasuitgaven voor houtige en niet-houtige biogrondstoffen op basis van SDE-beschikkingen (peildatum 1 juli 2020)



Bron: RVO.nl

Figuur 3.3 toont de energieproductie op basis van alleen houtige biogrondstoffen. De warmteproductie is toegedeeld naar de gebouwde omgeving, industrie en landbouw. Voor de elektriciteits- en groengasproductie is geen toedeling naar sectoren mogelijk.

Figuur 3.4 toont de totale inzet van biogrondstoffen voor alle sectoren in miljoenen tonnen, toegedeeld naar biogrondstoffensoorten[15]. De biogrondstoffeninzet van afvalverbrandingsinstallaties en vergassing is hierin niet meegenomen omdat RVO die voor deze categorieën niet specificeert (wel de energieproductie en kasuitgaven). Tussen 2021 en 2025 wordt jaarlijks in totaal 7,7 miljoen ton biogrondstoffen ingezet. De relatieve aandelen van de verschillende biogrondstoffensoorten zijn globaal – niet precies[16] – hetzelfde als in figuur 3.1.

Figuur 3.5 toont de kasuitgaven in miljoenen euro's, toegedeeld naar biogrondstoffensoorten. Tussen 2022 en 2025 zijn de totale kasuitgaven jaarlijks 780 miljoen euro. De cumulatieve kasuitgaven over de hele periode 2020-2035 bedragen 8 miljard euro. Dat is 68% van het totaal gecommitteerde bedrag (11,8 miljard euro, zie tabel 3.1). Net als in figuur 3.4 zijn de relatieve aandelen van de verschillende biogrondstoffensoorten in figuur 3.5 globaal hetzelfde als in figuur 3.1.

[15] Om het totale aantal figuren te beperken, worden de biogrondstoffeninzet en de kasuitgaven niet toegedeeld naar SDE+-categorieën.

[16] Het energetische rendement zal immers per biogrondstoffensoort kunnen verschillen.

3.3 Warmteproductie uit houtige biogrondstoffen voor de gebouwde omgeving

Figuur 3.6 tot en met figuur 3.8 tonen de SDE+-gesubsidieerde warmtelevering (in PJ) via warmtenetten aan de gebouwde omgeving op basis van de inzet van alleen houtige biogrondstoffen, alsmede de daarvoor ingezette hoeveelheden houtige biogrondstoffen en kasuitgaven. Van de bij- en meestookinstallaties levert alleen de Amercentrale warmte aan de gebouwde omgeving. De categorieën 'afvalverbrandingsinstallaties' en 'vergassing' zijn in deze figuren buiten beschouwing gelaten, omdat bij de afvalverbrandingsinstallaties niet bekend is welk deel van het verbrande afval uit houtige biomassa bestaat, en bij vergassing door RVO niet gespecificeerd is aan welke sectoren het geproduceerde groengas wordt geleverd.

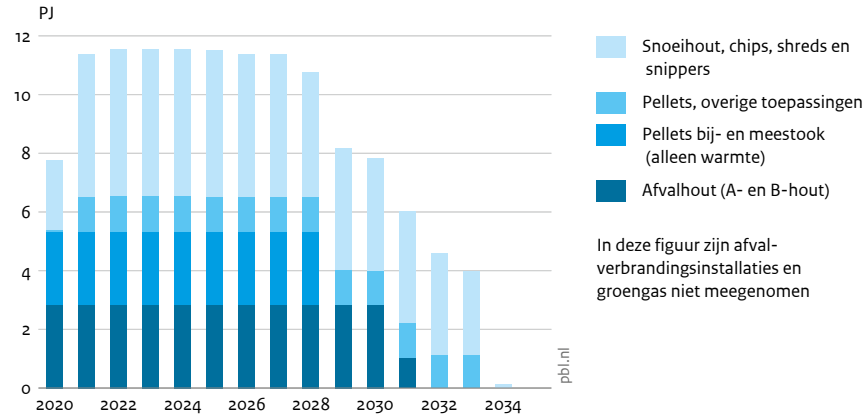
Tussen 2022 en 2025 is de warmteproductie voor de gebouwde omgeving op basis van houtige biogrondstoffen 11,5 PJ per jaar. Volgens een analyse van RVO gaat het daarbij volledig om basislast- en niet om pieklastvoorzieningen zoals hulpketels in warmtenetten. Van die 11,5 PJ wordt 2,5 PJ geleverd door bij- en meestook van pellets in de Amercentrale. Deze centrale levert die warmte aan ruim 36.000 huishoudens in Breda en Tilburg.[17]
De beschikkingen stoppen per 2028. Daarom is RWE in 2018 begonnen met voorbereidingen om over te schakelen op de inzet van bagasse (uit Brazilië), een vezelachtig restproduct dat overblijft na seizoensgebonden rietsuikerteelt (RWE, 2020).

In de periode 2022-2027 wordt bijna een derde (5,0 PJ van in totaal 17,6 PJ per jaar, zie figuur 3.1 en 3.6) van het snoeihout, chips, shreds, snippers en houtmot ingezet in de gebouwde omgeving; dat geldt eveneens voor het gebruik van houtpellets voor overige toepassingen (1,2 PJ van in totaal 3,5 PJ). A- en B-hout wordt grotendeels voor de gebouwde omgeving ingezet (in de periode 2022-2025 2,8 PJ per jaar van 3,3 PJ).

[17] De energieproductiecijfers van de Amercentrale hebben ook betrekking op elektriciteit die aan andere sectoren dan de gebouwde omgeving wordt geleverd. Op basis van de gegevens van RVO is het niet mogelijk om warmte- en elektriciteitsproductie uit te splitsen.

Figuur 3.6

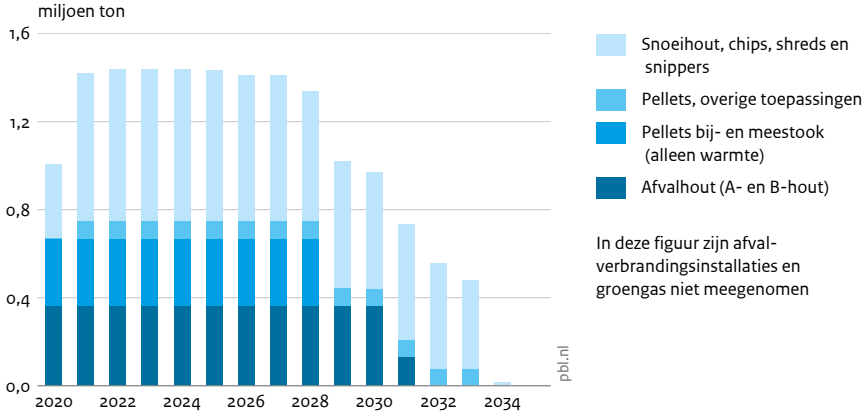
Energieproductie uit houtige biogrondstoffen voor gebouwde omgeving op basis van SDE-beschikkingen (peildatum 1 juli 2020)



Bron: RVO.nl

Figuur 3.7

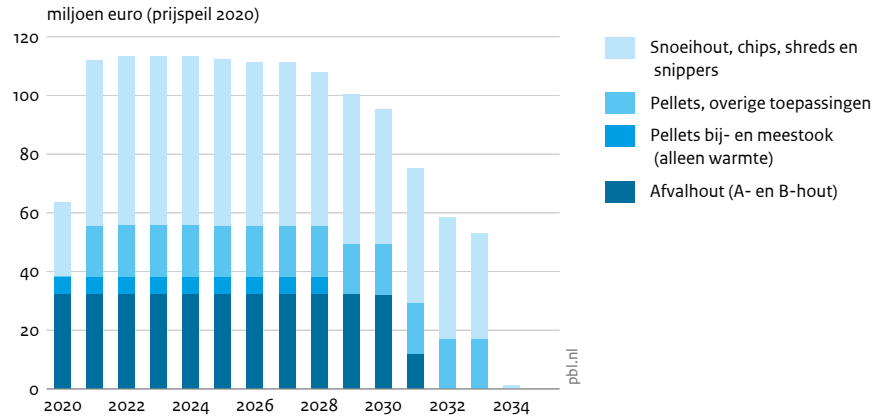
Inzet houtige biogrondstoffen voor gebouwde omgeving op basis van SDE-beschikkingen (peildatum 1 juli 2020)



Bron: RVO.nl

Figuur 3.8

Kasuitgaven voor houtige biogrondstoffen voor gebouwde omgeving op basis van SDE-beschikkingen (peildatum 1 juli 2020)



Bron: RVO.nl

Figuur 3.7 toont de SDE+-gesubsidieerde inzet van houtige biogrondstoffen voor de warmtelevering aan de gebouwde omgeving. Voor die warmtelevering wordt in de periode 2022-2027 jaarlijks 1,4 miljoen ton houtige biogrondstoffen ingezet. De aandelen van de inzet van de verschillende houtsoorten zijn globaal hetzelfde als in figuur 3.6.

Figuur 3.8 laat de kasuitgaven zien voor houtige biogrondstoffen voor de warmtelevering aan de gebouwde omgeving. Deze bedragen in de periode 2022-2027 jaarlijks 113 miljoen euro. De aandelen van de inzet van de verschillende houtsoorten zijn globaal hetzelfde als in figuur 3.6.

4 Uitfasering houtige biogrondstoffen

4.1 Uitgangspunten

Teneinde een beeld te krijgen van de consequenties van uitfasering van houtige biogrondstoffen in de gebouwde omgeving en eventueel andere sectoren zijn een aantal berekeningen uitgevoerd met het OPERA-model.[18] Hierbij moet goed in het oog worden gehouden dat het model niet de 'werkelijkheid' representeert, maar slechts weergeeft wat er zou *kunnen* gebeuren indien de kosten van een opgelegde emissiereductie voor het energiesysteem als geheel worden geminimaliseerd, uitgaande van de aannames zoals deze gelden binnen het betreffende scenario.

Als startpunt zijn twee recent uitgebrachte scenario's voor een klimaatneutraal energiesysteem in 2050 gebruikt: ADAPT en TRANSFORM (TNO, 2020a). In beide scenario's worden de klimaatdoelen gehaald, maar ze verschillen in de verondersteld intrinsieke motivatie van burgers en bedrijven. In het ADAPT-scenario bouwt Nederland voort op zijn huidige economische sterktes en kiest het voor zekerheid en behoud van de huidige levensstijl. In het TRANSFORM-scenario is Nederland bereid tot gedragsverandering door burgers en bedrijven en wordt er overgeschakeld op een schone, energiezuinige economie, met nieuwe innovatieve technologieën. In TRANSFORM wordt dus verondersteld dat veel veranderingen bottom-up tot stand gekomen. De overheid is meer een volger van de transitie dan een aanjager. In ADAPT is dat andersom. Het is belangrijk dit verschil in het achterhoofd te houden bij de interpretatie van de uitfaseringsscenario's. Hierdoor wordt Nederland minder energie-intensief. En ook voor biogrondstoffen wordt er in TRANSFORM van uitgegaan dat daar minder van beschikbaar is, zowel wat betreft de binnenlandse beschikbaarheid als de maximale import (zie ook paragraaf 4.1.3).

In TNO (2020b) wordt een overzicht gegeven van de uitgangspunten die zijn gehanteerd voor de uitfaseringsberekeningen, inclusief een tweetal overzichtstabellen van alle relevante inputwaardes. In dit hoofdstuk behandelen we de belangrijkste uitgangspunten en resultaten.

[18] Het OPERA-model ('Option Portfolio for Emissions Reduction Assessment') is een integraal optimalisatiemodel voor het Nederlandse energiesysteem, de bijbehorende broeikasgasemissies en –optioneel – luchtverontreinigende emissies. Zie https://www.pbl.nl/modellen/opera.

4.1.1 Referentiescenario's

Voor de uitfaseringsberekeningen zijn allereerst twee referentiescenario's berekend. Hierin worden houtige biogrondstoffen dus *niet* actief uitgefaseerd (zie figuur 4.1). Deze referentiescenario's komen grotendeels overeen met de hiervoor genoemde ADAPT- en TRANSFORM-scenario's, behalve voor een aantal aannames gerelateerd aan houtige biogrondstoffen:

- Het gebruik van hout voor haarden en kachels in huishoudens is constant gehouden, op ruim 15 PJ conform de KEV 2020 (PBL, 2020b). Hoewel tamelijk inefficiënt en vervuilend (mede afhankelijk van het type kachel) wordt ervan uitgegaan dat dit niet aan banden wordt gelegd.[19]
- Een minimaal gebruik van houtige biogrondstoffen voor de diensten[20]- en energiesector (=warmtenetten)[21] in 2030 en 2035, overeenkomstig de KEV 2020.
- Een minimaal gebruik van houtige biogrondstoffen in de landbouw in 2030, op basis van de reeds afgegeven SDE-beschikkingen (zie figuur 3.3) en op basis van de KEV 2020 in 2035.
- De vervanging van olie door houtige biogrondstoffen als feedstock in de chemie in het TRANSFORM-scenario vanaf 2030 tot uiteindelijk 30% (141 PJ) van de totale feedstock.[22] Dit is in lijn met het SER-advies 'Biomassa in Balans' (SER, 2020) en zoals uitgewerkt in de Kamerbrief over het op te stellen duurzaamheidskader (EZK & IenW, 2020) waarin wordt aangegeven dat biogrondstoffen zo hoogwaardig mogelijk ingezet moeten worden. Vanuit de doelstelling in 2050 klimaatneutraal te zijn, zou een hoger percentage gewenst kunnen zijn (zie bijvoorbeeld de routekaart chemie (Ecofys & Berenschot, 2018)). De genoemde 30% vereist in 2050 echter in het TRANSFORM-scenario meer dan 85% van de beschikbare binnenlandse en geïmporteerde houtige biogrondstoffen. In die scenariocontext is het dus niet aannemelijk dat dit percentage veel hoger zal liggen.[23]
- Minimaal 61,7 PJ biobrandstoffen in 2030 op basis van het Klimaatakkoord. Daarin wordt uitgegaan van 27 PJ boven op de KEV 2019. Daarbij wordt er tevens van uitgegaan dat de hoeveelheid eerstegeneratie-biobrandstoffen (6,5 PJ in 2019) niet zal toenemen. Overigens wordt die 61,7 PJ door vele partijen als erg ambitieus en optimistisch beschouwd.
- Een maximale hoeveelheid van 0,5 PJ waterstof voor warmte in 2030 in de gebouwde omgeving, gebaseerd op het Klimaatakkoord.

[19] Het gebruik van hout door huishoudens wordt niet gesubsidieerd en ligt al jaren op ongeveer hetzelfde niveau. Het stopzetten van subsidies voor warmte heeft dus geen invloed op deze toepassing.

[20] Het gebruik van houtige biogrondstoffen in de 'dienstensector' betreft stand-alone installaties voor bijvoorbeeld zwembaden en kantoorgebouwen.

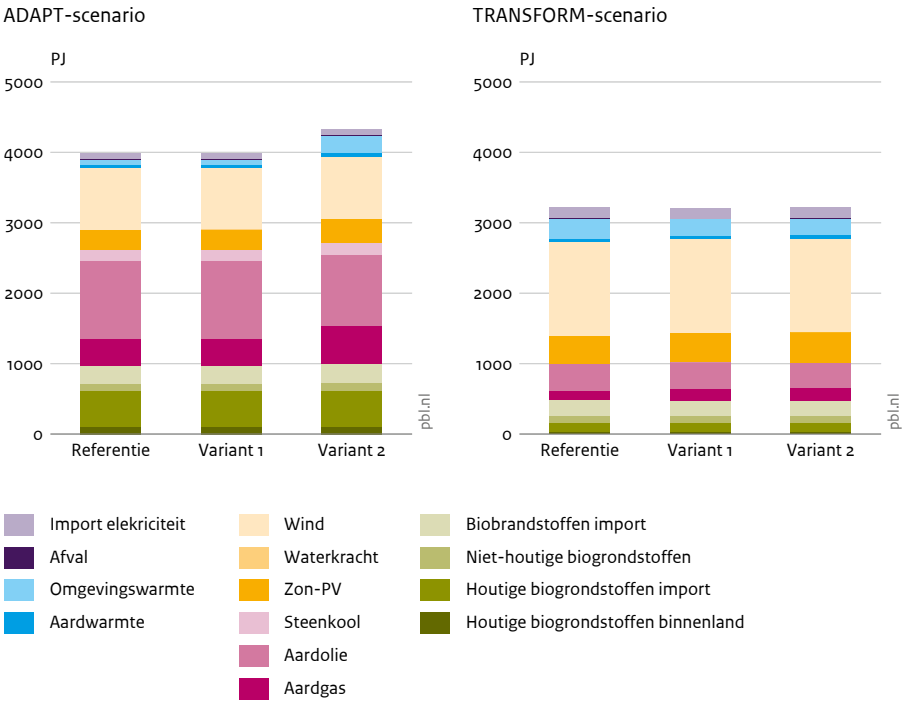
[21] De 'energiesector' in OPERA levert warmte aan warmtenetten op basis van vooral boilers of warmteketels. Een klein deel (<10% in 2035) wordt geleverd door WKK. Het grootste deel van de warmte gaat naar huishoudens en de dienstensector (ongeveer 85%) en de rest naar de landbouw (met name de glastuinbouw).

[22] In de huidige versie van OPERA wordt aan de vervanging van olie als feedstock voor de chemie door biogrondstoffen geen emissiereductie toegekend. Daarnaast wordt ongeveer driekwart van de chemische producten geëxporteerd, waardoor de emissiereductie in de huidige berekeningswijze niet toegekend kan worden aan Nederlands grondgebied.

[23] Voor klimaatneutraliteit is het niet noodzakelijk dat de feedstock voor de chemie volledig bio-based is indien bij de afvalverbranding CCS wordt toegepast. Het gebruik van biogrondstoffen kan dan zelfs tot negatieve emissies leiden.

Figuur 4.1

Primair energiegebruik in eindbeeld van energietransitie, 2050



Variant 1: Uitfasering in gebouwde omgeving
Variant 2: Uitfasering in gebouwde omgeving, industrie en landbouw

Bron: TNO

In figuur 4.1 heeft de import van houtige biogrondstoffen vooral betrekking op houtpellets. Binnenlandse houtige biogrondstoffen betreffen vooral snoeihout en andere houtige reststromen. Het gebruik van houtige biogrondstoffen in TRANSFORM is lager dan in ADAPT doordat het potentieel lager is (zie paragraaf 4.1.3).

4.1.2 Uitfaseringsvarianten

Vervolgens zijn voor elk van de twee referentiescenario's twee uitfaseringsvarianten doorgerekend:

- Variant 1 (v1): Uitsluiting van het gebruik van houtige biogrondstoffen voor de gebouwde omgeving op verschillende momenten in de tijd – namelijk 2035, 2040 en 2050 –, afhankelijk van de gehanteerde uitfaseringsstrategie. In de uitfaseringsberekening is dit geïmplementeerd door het gebruik van houtige biogrondstoffen op genoemde tijdstippen op nul te zetten.

- Variant 2 (v2): Uitsluiting van het gebruik van houtige biogrondstoffen in 2035, 2040 en 2050 voor zowel de gebouwde omgeving als de landbouw en de industrie. In deze variant wordt de inzet van houtige biogrondstoffen voor warmte dus *volledig* uitgefaseerd.

Om het aantal berekeningen te beperken, zijn de varianten niet apart doorgerekend voor de verschillende jaren van uitfasering. De optimalisatieresultaten voor 2040 en 2050 worden geïnterpreteerd alsof op dat moment – en dus niet eerder – de inzet van houtige biogrondstoffen nul zou zijn. Deze interpretatie is geoorloofd omdat het voor de situatie in 2040 en 2050 weinig uitmaakt of er al eerder is gestopt met houtige biogrondstoffen voor warmte.

Aangezien de huidige SDE-beschikkingen impliceren dat het gebruik van houtige biogrondstoffen nog zo'n 10 jaar doorgaat (met nog een uitloop van een aantal jaar voor stromen anders dan houtpellets, zie hoofdstuk 3) komen de onder variant 1 genoemde jaartallen van uitfasering ongeveer overeen met het stopzetten van SDE-subsidies rond respectievelijk 2025, 2030 en 2040.[24]

4.1.3 Beschikbaarheid biogrondstoffen

Zoals beschreven in (Strengers & Elzenga, 2020) laat de (wetenschappelijke) literatuur een grote bandbreedte zien in de potentiële beschikbaarheid van biogrondstoffen in 2030 en daarna. Dit komt doordat de geraamde potentiëlen sterk afhankelijk zijn van de onderliggende aannames. Denk daarbij aan land- en bosbouwproductiviteit, het beschikbare areaal, beleid in de herkomstlanden, de hoeveelheid restmateriaal dat op land- en bosbouwgrond moet achterblijven, de mate waarin gedegradeerde en marginale gronden worden gebruikt voor biomassateelt en de waterbeschikbaarheid. Daarnaast bepaald het perspectief of wereldbeeld van waaruit stakeholders redeneren in hoge mate in welke keuzes of aannames men zich kan vinden en in welke niet, en daarmee ook of zij lage dan wel hoge potentieelramingen aannemelijk vinden.

Figuur 4.2 toont de veronderstelde beschikbaarheid van biogrondstoffen in de ADAPT en TRANSFORM scenario's. In het ADAPT-scenario wordt er van uitgegaan dat de binnenlandse beschikbaarheid stabiel blijft en dat de maximale import van houtige biogrondstoffen hoog zal zijn, terwijl het TRANSFORM-scenario een afname veronderstelt in de binnenlandse beschikbaarheid en de mogelijke import slechts beperkt laat groeien. ADAPT schetst daarmee een wereld waarin men optimistisch is ten aanzien van de beschikbaarheid van duurzame biogrondstoffen, terwijl men in TRANSFORM veel terughoudender is.

[24] OPERA is een optimalisatiemodel en berekent alleen een kostenoptimale invulling van een opgelegd reductiedoel in een bepaald jaar van het *gehele* energiesysteem op basis van de werkelijke kosten. (SDE)-subsidies spelen daarin dus geen rol.

Figuur 4.2

Beschikbaarheid van biogrondstoffen

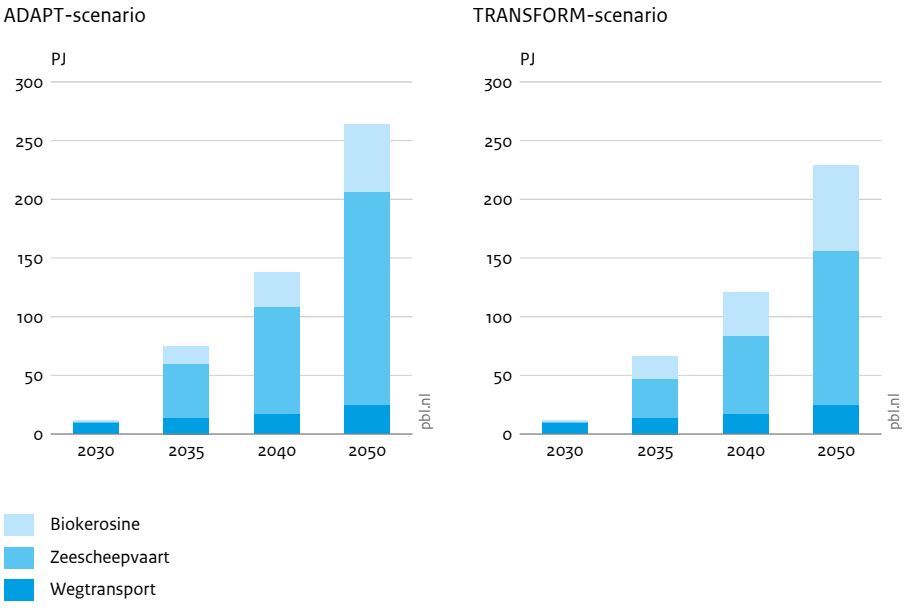
Bron: TNO

4.1.4 Import van biobrandstoffen

In OPERA kunnen biobrandstoffen voor verschillende doelen worden ingezet: personenvervoer, zwaar transport, bunkers (zeescheepvaart en luchtvaart), machines en als grondstof voor de chemische industrie. De biobrandstoffen kunnen binnen Nederland worden geproduceerd op basis van verschillende biogrondstoffen (waaronder houtige) of worden geïmporteerd. Binnen ADAPT en TRANSFORM zijn bovengrenzen gesteld aan de import van biobrandstoffen (figuur 4.3). Bovendien wordt binnen TRANSFORM aangenomen dat in 2050 95% CO_2-emissiereductie ook moet worden gehaald door de zeescheepvaart en luchtvaart. Binnen ADAPT is dit 50%. Deze aannames zijn ongewijzigd overgenomen uit de oorspronkelijke analyse (TNO, 2020a).

Figuur 4.3

Bovengrenzen van import van biobrandstoffen



Bron: TNO

4.2 Resultaten uitfaseringsberekeningen

In deze paragraaf beschrijven we de resultaten van de modelberekening meer in detail. Maar allereerst kan op hoofdlijnen het volgende worden geconstateerd. Daarbij moet in het achterhoofd worden gehouden dat het model de kosten van het reductiedoel voor het energiesysteem als geheel in het betreffende jaar minimaliseert binnen de grenzen van de geldende aannames zoals beschreven in de voorgaande paragraaf:

- Zoals getoond in figuur 4.4 faseren de inzet van houtige biogrondstoffen in de gebouwde omgeving 'vanzelf' uit richting 2050. Dit komt doordat binnen het model het gebruik van houtige biogrondstoffen in andere sectoren kosteneffectiever is.
- In de referentiescenario's, dus indien niet wordt uitgefaseerd, wordt na 2035 het gebruik van houtige biogrondstoffen een steeds belangrijkere kosteneffectieve optie voor het reduceren van CO_2-emissies in de industrie (in ADAPT gecombineerd met CCS hetgeen leidt tot negatieve emissies).
- Het gevolg is dat uitfasering van houtige biogrondstoffen in de gebouwde omgeving ertoe leidt dat deze vervolgens voornamelijk worden ingezet in de industrie teneinde de reductiedoelen te halen.

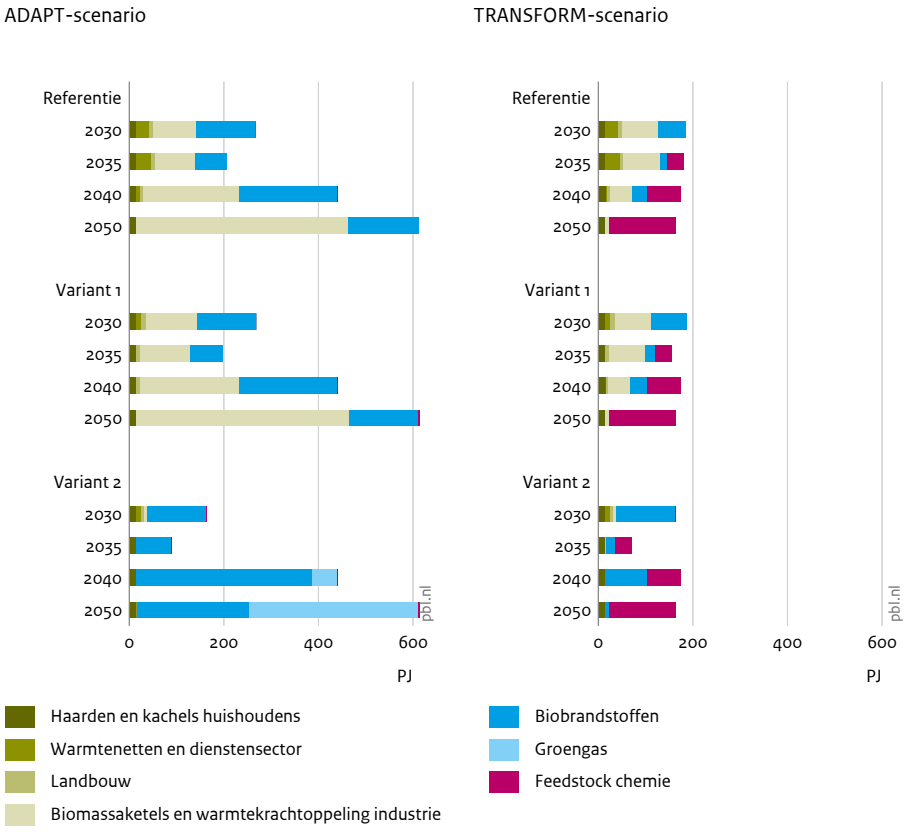
- De industrie levert vervolgens meer warmte aan de gebouwde omgeving waardoor indirect nog steeds houtige biogrondstoffen worden gebruikt. Andere alternatieven voor warmtenetten worden niet of nauwelijks ingezet, omdat ze minder kosteneffectief zijn en/of omdat er (op tijd) onvoldoende alternatieven beschikbaar zijn (zie ook hoofdstuk 5).
- Eenzelfde soort effect speelt nog sterker als tevens wordt uitgefaseerd in de industrie in ADAPT in 2040, maar vooral in 2050 wanneer grote hoeveelheden groengas (255 PJ) worden geproduceerd uit houtige biogrondstoffen en worden bijgemengd in het gasnet.
- Indien houtige biogrondstoffen in 2035 worden uitgefaseerd in de gebouwde omgeving dan leidt dit tot een kleine afname van het totale gebruik van houtige biogrondstoffen omdat een deel niet elders wordt ingezet. Als in 2035 ook het gebruik in de industrie wordt uitgefaseerd, dan is deze afname groter (rond 50%). Andere opties voor het reduceren van CO_2-emissies zijn in dat jaar kosteneffectiever (zoals het overschakelen op elektrische auto's waardoor de vraag naar biobrandstoffen lager is dan in 2030).
- Gezien de relatief beperkte omvang van de toepassing in de gebouwde omgeving binnen het gehele energiesysteem is het effect van uitfasering binnen alleen deze toepassingen op de totale systeemkosten[25] beperkt.
- Het eveneens uitfaseren van houtige biogrondstoffen in de industrie en de landbouw verschuift de toepassing naar de productie van biobrandstoffen en, in ADAPT, de productie van groengas. In de industrie wordt de warmteproductie gecompenseerd door aardgas met CCS en daarnaast warmtepompen, Mechanical Vapor Recompression (MVR) en elektrische boilers.
- Het effect op de systeemkosten (zie figuur 4.5) is in dat geval groter omdat de productie van biobrandstoffen en groengas op basis van houtige biogrondstoffen een duurdere route is om CO_2 te reduceren dan toepassing in de industrie.
- In het algemeen kan worden geconstateerd dat het model de beschikbare biogrondstoffen bijna altijd volledig inzet omdat dit op systeemniveau kosteneffectiever is dan het inzetten van andere opties (zoals synthetische bio-kerosine op basis van CO_2 en groene waterstof).

Het gebruik van houtige biogrondstoffen voor uitsluitend elektriciteit is in alle scenario's nul en dus niet weergegeven in figuur 4.4. De sterke afname van het gebruik van houtige biogrondstoffen voor de genoemde toepassingen in TRANSFORM komt doordat de toepassing als feedstock voor de chemie in TRANSFORM sterk toeneemt tot 30% van de totale input in 2050 (zie paragraaf 4.1.1).

[25] Systeemkosten zijn kosten die gemaakt moeten worden om alle diensten en producten te leveren waarmee energieconsumptie gepaard gaat.

Figuur 4.4

Toepassing van houtige biogrondstoffen

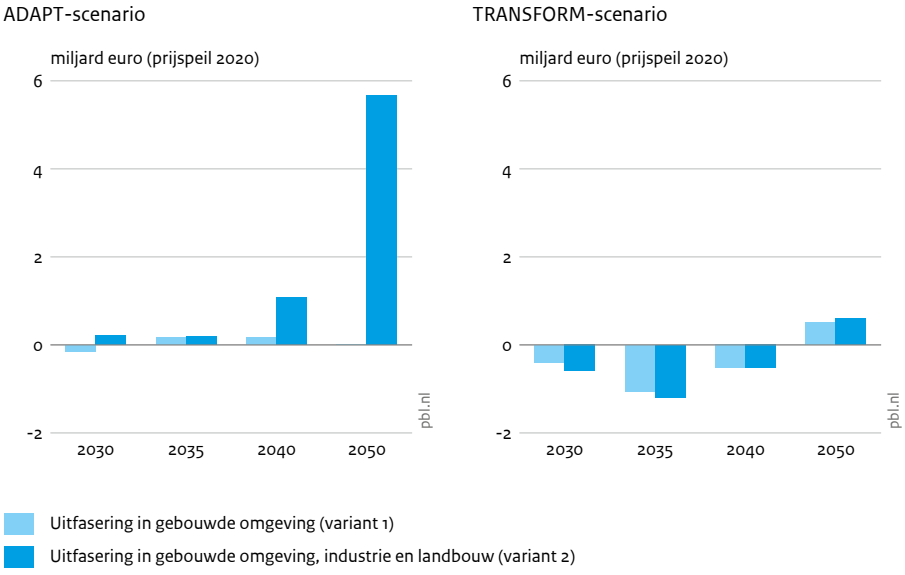


Variant 1: Uitfasering in gebouwde omgeving
Variant 2: Uitfasering in gebouwde omgeving, industrie en landbouw

Bron: TNO

Figuur 4.5

Verandering in systeemkosten ten opzichte van referentie door uitfasering houtige biogrondstoffen



Bron: TNO

4.2.1 Referentiescenario's

Opvallend is dat de inzet van houtige biogrondstoffen in de gebouwde omgeving al in de referentiescenario's afneemt tot nul in 2050. Voor 2030 en 2035 volgen ze het voorgeschreven pad (zie paragraaf 4.1.1). Feitelijk vindt uitfasering dus al plaats zonder dat dit wordt opgelegd, tenminste in de modelberekening waarin wordt geoptimaliseerd op basis van een opgelegd reductie voor het systeem als geheel; er worden dus geen reductiedoelen gehanteerd voor afzonderlijke sectoren. In het algemeen geldt in OPERA dat de inzet van houtige biogrondstoffen voor het reduceren van CO_2 in andere sectoren kosteneffectiever is dan in de gebouwde omgeving. De warmtenetten zelf als warmtebron voor de gebouwde omgeving groeien wel door, zeker na 2035, maar worden dan vooral gevoed door (rest)warmte uit de industrie. Geothermie heeft een bescheiden rol binnen OPERA: het potentieel loopt op van 65 PJ in 2030 naar 120 PJ in 2050, waarvan slechts een kleine 40% wordt gebruikt (44 PJ).

In het ADAPT-scenario is het aantrekkelijk houtige biogrondstoffen te gebruiken in de industrie voor het realiseren van negatieve emissies (BECCS). Ook neemt de vraag naar biobrandstoffen toe, waardoor de houtige biogrondstoffen nodig zijn voor de productie daarvan.

In het TRANSFORM-scenario gaat de afname van het gebruik van houtige biogrondstoffen in de gebouwde omgeving zelfs nog iets sneller. Dit komt door een combinatie van factoren. Ten eerste wordt een steeds groter deel van de beschikbare houtige biogrondstoffen gebruikt als grondstof voor de chemische industrie (zie figuur 4.4, feedstocks) terwijl de beschikbaarheid zelf kleiner is (zie figuur 4.2). Daarnaast is er een strikter doel dan in ADAPT voor het internationale transport (bunkers) waardoor er een hogere vraag is naar biobrandstoffen.

In alle scenario's is er overigens een afname van de productie van biobrandstoffen in 2035 ten opzichte van 2030. De reden is dat voor 2030 wordt aangenomen dat het doel uit het Klimaatakkoord van 27 PJ boven op de KEV 2019 wordt gehaald. In 2035 is er een sterke toename van elektrische auto's en is het doel in de lucht- en scheepvaart nog niet zo streng waardoor minder biobrandstoffen nodig zijn. Dit legt ook een minder groot beslag op het gebruik van houtige biogrondstoffen.

4.2.2 Uitfasering in de gebouwde omgeving

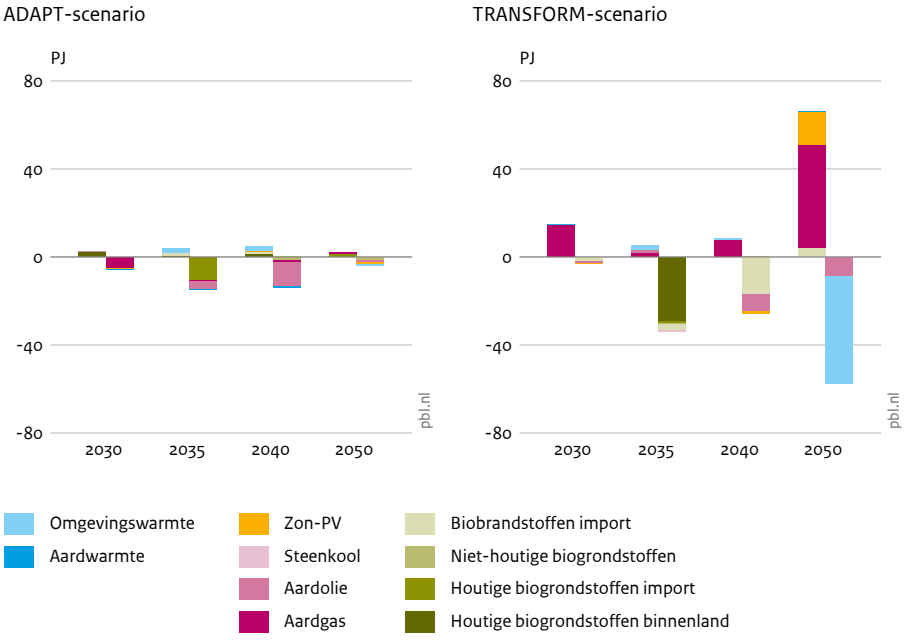
Zoals hiervoor is aangegeven, is in OPERA het gebruik van houtige biomassa in de gebouwde omgeving voor het reduceren van CO_2-emissies minder kosteneffectief dan het inzetten in andere sectoren. Daardoor is ook de impact van het uitfaseren daarvan beperkt.

Als in 2035 wordt uitgefaseerd – wat overeenkomt met het stopzetten van het afgeven van beschikkingen in 2025 – voor de gebouwde omgeving (variant 1), dan worden de vrijkomende biogrondstoffen (31 PJ) in ADAPT voor een groot deel (ongeveer twee derde) ingezet in de industrie, in combinatie met CCS waardoor negatieve emissies worden gerealiseerd.
Het restant krijgt geen andere bestemming omdat er in 2035 nog voldoende andere opties zijn om de dan geldende doelen (op weg naar klimaatneutraal in 2050) te halen. In TRANSFORM worden de vrijkomende houtige biogrondstoffen voor een klein deel (20%) ingezet voor biobrandstoffen. Dit is in dit scenario effectiever dan in de industrie omdat binnen TRANSFORM geen CCS wordt toegepast. Het gebruik van houtige biogrondstoffen in andere sectoren blijft op hetzelfde niveau. Binnen het gegeven reductiedoel en de aanname in het TRANSFORM-scenario dat Nederland minder energie-intensief wordt is het dus minder nodig de vrijkomende houtige biogrondstoffen elders te gebruiken. Meer specifiek ligt de oorzaak in dat jaar in een sterke toename in kostencompetitieve elektrische auto's.

Als in 2040 wordt uitgefaseerd dan is de situatie anders omdat de reductiedoelen (richting CO_2-neutraal in 2050) zodanig limiterend zijn dat alle beschikbare houtige biogrondstoffen worden ingezet. In ADAPT worden de vrijkomende houtige biogrondstoffen (8 PJ) grotendeels ingezet in de industrie (in combinatie met CCS). In TRANSFORM wordt de nog kleinere hoeveelheid die vrijkomt (4 PJ) volledig aangewend voor de productie van biobrandstoffen doordat het reductiedoel voor de bunkers in TRANSFORM strenger is dan in ADAPT. Sterker nog, zelfs een klein deel van de houtige biogrondstoffen in de industrie (2 PJ van 47 PJ) wordt ingezet voor de productie van biobrandstoffen.

Figuur 4.6

Verandering in primair energiegebruik ten opzichte van referentie door uitfasering houtige biogrondstoffen in gebouwde omgeving (variant 1)



Bron: TNO

Uitfasering in 2050 heeft geen gevolgen voor de gebouwde omgeving aangezien in beide referentiescenario's de houtige biogrondstoffen dan al uitgefaseerd zijn. Vooral in TRANSFORM zijn wat grotere veranderingen zichtbaar in primair energieverbruik (zie figuur 4.6), maar die zijn niet direct gerelateerd aan de uitfasering maar het gevolg van een optimalisatie door OPERA die iets afwijkt van het referentiescenario.

Een ander belangrijk resultaat is dat binnen de gebouwde omgeving het wegvallen van de houtige biogrondstoffen grotendeels wordt gecompenseerd door de levering van (rest) warmte door de industrie. Omdat de houtige biogrondstoffen die vrijkomen in ADAPT-2035 en 2040 vooral richting de industrie gaan, komt het er dus op neer dat die via een omweg toch weer gebruikt worden voor warmtenetten. Waarschijnlijk is dit niet in de geest van de motie-Sienot (zie hoofdstuk 6 voor een discussie daarover) en daarom is het interessanter om te analyseren wat er gebeurt als houtige biogrondstoffen eveneens worden uitgefaseerd voor warmtetoepassingen in de industrie (zie paragraaf 4.2.3).

Wat betreft kosten zien we in ADAPT weinig effect van het uitfaseren van houtige biogrondstoffen in alleen de gebouwde omgeving (zie figuur 4.5). In TRANSFORM is het effect wat

groter, waarbij tot aan 2040 sprake is van een *afname* van de systeemkosten tot ruim 1 miljard euro per jaar in 2035 (overeenkomend met ongeveer 1% van de totale systeemkosten). Dit komt doordat er in de referentie van wordt uitgegaan dat het vastgestelde en voorgenomen beleid zoals beschreven in de KEV 2020 wordt uitgevoerd, wat leidt tot een inzet van houtige biogrondstoffen in de gebouwde omgeving van bijna 26 PJ in 2030 en 28 PJ in 2035 (zie ook paragraaf 4.1). Wanneer de toekenning wordt overgelaten aan het model, dan leidt dit ertoe dat de houtige biogrondstoffen kosteneffectiever worden ingezet in andere sectoren, met name voor de productie van geavanceerde biobrandstoffen.

Samenvattend komt het erop neer dat uitfasering van houtige biogrondstoffen in uitsluitend de gebouwde omgeving een beperkte impact heeft op (de veranderingen in) het energiesysteem als geheel (zie figuur 4.6). Enerzijds omdat toepassing van houtige biobrandstoffen vanuit kostenoogpunt niet de meest voor de hand liggende optie is (biobrandstoffen, maar vooral de industrie zijn aantrekkelijker). Anderzijds omdat diezelfde houtige biogrondstoffen via een omweg, de industrie, toch weer worden ingezet voor de gebouwde omgeving.

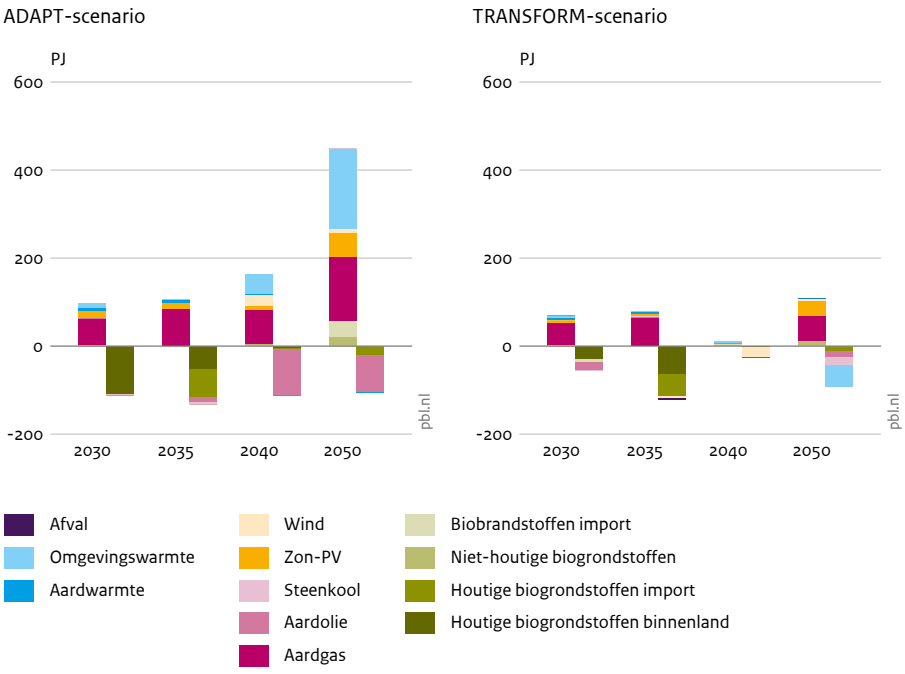
4.2.3 Uitfasering in gebouwde omgeving, industrie en landbouw

Als houtige biogrondstoffen ook uitgefaseerd worden in de industrie, dan heeft dat uiteraard meer impact. Als al *in* 2035 wordt uitgefaseerd, dan worden de vrijkomende biogrondstoffen (bijna 110 PJ waarvan ongeveer de helft import in de vorm van houtpellets, zie figuur 4.7) in zowel ADAPT als TRANSFORM vrijwel niet elders ingezet, waardoor het totale gebruik van houtige biogrondstoffen ten opzichte van de referentie meer dan halveert. Binnen de industriële warmteproductie wordt vooral overgeschakeld van houtige biogrondstoffen zonder CCS op aardgas dat in ADAPT wordt gecombineerd met CCS. In TRANSFORM wordt ook vooral overgeschakeld op aardgas, maar aangezien CCS in dit scenario als ongewenst wordt beschouwd, zijn andere systeemveranderingen nodig om de toename in CO_2-emissies te compenseren. Zo worden stoomkrakers geëlektrificeerd, wat resulteert in een kleinere rol voor afvalgassen die een hogere emissiefactor hebben dan gas. Ook wordt er een grotere reductie gerealiseerd van de niet-CO_2 broeikasgassen.

Als in 2040 wordt uitgefaseerd, dan worden de vrijkomende houtige biogrondstoffen (bijna 450 PJ) vooral ingezet voor de productie van biobrandstoffen voor alle modaliteiten (bunkers, personenvervoer, vrachtvervoer, enzovoort). In ADAPT wordt tevens ruim 50 PJ houtige biogrondstoffen vergast voor de productie van groengas (bio-SNG of biomethaan) dat wordt bijgemengd in het gasnet. Doordat meer biobrandstoffen en groengas worden geproduceerd neemt in ADAPT de consumptie van olie af (zie figuur 4.7), terwijl de industriële warmteproductie vooral overschakelt op aardgas met CCS, elektrische boilers, warmtepompen en Mechanical Vapor Recompression (MVR). Bijmenging van dit groengas in het gasnet leidt er dus toe dat houtige biogrondstoffen via een omweg toch weer gebruikt worden voor warmte voor de gebouwde omgeving. In TRANSFORM zijn de veranderingen veel kleiner omdat het gebruik van houtige biogrondstoffen voor de chemie sterk toeneemt (tot 72 PJ in 2040), terwijl de totale beschikbaarheid van houtige biogrondstoffen veel lager is dan in ADAPT (174 PJ versus 442 PJ, zie figuur 4.2), waardoor er dus veel minder overblijft om de productie van biobrandstoffen op te voeren.

Figuur 4.7

Verandering in primair energiegebruik ten opzichte van referentie door uitfasering houtige biogrondstoffen in gebouwde omgeving, industrie en landbouw (variant 2)



Bron: TNO

Als in 2050 wordt uitgefaseerd, dan neemt in ADAPT eveneens het gebruik van olie af dat wordt vervangen door aardgas; daarmee wordt een deel van de extra waterstof (250 PJ ten opzichte van de referentie) geproduceerd op basis van SMR waarbij de CO_2 wordt afgevangen. Ongeveer de helft van de extra waterstof (124 PJ) wordt bijgemengd in het gasnet (en de rest wordt gebruikt voor zwaar transport en ammoniaproductie). Een groot verschil met 2040 is dat de vrijkomende houtige biogrondstoffen (waarvan er nu nog meer beschikbaar zijn, zie figuur 4.2) voor slechts 20% worden ingezet voor de productie van biobrandstoffen (90 PJ). De rest (358 PJ) gaat naar de productie van groengas dat eveneens wordt bijgemengd in het gasnet, waardoor dan ruim 25% groengas stroomt (255 PJ). Hierdoor worden dus indirect nog meer houtige biogrondstoffen ingezet voor de gebouwde omgeving dan in 2040.
De toename van warmteproductie uit warmtepompen ('omgevingswarmte' in figuur 4.7) vindt met name plaats in de industrie. Tevens is er een significante toename in zon-PV tot het maximale potentieel van 107 GW, waarvan de opbrengst vooral wordt ingezet in de landbouw en voor een kleiner deel in de gebouwde omgeving en de industrie ten behoeve van warmtepompen.

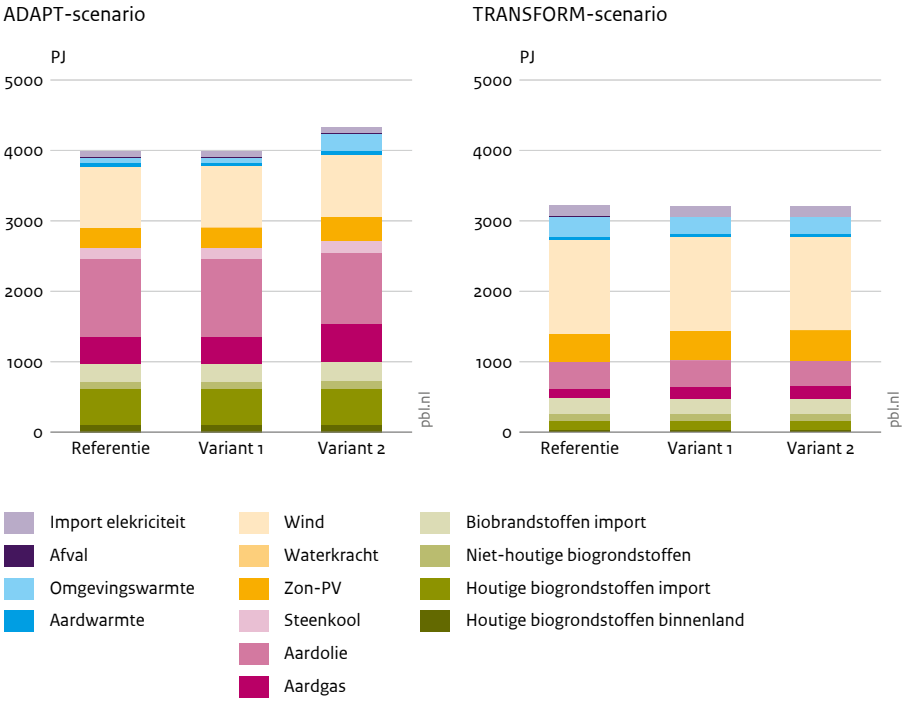
In TRANSFORM leidt uitfasering in 2050 wederom tot minder veranderingen dan in ADAPT omdat het overgrote deel van de beschikbare houtige biogrondstoffen (163 PJ) wordt ingezet als biogrondstoffen voor de chemie (141 PJ, zie ook paragraaf 4.1.1). Daarnaast wordt 15 PJ hout gebruikt voor haarden en kachels in de gebouwde omgeving, en blijft er dus een kleine 7 PJ over. Dit wordt ingezet voor de binnenlandse productie van een kleine hoeveelheid biobrandstoffen. De kleine verschuivingen die verder te zien zijn in figuur 4.7 ten opzichte van het referentiescenario hebben niet zo veel te maken met het uitfaseren van houtige biogrondstoffen, maar met het feit dat het model een net iets ander kosteneffectief optimum vindt (met wat meer zon en aardgas en minder omgevingswarmte, kolen en olie).

Wat betreft de kosten zien we in TRANSFORM weinig verandering ten opzichte van uitfasering in alleen de gebouwde omgeving (zie figuur 4.5). Dit komt met name doordat de beschikbare houtige biogrondstoffen in 2040 en vooral in 2050 voor een groot deel al worden gebruikt als grondstof voor de chemie, waardoor uitfasering in de industrie en landbouw weinig additioneel effect heeft. In ADAPT is er wel een significantere kostentoename van bijna 6 miljard euro per jaar in 2050. Dit wordt onder andere veroorzaakt door de beschreven sterke toename van waterstofproductie met CO_2-afvang op basis van aardgas en de vergassing van houtige biogrondstoffen. Beide zijn relatief dure technieken. Daarnaast moet er in andere sectoren meer gereduceerd worden, inclusief de reductie van andere broeikasgassen dan CO_2.

Samenvattend: indien houtige biogrondstoffen ook worden uitgefaseerd in de industrie, dan heeft dat vooral in ADAPT impact omdat in dat scenario een grote hoeveelheid houtige biogrondstoffen (450 PJ) die voorheen werd gebruikt in de industrie in combinatie met CCS, wordt ingezet voor de productie van groengas in combinatie met CCS. Dit gas wordt bijgemengd in het gasnet waardoor via een omweg toch weer houtige biogrondstoffen worden ingezet in de gebouwde omgeving, maar op inefficiëntere wijze en tegen hogere kosten. In TRANSFORM zijn de veranderingen voor het totale energiesysteem ten opzichte van de referentie beperkt aangezien het overgrote deel van de beschikbare houtige biogrondstoffen uiteindelijk wordt ingezet als feedstock voor de chemie. Dit beeld komt ook naar voren als wordt gekeken naar de inzet van primaire energie in het eindbeeld van de transitie in 2050 (zie figuur 4.8). Alleen indien wordt uitgefaseerd in zowel de gebouwde omgeving als de industrie, is in ADAPT een significante verandering zichtbaar (meer aardgas, meer omgevingswarmte, meer zon-PV en iets minder olie). In alle andere gevallen zijn de veranderingen marginaal.

Figuur 4.8

Primair energiegebruik in eindbeeld van energietransitie, 2050



Variant 1: Uitfasering in gebouwde omgeving
Variant 2: Uitfasering in gebouwde omgeving, industrie en landbouw

Bron: TNO

5 Alternatieve bronnen voor warmte

5.1 Inleiding

In de KEV 2020 wordt de verduurzaming van warmtenetten vooral ingevuld door biogrondstoffen. Als biogrondstoffen niet of minder gebruikt zouden mogen worden, zal de verduurzaming dus mogelijk vertraging oplopen. Dit is in lijn met de bevindingen van het rapport 'Inventarisatie duurzaamheid warmtenetten' dat in opdracht van EZK is uitgevoerd (Greenvis, 2020). Daarin wordt op basis van interviews geconstateerd dat de rol van biogrondstoffen cruciaal is in de verduurzaming van warmtenetten. Indien houtige briogrondstoffen niet of minder gebruikt zouden mogen worden dan zal de verduurzaming anders ingevuld moeten worden om aan de nieuwe Warmtewet-2 te voldoen. Die wet stelt dat warmtebedrijven in 2022 per geproduceerde GJ warmte 40 kilo CO_2 mogen uitstoten, en dat dit lineair moet dalen met 1,9 kilo CO_2 per jaar naar 25 kilo CO_2 per GJ in 2030. Als dit gerealiseerd moet worden zonder houtige biogrondstoffen, dan zullen alternatieve warmtebronnen zoals geothermie, industriële restwarmte, aquathermie en zonthermie versneld ontwikkeld moeten worden. Als dat op bepaalde plaatsen niet mogelijk is, kan dat tot gevolg hebben dat plannen voor nieuwe warmtenetten niet (kunnen) doorgaan. In dat geval zullen duurzame gebouwgebonden warmtebronnen moeten worden ingezet, waarbij soms extra isolatie nodig is. In dit hoofdstuk geven we een overzicht van de alternatieven voor duurzame warmteopwekking anders dan biogrondstoffen: wat is de stand der techniek, hoe snel kunnen deze alternatieven worden uitgerold en wat zijn de kosten?

5.2 Alternatieve warmtebronnen

5.2.1 Warmtebronnen voor warmtenetten

In plaats van biogrondstoffen kunnen warmtenetten in principe gebruikmaken van verschillende alternatieve CO_2-neutrale of -arme warmtebronnen, zoals geothermie, industriële restwarmte, aquathermie en zonthermie.

Productiekosten

Volgens de kostencijfers uit het 'Eindadvies SDE++ 2020' (PBL, 2020a) zijn de productiekosten per vermeden ton CO_2 van warmte uit met B-hout gestookte biomassacentrales het laagst (119 euro/ton CO_2), gevolgd door die van industriële restwarmte zonder warmtepomp (148 euro/ton CO_2), diepe geothermie met een vermogen van 24 MW (191 euro/ton CO_2) en met snoeihout gestookte biomassacentrales (195 euro/ton CO_2) (zie figuur 5.1 en tabel 5.1).

De productiekosten van de overige warmtebronnen – waaronder met pellets gestookte biomassacentrales – zijn allemaal hoger dan 200 euro/ton CO_2. De technieken met erg hoge kosten per vermeden ton CO_2 – zoals aquathermie, zontermie en ondiepe geothermie – lopen de kans geen subsidie uit het SDE++-budget te krijgen, omdat de toekenning geschied op volgorde van technieken met de laagste subsidie-intensiteit (oftewel de grootste CO_2-reductie per subsidie-euro). Sommige warmtebronnen worden in figuur 5.1 meer dan één keer genoemd, met verschillende vermogens, vollasturen en productiekosten. In het algemeen geldt dat de productiekosten van bronnen hoger zijn als het vermogen kleiner is en/of er minder vollasturen worden gemaakt. Dat geldt vooral als de investeringskosten zwaarder in de productiekosten meetellen dan de operationele kosten (waaronder grondstofkosten).

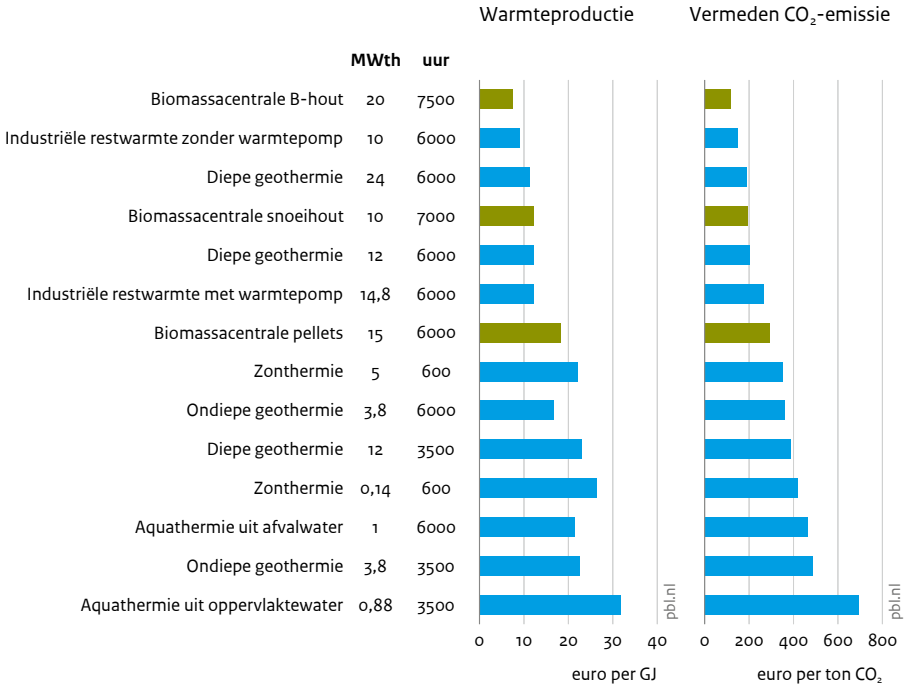
De in figuur 5.1 en tabel 5.1 genoemde vermogens van de technieken zijn gebruikt als referentievermogen bij de berekening van de productiekosten in het SDE-eindadvies (PBL, 2020a), en geven een indicatie van de typische schaalgrootte van de verschillende technieken. Met name ondiepe geothermie, aquathermie en zonthermie hebben een relatief laag vermogen per project ten opzichte van biomassacentrales, diepe geothermie en industriële restwarmte. Er wordt dus per project minder CO_2-vrije of -arme energie opgewekt. Alleen al om die reden is het lastiger om met die technieken een hoog verduurzamingstempo te realiseren.

Beschikbaarheid en toepasbaarheid

Naast de productiekosten zijn ook – of vooral – de toekomstige beschikbaarheid en toepasbaarheid van de verschillende warmtebronnen relevant. Met toepasbaarheid wordt bedoeld dat een warmtebron weliswaar ter plekke beschikbaar kan zijn, maar bijvoorbeeld een te laag temperatuurniveau heeft om geschikt te zijn voor invoeding op een bestaand hogetemperatuurwarmtenet. In dat geval is de warmtebron niet toepasbaar voor dat net, maar wellicht wel voor een lagetemperatuurwarmte-net. Daarvan zijn er echter nog weinig in Nederland. In 2030 zullen de beschikbaarheid en toepasbaarheid van de meeste alternatieve warmtetechnieken nog beperkt zijn. Hieronder wordt per techniek besproken wat de stand der techniek is en hoe groot de waarschijnlijkheid is dat die na 2030 een substantiële bijdrage kan leveren aan de duurzame warmtevoorziening van warmtenetten. In het algemeen geldt dat dat sterk afhankelijk is van hoe zwaar de komende jaren wordt ingezet op de verdere ontwikkeling van die technieken.

Figuur 5.1

Kosten uit rangschikkingstabel eindadvies 2020 SDE++



Bron: PBL

Diepe geothermie

Bij diepe geothermie wordt heet water (warmer dan 70 °C) uit de diepe ondergrond[26] gebruikt als warmtebron voor de glastuinbouw of voor een warmtenet voor de gebouwde omgeving. In grote delen van Nederland is nog nauwelijks onderzocht of de ondergrond geschikt is om geothermie te leveren; bepaalde delen van Zuid-Holland, Noord-Holland, Noord-Brabant, Friesland en Groningen hebben wel potentie.[27] Volgens Berenschot & Panterra (2020) kan geothermie op termijn 88 PJ aan warmte leveren voor de gebouwde omgeving, waarbij het voor 38 PJ de goedkoopste duurzame optie is en voor 50 PJ aanvullend kan zijn op technieken die ter plaatse het goedkoopste alternatief zijn (zoals industriële restwarmte). Deze studie is echter gebaseerd op een technisch-economische analyse en geeft niet aan wanneer deze potentiëlen gerealiseerd kunnen worden.

[26] Vanaf de basis van de Noordzee Groep tot 4.000 meter (PBL, 2020a). De Noordzee Groep is de bovenste aardlaag onder Nederland. De diepte van de basis (onderkant) van de Noordzee Groep varieert onder Nederland tussen 1.000 en 1.800 meter.

[27] Zie: https://www.thermogis.nl/mapviewer.

Tabel 5.1

Investerings- en productiekosten voor verschillende warmtebronnen voor warmtenetten, exclusief kosten warmtenet

Techniek	Referentie-vermogen (MWth)	Temperatuur (°C)	Investerings-kosten (miljoen € per MWth)	Productie-kosten (€ per GJ warmte-input)	Vollasturen	Productie-kosten (€ per vermeden ton CO_2)
Diepe geothermie	24	70 - 90	0,86	11,4	6.000	191
Diepe geothermie	12	70 - 90	1,36	12,2 23,1	6.000 3.500	202 390
Ondiepe geothermie	3,8	75	1,26*	16,7 22,5	6.000 3.500	361 488
Aquathermie oppervlaktewater	0,88	50 - 75	2,4**	31,9	3.500	693
Aquathermie afvalwater	1	50 - 75	1,9*	21,4	6.000	463
Industriële restwarmte	10	75	1,4	9,2	6.000	148
Industriële restwarmte	14,8	75	1,0*	12,2	6.000	267
Zonthermie	0,14	n.b.	0,53	26,4	600	420
Zonthermie	5	n.b.	0,42	22,2	600	354
Biomassacentrale snoeihout	10	90 of hoger	0,66	12,2	7.000	195
Biomassacentrale B-Hout	20	90 of hoger	0,88	7,5	7.500	119
Biomassacentrale houtpellets	15	90 of hoger	0,56	18,3	6.000	292

Bron: PBL (2020a)

*Inclusief (collectieve) warmtepomp

**Inclusief collectieve warmtepomp en WKO

De techniek is – afhankelijk van het vermogen van de bron – voorbehouden voor het leveren van basislast aan warmtenetten met minimaal 4.000 tot 10.000 aansluitingen[28] (ECW, 2020b). Door het grote aantal benodigde aansluitingen lijkt de techniek vooral geschikt voor stedelijke gebieden met een bestaand warmtenet en/of voor bedrijventerreinen met een groot aantal utiliteitsgebouwen. De hoge temperatuur van het opgepompte water maakt dat een diepe geothermiebron rechtstreeks kan invoeden op bestaande warmtenetten.

[28] Bij een kleine bron van 7 MW gaat het om ongeveer 4.000 woningen, bij een grotere bron van 20 MW om ongeveer 10.000 woningen.

Het aanboren van een geothermiebron.
Foto: PureBudget

Als er een nieuw warmtenet wordt ontwikkeld in combinatie met de bouw van nieuwbouwwoningen zal het geruime tijd duren voordat het vereiste aantal afnemers is gehaald. Gedurende die 'volloopperiode' zal gebruik moeten worden gemaakt van een andere (tijdelijke) warmtebron. Als die bron duurzaam moet zijn, komt daarvoor waarschijnlijk alleen een biomassacentrale in aanmerking.

In de praktijk is er in Nederland nog nauwelijks ervaring met geothermie in de gebouwde omgeving. De 19 werkende Nederlandse geothermiebronnen – met een totale warmteproductie van 5,6 PJ in 2019 – worden vooral voor het verwarmen van kassen gebruik (PBL, 2020b). In de gebouwde omgeving is dat minder dan 0,1 PJ. Alleen in Den Haag en Leeuwarden wordt op korte termijn waarschijnlijk geothermie in de gebouwde omgeving toegepast. Die projecten hebben een lange doorlooptijd gehad: in Leeuwarden is in 2013 gestart en in Den Haag in 2010 (Agentschap NL, 2011). De verwachting is dat de doorlooptijd van eventuele toekomstige geothermieprojecten minstens 5 tot 8 jaar zal zijn; door het grote aantal betrokken partijen zijn geothermieprojecten organisatorisch complex en duren vergunningstrajecten vaak lang. De KEV 2020 raamt daarom dat de warmteproductie voor stadsverwarming uit geothermie in 2030 is toegenomen tot slechts 2 PJ. In de glastuinbouw zal het gebruik van geothermie naar verwachting toenemen van 5,6 PJ in 2019 naar 15 PJ in 2030.

Ondiepe geothermie
Bij ondiepe geothermie wordt warm water uit aardlagen vanaf 500 meter tot de Noordzee Groep gebruikt als warmtebron. Het typische vermogen per bron is 3,8 MW (zie tabel 5.1). De temperatuur van het opgepompte water bedraagt 20 tot 55 °C. Om geschikt te zijn voor ruimteverwarming zijn warmtepompen nodig in combinatie met goede isolatie en lagetemperatuurverwarming. De temperatuur kan ook met een collectieve warmtepomp worden verhoogd tot 50 tot 70 °C. Ondiepe geothermie is door het relatief lage vermogen en de relatief lage temperatuur vooral geschikt voor gebouwen of kleine lagetemperatuur-warmtenetten, en niet voor bestaande hogetemperatuurnetten (90-120 °C).

Industriële restwarmte
Industriële restwarmte is warmte die niet meer binnen een bedrijf zelf kan worden gebruikt. De hoeveelheid restwarmte uit de industrie die aan stadsverwarmingsnetten wordt geleverd, was in 2019 nog beperkt (PBL, 2020b). Bestaande projecten zijn de levering van warmte door Shell aan het warmtenet in Rotterdam en levering vanuit Chemelot aan Het Groene Net in Sittard-Geleen. Verder zijn er bij diverse datacenters plannen om restwarmte te gaan leveren (ECW, 2020b). Dat is lagetemperatuurrestwarmte die nog moet worden opgewaardeerd om bruikbaar te zijn voor het verwarmen van woningen. De temperatuur en de afstand tot een (bestaand) warmtenet zijn belangrijke factoren voor de haalbaarheid van een restwarmteproject.

Het Expertise Centrum Warmte (ECW) verwacht dat de groei vooral komt vanuit de grote industriële clusters, maar dat er ook bij de meer solitaire industrieën kansen zijn, zeker als er dichtbij al een warmtenet ligt. Restwarmte zou in Zuid-Holland ongeveer 4 PJ kunnen bijdragen, waarvan 1 PJ in bestaande netten, en 3 PJ nieuwe warmtenetten (Bolscher et al., 2020). De warmterotonde – een transportleiding die het Rijnmondgebied verbindt met diverse steden – speelt daarbij een belangrijke rol. In andere provincies met een industrieel cluster (Zeeland, Groningen, Limburg) ontbreekt een dergelijke transportinfrastructuur vooralsnog. De KEV 2020 geeft aan dat het onzeker is wat de toekomstige bijdrage is van restwarmte uit de industrie. Dit hangt onder andere af van de vraag of een koppeling tot stand kan komen van de industrie aan warmtenetten, zoals via WarmtelinQ[29] in Zuid-Holland. In de raming van de KEV 2020 is dit nog niet meegenomen omdat nog onderzocht wordt of WarmtelinQ technisch, financieel en commercieel haalbaar is.

Aquathermie
Bij aquathermie wordt warmte of koude met een warmtepomp uit oppervlaktewater, afvalwater van een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) of drinkwater gewonnen. Deze technologie kan dus alleen in de nabijheid van oppervlaktewater, een RWZI of een drinkwaterstation worden toegepast. De gewonnen warmte of koude wordt in de bodem opgeslagen om op een ander tijdstip beschikbaar te zijn (WKO). Voor een rendabel project

[29] WarmtelinQ staat ook wel bekend als Leiding door het Midden. Het loopt van de Rotterdamse haven naar het centrum van Den Haag en heeft bij Delft een aftakking naar het Westland en de kassen (https://www.gasunie.nl/expertise/warmte/warmtelinq).

zijn minimaal 50 woningen nodig en een minimale bebouwingsdichtheid van circa 20 woningen per hectare (ECW, 2020b). Bij gebruik in een lagetemperatuurwarmtenet (circa 40 °C) moeten de woningen goed geïsoleerd zijn en is een lagetemperatuur-afgiftesysteem nodig. Om warm tapwater te maken is een individuele warmtepomp nodig. Bij een middentemperatuurwarmtenet (circa 70 °C)[30] gelden minder hoge eisen voor de isolatie en zijn de al aanwezige radiatoren meestal afdoende. Er is dan wel een collectieve warmtepomp nodig die de temperatuur van het water verhoogt tot het gewenste niveau.

Op www.aquathermie.nl wordt een overzicht gegeven van 61 aquathermieprojecten, met een warmtelevering die varieert van minder dan 100 tot 50.000 GJ. Het merendeel van de projecten levert minder dan 10.000 GJ en voorziet een paar honderd huizen van warmte. Vanwege de relatief hoge productiekosten (zie figuur 5.1) en de kleinschaligheid van aquathermie is het aannemelijk dat deze techniek ook in de toekomst een bescheiden bijdrage zal leveren aan de warmtevoorziening met warmtenetten. De KEV 2020 veronderstelt in 2030 nog geen substantiële bijdrage van aquathermie.

Zonthermie

Zonthermie is de benutting van de energie van de zon in de vorm van warmte. Als de temperatuur niet hoog genoeg is, kan zonnewarmte gecombineerd worden met een warmtepomp (ECW, 2020b). De techniek lijkt om meerdere redenen niet erg kansrijk om in de toekomst een substantiële bijdrage te leveren aan de warmtevoorziening van warmtenetten: de techniek is relatief duur (zie figuur 5.1), het aantal vollasturen is laag en bovendien geconcentreerd in de zomer als er weinig warmtevraag is, en er zijn voor collectieve installaties tamelijk grote oppervlaktes nodig. Een installatie met een vermogen van 140 kilowatt heeft een oppervlakte van 200 m^2. Een installatie van 5 MW heeft dus een oppervlakte van 0,7 hectare nodig.[31] De KEV 2020 raamt voor de gebouwde omgeving (woningen, diensten) 1,4 PJ in 2030, maar dit zijn vooral individuele systemen op daken van woningen en gebouwen en dus geen collectieve systemen.

Hulpketels en warmtepompen

De hier besproken technieken zijn vooral geschikt om basislast te leveren als het buiten niet te koud is. Om in de piekvraag te voorzien op koude winterdagen, zijn hulpketels noodzakelijk. Deze leveren normaal gesproken 20-25% van de totale warmtevraag. De huidige hulpketels worden meestal gestookt met aardgas. Als CO_2-neutrale brandstof voor hulpketels komt – naast biogrondstoffen – in principe groengas in aanmerking, maar de beschikbaarheid

[30] De temperatuur moet dan met een collectieve warmtepomp worden verhoogd.

[31] In de wijk Noorderplassen West in Almere levert een zonnecentrale, bestaande uit 520 grondgebonden zonnecollectoren met een totaal oppervlak van 7000 m2, warmte aan ongeveer 300 woningequivalenten. De zonnecentrale is daarmee goed voor levering van ongeveer 10% van de warmtevraag van de wijk Noorderplassen West (TNO & CBS, 2020).

daarvan is beperkt. In de verdere toekomst zal mogelijk groene of blauwe waterstof[32] kunnen worden ingezet; de ontwikkeling daarvan is echter nog in de opstartfase.

Bij een aantal van de besproken warmtebronnen – met name restwarmte van datacenters, ondiepe geothermie, aquathermie en zonthermie – is de temperatuur te laag om direct warm tapwater te maken, en ook voor ruimteverwarming is het vaak nodig om de temperatuur te verhogen (ECW, 2020a). De warmte kan collectief, of individueel per woning, met warmtepompen op een voldoende hogere temperatuur worden gebracht. Als daarvoor elektriciteit van het elektriciteitsnet wordt gebruikt zal dat – zolang er in de elektriciteitssector gas- en kolencentrales worden ingezet – leiden tot CO_2-emisies. Volgens de KEV 2020 zal het aandeel hernieuwbare elektriciteit in 2030 naar verwachting 75% bedragen en daarna verder toenemen.

5.2.2 Gebouwgebonden verwarmingsbronnen

Bij bestaande warmtenetten ligt het niet voor de hand om het warmtenet te verwijderen als biogrondstoffen als warmtebron wegvallen, maar eerder om over te schakelen op een andere – duurzame of niet-duurzame – warmtebron. Bij warmtenetten die nog moeten worden aangelegd, kan het wegvallen van biogrondstoffen als warmtebron wel aanleiding zijn om de verduurzamingsopgave in plaats van met een warmtenet met gebouwgebonden maatregelen te realiseren. Mogelijk is dit zelfs noodzakelijk als er ter plaatse geen alternatieve duurzame warmtebronnen voor het beoogde warmtenet beschikbaar zijn. Technieken waar al ervaring mee is opgedaan zijn warmtepompen, groengas en hybride systemen (warmtepomp in combinatie met gas). Voor de verdere toekomst (na 2030) wordt gedacht aan groene of blauwe waterstof. Deze technieken worden hieronder besproken.
Een relevante vraag is of het mogelijk is het uitroltempo zodanig te verhogen dat daarmee het eventuele wegvallen van duurzame warmtenetten als gevolg van het uitfaseren van biogrondstoffen kan worden gecompenseerd. Net als bij de hiervoor behandelde warmtebronnen zal dit sterk afhangen van hoe zwaar er wordt ingezet op de ontwikkeling en uitrol van de gebouwgebonden opties.

All-electric

Door over te schakelen op elektrische warmtepompen en inductiekookplaten kunnen woningen van het aardgas worden afgekoppeld en volledig op elektrisch verwarmen en koken overgaan. Een warmtepomp bespaart energie, maar is – zolang elektriciteit van het net deels fossiel is – alleen CO_2-neutraal als er voldoende zonnepanelen op de woning worden geïnstalleerd om op jaarbasis de benodigde elektriciteit op te wekken.[33]

[32] Groene waterstof is via elektrolyse met hernieuwbare elektriciteit uit water geproduceerd; blauwe waterstof is geproduceerd uit een fossiele brandstof (bijvoorbeeld aardgas), waarbij de CO_2 wordt afgevangen en opgeslagen (CCS).

[33] Zonnepanelen produceren vooral in de zomer en warmtepompen verbruiken vooral in de winter, maar zolang de elektriciteit van particuliere zonnepanelen mag worden gesaldeerd maakt het voor het individuele huishouden niet uit op welk moment in het jaar de elektriciteit is geproduceerd. Voor het energiesysteem uiteraard wel.

Zoals gezegd zal volgens de KEV 2020 het aandeel hernieuwbare elektriciteit in 2030 naar verwachting 75% bedragen en daarna verder toenemen.

De elektrificatie van een gangbare bestaande tussenwoning vereist niet alleen isolatie naar label B en een – in vergelijking tot een hr-ketel dure – warmtepomp, maar ook vervanging van gewone radiatoren door een lagetemperatuurssysteem (zoals vloer- en muurverwarming). Als de benodigde elektriciteit met eigen zonnepanelen wordt opgewekt kan de totale investering voor een label D woning oplopen tot 40.000 euro (Schilder & van der Stark, 2020). Volgens de Startanalyse zullen de kosten in 2030 door leereffecten wel aanzienlijk lager zijn: de gemiddelde kosten voor het all-electric maken van een rijwoning die tussen 1946 en 1964 is gebouwd[34] bedragen volgens de Startanalyse (afgerond) 15.000 tot 22.000 euro (PBL, 2020d). Daarin zijn uitgespaarde kosten voor de vermeden aanschaf van een nieuwe hr-ketel meegenomen. Bij een groot aandeel all-electric in een wijk kan verzwaring van het elektriciteitsnet nodig zijn. De nationale kosten per vermeden ton CO_2 voor het gebruik van all-electric dat in bestaande wijken wordt aangelegd zijn daarbij meestal ongeveer vergelijkbaar met die van het gebruik van een nieuw warmtenet dat in een bestaande wijk is aangelegd.[35] Overigens zal het in oude stadswijken met veel monumentale gebouwen niet altijd mogelijk zijn om de voor all-electric vereiste isolatiegraad te halen, maar zal ook de aanleg van een warmtenet problematisch kunnen zijn. In dat geval komt feitelijk alleen groengas – of op de langere termijn mogelijk groene of blauwe waterstof – als verduurzamingsoptie in aanmerking. In situaties waarbij een nieuwe wijk wordt gebouwd zullen de kosten voor all-electric aanzienlijk lager zijn, maar dat geldt ook voor de aanleg van een warmtenet. Informatie over de hoogte van die kosten is niet gevonden.

Volgens de KEV 2020 waren in 2020 bijna 260.000 nieuwbouwwoningen all-electric, een toename van 125.000 ten opzichte van 2015. Er waren 8.000 bestaande woningen gerenoveerd tot all-electric. Voor 2030 raamt de KEV 2020 ongeveer 665.000 all-electric nieuwbouwwoningen en 35.000 all-electric bestaande woningen. Om een eventueel verlies van duurzame warmte uit warmtenetten door het uitfaseren van biogrondstoffen te compenseren, zullen echter nog (veel) hogere groeitempo's moeten worden gerealiseerd.

Hybride warmtepomp

De hybride warmtepomp bestaat uit een kleine elektrische luchtwarmtepomp in combinatie met een cv-ketel op gas. De warmtepomp kan als apart systeem toegevoegd worden aan de bestaande cv-ketel of als één geïntegreerd toestel aangeschaft worden bij vervanging van de cv-ketel. De installatie bestaat uit een binnen- en een buitenunit. Tot een buitenlucht-

[34] Met gemiddeld label D. Voor oudere woningen zijn de investeringskosten iets hoger, voor nieuwere woningen zijn ze aanmerkelijk lager.

[35] Ter illustratie: volgens de Startanalyse aardgasvrije buurten (versie 2020) zouden de nationale kosten voor warmtepompen in de wijk Buiten Wittevrouwen 511 euro/ton CO_2 bedragen, en die voor een middentemperatuurwarmtenet met geothermie 445 euro/ton CO_2. In nationale kosten worden overdrachten zoals energiebelasting en eventuele subsidies niet meegenomen. Daardoor wijken ze af van – waarschijnlijk zijn ze lager dan - de werkelijke kosten voor de eindgebruiker. De Startanalyse vermeldt niet hoe hoog de eindgebruikerskosten zijn.

temperatuur van circa 2 °C wekt de warmtepomp efficiënt de benodigde warmte op. Is het kouder of als er warm tapwater nodig is, dan springt de gasketel bij (ECW, 2020b).
Een hybride systeem stelt minder zware eisen aan de isolatie en het warmteafgiftesysteem van een woning, waardoor de totale investeringskosten lager zijn dan bij all-electric. Afhankelijk van de isolatiegraad en het warmteafgiftesysteem verbruikt een hybride systeem ongeveer 40 tot 80% minder aardgas dan een conventionele hr-ketel (PBL, 2014). Voor echte verduurzaming zou voor de gasketel groengas of CO_2-neutraal waterstof moeten worden gebruikt. De beschikbaarheid van deze gassen vormt voorlopig nog een knelpunt, zoals hierna wordt besproken.

Groengas

Groengas is gas uit biogrondstoffen dat opgewerkt is tot aardgaskwaliteit en via het bestaande gasnet naar de gebouwen kan. Op dit moment wordt groengas meestal geproduceerd op basis van vergistingsprocessen van onder meer slib, afval van stortplaatsen, tuinafval, groente- en fruitafval, en dierlijke restproducten zoals koeienmest of varkensmest. Maar het kan ook worden verkregen door vergassing van houtige biogrondstoffen of door superkritische vergassing van natte biogrondstoffenstromen, technieken die nu in ontwikkeling en nog nauwelijks beschikbaar zijn. Voor de gebruiker is groengas gelijk aan aardgas en zijn er geen aanpassingen nodig in gastoestellen. Groengas is beperkt beschikbaar: de productie bedraagt op dit moment 180 miljoen m^3 (5,7 PJ) per jaar, oftewel 0,4% van het huidige totale aardgasverbruik in Nederland. In het (nog te publiceren) achtergrondrapport van de Startanalyse is een overzicht gegeven van ramingen voor de groengasproductie in 2030 in verschillende studies. De ramingen variëren van jaarlijks 300 miljoen m^3 (11 PJ) tot 3.000 miljoen m^3 (106 PJ). Bij de lage ramingen wordt groengas vooral via vergisting geproduceerd, bij de hoge ramingen wordt ook vergassing van biogrondstoffen ingezet. Volgens het achtergrondrapport staat vergassing nog aan de start van haar ontwikkeling en is het daarmee nog onzeker hoe deze technologie zich verder gaat ontwikkelen. In het Klimaatakkoord wordt een beeld geschetst dat er op de lange termijn 2 miljard m^3 groengas beschikbaar komt voor de gebouwde omgeving. De Startanalyse schat in dat daarvan 0,5 miljard m^3 kan worden benut om hulpketels van warmtenetten te verduurzamen, waardoor er 1,5 miljard m^3 overblijft voor verwarming van gebouwen (woningen en bedrijven). Groengas zou dan bij voorkeur moeten worden ingezet in buurten waar andere verduurzamingsopties erg duur zijn.

Biogasinstallatie in Well (Limburg) waar uit groenteresteströmen (vooral wortels) door vergisting biogas wordt gemaakt. Dit gaat naar een opwerkingsinstallatie waarin het biogas wordt gescheiden in aardgas (CH_4) en vloeibare kooldioxide. De kooldioxide wordt onder andere toegepast in tuinderskassen.

CO_2-neutrale of -arme waterstof

Waterstofgas kan aardgas vervangen met beperkte aanpassingen aan het gasnet en de gasapparatuur in de woningen. Binnen een buurt moet in één keer worden omgeschakeld als het bestaande gasnetwerk voor waterstof gebruikt wordt. Bij de eindgebruikers zal alle gasapparatuur aangepast moeten worden.

CO_2-neutrale of -arme waterstof speelt in de periode tot 2030 naar verwachting geen significante rol in de verduurzaming van de gebouwde omgeving (ECW, 2020b). Zowel groene als blauwe waterstof wordt nog niet op enige schaal in Nederland of elders geproduceerd. Er zijn weliswaar plannen van grote bedrijven om dat de komende jaren te gaan doen, maar het is onzeker in hoeverre die plannen doorgaan. Vooral de productie van groene waterstof via elektrolyse is momenteel dermate duur dat de SDE++ niet de volledige onrendabele top vergoedt. Volgens het eindadvies van de SDE++ 2020 (PBL, 2020a) bedragen de gemiddelde productiekosten van groene waterstof in de periode 2020 tot 2035 bij continubedrijf (ongeveer 8.000 uur per jaar) ongeveer 5 euro per kilogram (oftewel 35 euro per GJ).[36] Bij continubedrijf is elektriciteit van het net in die periode echter nog niet CO_2-vrij. De SDE++ subsidieert alleen – gedeeltelijk – de waterstof die geproduceerd wordt op de momenten dat de elektriciteit wel CO_2-vrij is; de 2.000 tot 3.000 uur waarin er

[36] Eén kilogram waterstof heeft een energie-inhoud van 141 MJ higher heating value (HHV). Dat is vergelijkbaar met de energie-inhoud van ongeveer 4 m^3 aardgas.

voldoende aanbod is van zonne- en windstroom. De productiekosten bedragen dan meer dan 10 euro per kilogram waterstof; daarvan wordt minder dan 30% gesubsidieerd (EZK, 2020b). Ook de productie uit aardgas in combinatie met CCS (zogenoemde blauwe waterstof) is voorlopig aanzienlijk duurder dan het rechtstreekse gebruik van aardgas in de gebouwde omgeving. Volgens het eindadvies van de SDE++ 2020 bedroegen de productiekosten van waterstof uit aardgas in 2019 1,33 euro per kilogram waterstof. De kosten voor het afvangen van de CO_2 die daarbij vrijkomt[37] zijn 1,03 euro per kilogram waterstof. De totale kosten (exclusief opslag) zijn dus 2,36 euro per kilogram waterstof, oftewel bijna 17 euro per GJ. Alleen voor het CCS-deel kunnen bedrijven meedingen in de SDE++, in dit geval voor de volledige onrendabele top.

Na 2030 voorziet de Startanalyse een grotere beschikbaarheid van blauwe en/of groene waterstof. Hoewel ook sectoren zoals de industrie of het zware transport gebruik zullen willen maken van waterstof, kan volgens de Startanalyse een aanzienlijk deel van de warmtevraag in de gebouwde omgeving worden ingevuld tegen de laagste nationale kosten (PBL, 2020c).

[37] Per kilogram waterstof komt 9 kilogram CO_2 vrij.

6 Discussie en conclusies

Het kabinet heeft de ambitie om 'zo snel als dat haalbaar en betaalbaar mogelijk is, de subsidiëring van houtige biogrondstoffen voor lagetemperatuurwarmte te beëindigen en hiertoe de komende jaren een actief beleid te voeren voor een voortvarend afbouwpad met een gelijktijdige opbouw van alternatieven'. Het kabinet beoogt hiermee de 'infasering' van het gebruik van biogrondstoffen ten behoeve van laagwaardige toepassingen te voorkomen, opdat dit gebruik niet op een later moment weer uitgefaseerd hoeft te worden. Deze ambitie is beschreven in de Kamerbrief over het duurzaamheidskader voor biogrondstoffen van 16 oktober 2020 (EZK & IenW, 2020).

Het kabinet geeft daarmee een vervolg op een eerdere brief (van 1 juli 2020) waarin het, in reactie op de motie-Sienot (Sienot et al., 2020), had aangekondigd een eindjaar voor de subsidiëring van warmteproductie met vaste houtige biomassa op te nemen in het duurzaamheidskader voor biomassa. Daarnaast wilde het kabinet een uitfaseringsstrategie opstellen waarin op hoofdlijnen wordt toegelicht hoe het gebruik van vaste houtige biomassa voor warmte wordt afgebouwd. Het kabinet kondigde in deze brief tevens aan het PBL om advies te vragen over deze uitfaseringsstrategie.

De toevoeging dat het bij de uitfasering zou gaan om toepassing voor lagetemperatuurwarmte stond nog niet in de brief van juli. Ook is in die brief sprake van het afbouwen van het *gebruik* van houtige biogrondstoffen in plaats van het beëindigen van de subsidiëring. In dit advies gaan we daarom niet alleen in op de gevolgen voor de verduurzaming van de gebouwde omgeving, maar ook kort op de gevolgen voor de verduurzaming van de industrie. Daarnaast bespreken we zowel het stoppen van subsidies als het uitfaseren van het gebruik van houtige biogrondstoffen, waarbij zowel naar de gevolgen voor de doelen op korte termijn (2030) als die op de langere termijn (tot 2050) is gekeken. We komen tot de onderstaande bevindingen.

De huidige inzet van houtige biogrondstoffen in warmtenetten is beperkt en betreft vooral reststromen uit Nederland

Het totale gebruik van houtige biogrondstoffen is in 2019 ongeveer 55 PJ (zie tabel 2.2). Het gebruik van (hoofdzakelijk houtige) biogrondstoffen voor de levering van warmte door warmtenetten is beperkt: zo'n 20% van de totale warmtelevering (zie hoofdstuk 2). Hiervan bestaat bijna 80% uit houtige reststromen uit Nederland, en het overige deel uit geïmporteerde houtpellets. De grootste inzet van houtpellets is in de bij- en meestook in elektriciteitscentrales (16 PJ in 2019, toenemend tot ruim 24 PJ in 2021, zie figuur 3.1), waarbij één centrale – de Amercentrale van RWE – tevens warmte levert voor meer dan

36.000 huishoudens. Het kabinet heeft reeds aangegeven voor deze toepassing geen nieuwe subsidiebeschikkingen meer af te geven. Na het aflopen van de subsidieperiode tussen 2027 en 2029 zal de bij- en meestook van houtpellets naar verwachting worden gestaakt. Overigens is het gebruik van vers hout en afvalhout voor kachels en haarden in huishoudens in 2019 ruim 16 PJ, dus net zoveel als de bij- en meestook.

Bij ongewijzigd beleid zullen de inzet van houtige biogrondstoffen en het relatieve aandeel van houtpellets in warmtenetten de komende jaren stijgen

Bij ongewijzigd beleid zal het gebruik van (vooral houtige) biogrondstoffen in warmtenetten tot 2023 stijgen tot ruim 11 PJ (ruim 30% van de warmteproductie voor warmtenetten), waarvan meer dan de helft geïmporteerde houtpellets (zie tabel 2.4). In de jaren daarna is een verdere stijging te verwachten ten einde te voldoen aan de afspraken uit het Klimaatakkoord en de (nog vast te stellen) Warmtewet 2.0. Het Klimaatakkoord stelt dat warmtebedrijven een groei in stadswarmte zullen realiseren die resulteert in een warmtelevering van 40 PJ in 2030 (=53 PJ warmteproductie bij een warmteverlies van 25%), waarbij 70% emissiereductie moet worden behaald (tot 18,9 kg CO_2/GJ in 2030). Zonder restricties zal de inzet van houtige biogrondstoffen daarin een belangrijke rol spelen. In het Klimaatakkoord zijn daar geen expliciete afspraken over gemaakt, maar op basis van de verwachte situatie in 2023 en de KEV 2020 zal de warmteproductie op basis van biogrondstoffen in 2030 minimaal 15 PJ zijn (overeenkomend met ruim 11 PJ warmtelevering). Daarvoor zullen bijna 17 PJ biogrondstoffen nodig zijn (op basis van een verbrandingsefficiëntie van 90%). Voor een deel van deze warmteproductie zijn reeds subsidiebeschikkingen afgegeven (ongeveer 8 PJ, zie figuur 3.3). Mede gezien de lopende discussies over de (on)wenselijkheid van het toepassen van houtige biogrondstoffen is het echter niet zeker dat de betreffende installaties ook werkelijk zullen worden gerealiseerd.

Als alternatieven onvoldoende worden gestimuleerd, zal het beperken van de subsidiëring van biogrondstoffen voor warmtenetten het verduurzamingstempo vertragen

Alternatieven zoals industriële (rest)warmte, geothermie, zonthermie en aquathermie zijn niet overal beschikbaar en in veel gevallen duurder dan houtige biomassa (zie figuur 5.1). Maar belangrijker is dat in 2030 de beschikbaarheid van de meeste alternatieve warmtebronnen beperkt zal zijn. Zo gaat de KEV 2020 voor 2030 uit van 2 PJ warmtelevering aan de gebouwde omgeving door geothermie. Geothermie is weliswaar in de glastuinbouw een bewezen techniek, maar in de gebouwde omgeving worden de komende jaren pas de eerste twee projecten uitgevoerd[38], na een voorbereiding van circa 10 jaar. Naast het feit dat het in grote delen van Nederland nog onbekend is in hoeverre geothermie beschikbaar zal kunnen komen, is de verwachting dat de doorlooptijd van toekomstige geothermieprojecten minimaal 5 tot 8 jaar zal zijn vanaf het moment dat de seismische data beschikbaar zijn. Dit komt door de (organisatorische) complexiteit, met een lang vergunningstraject en veel betrokken partijen. Afhankelijk van het vermogen van de bron is geothermie voornamelijk (als basislasttechniek) voorbehouden aan warmtenetten met minimaal 4.000 tot 10.000 aansluitingen. Bij nieuwe warmtenetten die in het begin nog weinig aansluitingen hebben,

[38] In Den Haag en Leeuwarden.

bieden houtige biogrondstoffen de mogelijkheid het warmtenet gradueel uit te bouwen tot het moment dat geothermie toegepast kan worden. Als dat niet meer mogelijk is, zouden de toekomstmogelijkheden van geothermie nadelig beïnvloed kunnen worden, tenzij voor de overbruggingsperiode gebruik wordt gemaakt van aardgas, met hogere emissies tot gevolg.

Het gebruik van industriële (rest)warmte is vooral in de provincie Zuid-Holland kansrijk, omdat warmte via de warmterotonde over grote afstanden kan worden getransporteerd. In andere provincies met een industrieel cluster ontbreekt een dergelijke 'backbone' vooralsnog. Wat betreft aquathermie zijn al ruim 60 kleinschalige projecten opgezet en worden op veel plekken verkennende studies uitgevoerd, maar onzeker is of en wanneer die projecten doorgang vinden. In de KEV 2020 wordt daarom tot en met 2030 nog geen substantiële bijdrage van aquathermie verondersteld. Een additioneel punt is dat lage-temperatuurbronnen (aquathermie, restwarmte datacenters, ondiepe geothermie) vaak moeten worden gecombineerd met warmtepompen om de voor warm tapwater en ruimteverwarming vereiste temperatuur te bereiken. Dit leidt tot additioneel elektriciteits-gebruik en dus CO_2-uistoot, omdat volgens de Warmtewet 2.0 gerekend moet worden met een emissie-intensiteit van elektriciteit die weliswaar daalt, maar in 2030 nog 120 kg CO_2 per MWh bedraagt. Daarnaast leidt dit tot een zwaardere belasting van het elektriciteitsnet in de winter en een grote piekbelasting op dagen met lage buitentemperaturen. Op termijn kan in nieuwe warmtenetten wellicht met lagere temperaturen worden volstaan, maar dat vereist verregaande isolatie en andere aanpassingen (bijvoorbeeld vloerverwarming) in woningen.

Binnen de modelcontext van de uitgevoerde analyse leidt kostenoptimalisatie van het behalen van het gewenste nationale emissiereductiedoel in 2040 en 2050 tot inzet van houtige biogrondstoffen in vooral andere sectoren dan de gebouwde omgeving

Uit de modelanalyse zoals beschreven in hoofdstuk 4 blijkt dat *indien* het behalen van een nationaal emissiereductiedoel uitsluitend op basis van laagste kosten[39] geoptimaliseerd zou worden voor het gehele energiesysteem[40], de inzet van houtige biogrondstoffen in de gebouwde omgeving sterk zou kunnen afnemen richting 2040 en vrijwel nul zou kunnen zijn in het eindbeeld van de transitie in 2050. Dit komt doordat volgens het model na 2035 het gebruik van houtige biogrondstoffen een steeds belangrijkere kosteneffectieve optie wordt voor het reduceren van CO_2-emissies in met name de industrie, eventueel in combinatie met CCS, waardoor negatieve emissies worden gerealiseerd. Indien houtige biogrondstoffen in 2035 worden uitgefaseerd (en er dus 10 tot 12 jaar *daarvoor* wordt gestopt met het afgeven van subsidiebeschikkingen), dan zullen de vrijkomende houtige biogrond-

[39] Het gaat hier om *werkelijke* kosten, dus zonder rekening te houden met eventuele subsidies.

[40] Het model representeert dus niet de 'werkelijkheid', maar geeft slechts weer wat er zou *kunnen* gebeuren indien de kosten van een opgelegde emissiereductie voor het energiesysteem als geheel – er is dus niet gerekend met sectorale emissiereductiedoelen – worden geminimaliseerd, uitgaande van de aannames zoals deze gelden binnen het betreffende scenario. In die zin is het model een *hulpmiddel* in het denken over de energietransitie op basis van de daarin verwerkte data en kennis van het energiesysteem.

stoffen volgens de modelanalyse voor het grootste deel worden ingezet in de industrie. Maar omdat de industrie restwarmte levert aan warmtenetten, zal deze warmte via een omweg nog steeds voor een deel op houtige biogrondstoffen zijn gebaseerd. Andere duurzame alternatieven voor warmtenetten worden in het model niet of nauwelijks ingezet omdat deze minder kosteneffectief zijn.

De modelanalyse laat zien dat er in 2030 en 2035 op systeemniveau goedkopere emissiereductiemogelijkheden zijn dan het toepassen van houtige biogrondstoffen in de gebouwde omgeving. Uitfaseren van de in de referentie veronderstelde biogrondstoffen in de gebouwde omgeving betekent dat reductieopties in andere sectoren worden ingezet om wel een gelijke emissiereductie te behalen. Daardoor leidt uitfaseren in het model tot slechts beperkt hogere of zelfs lagere kosten in de genoemde jaren. Het betekent uiteraard wel dat er dan minder reductie in de gebouwde omgeving plaatsvindt. Het model is vooralsnog niet geschikt voor het analyseren van (de kosten van) reductiedoelen binnen afzonderlijke sectoren. Er kon daarom niet worden onderzocht wat uitfasering zou betekenen bij de veronderstelling dat de reductie in de gebouwde omgeving gelijk dient te blijven.

De modelanalyse laat daarnaast zien dat wanneer houtige biogrondstoffen voor energietoepassingen niet worden ingezet voor warmte in de gebouwde omgeving, landbouw en industrie, de toepassing kan verschuiven naar de productie van geavanceerde biobrandstoffen - in lijn met het SER-advies 'Biomassa in Balans'.
Gezien de maatschappelijke en politieke discussie rond de (on)wenselijkheid van het inzetten van houtige biogrondstoffen voor warmte in het algemeen, is – naast de gebouwde omgeving – ook gekeken naar het effect van uitfasering in de landbouw en de industrie. Binnen de modelcontext verschuift in dat geval de toepassing naar de productie van geavanceerde biobrandstoffen (vooral bunkers) en groengas, terwijl in de industrie de warmteproductie wordt overgenomen door aardgas (eventueel met CCS) en daarnaast warmtepompen, Mechanical Vapor Recompression (MVR) en elektrische boilers. Er is dan geen afname in het totale gebruik van houtige biogrondstoffen, maar er is wel een verplaatsing naar een toepassing (bunkers) die in lijn met het SER-advies 'Biomassa in Balans' (SER, 2020) als meer gewenst kan worden gezien[41]. De kosten van de energietransitie zullen daardoor wel stijgen, omdat de productie van biobrandstoffen en groengas op basis van houtige biogrondstoffen een duurdere route is om CO_2 te reduceren dan toepassing in de industrie.

Meer in het algemeen is het beeld dat wanneer wordt uitgegaan van kostenoptimalisatie, een grotere hoeveelheid beschikbare biogrondstoffen leidt tot een hogere inzet ervan. Dat komt doordat biogrondstoffen in beginsel in verschillende (meer of minder gangbare) energiedragers kunnen worden omgezet en daardoor in veel verschillende toepassingen

[41] Dit advies geeft ook aan dat inzet in de chemie prioritair zou moeten zijn. In de modelanalyse wordt aan de vervanging van olie als feedstock voor de chemie door biogrondstoffen echter geen emissiereductie toegekend. Wel is geanalyseerd wat het betekent als een groot deel van de houtige biogrondstoffen aan de chemie wordt toegewezen (zie hoofdstuk 4).

oplossingen kunnen bieden. Maar er is vooralsnog grote onzekerheid over de uiteindelijke beschikbaarheid en prijs van duurzaam gewonnen (houtige) biogrondstoffen. Wanneer wordt uitgegaan van beperkte beschikbaarheid, kent de toepassing van houtige biomassa daarbij een prioriteitsvolgorde, zoals ook uiteengezet in het SER-advies. De toepassing in materialen (de bouw) en als grondstof voor de chemie hebben daarbij volgens de SER de hoogste prioriteit, de toepassing voor warmte in de gebouwde omgeving (en voor elektriciteitsproductie) de laagste. Beperking van de toepassing van biogrondstoffen voor warmte in de gebouwde omgeving past dus bij de inzichten in het SER-advies over de rol van biogrondstoffen op de lange termijn. Toepassing van biogrondstoffen voor hogetemperatuurwarmte in de industrie blijkt in langetermijnscenario's vaak wel van belang vanwege de mogelijkheid daarbij CO_2 af te vangen en op te slaan, waardoor negatieve emissies kunnen worden gerealiseerd.

De ambitie voor warmtenetten uit het Klimaatakkoord zal waarschijnlijk niet worden waargemaakt als op korte termijn wordt gestopt met het toekennen van subsidiebeschikkingen voor de toepassing van houtige biogrondstoffen voor warmte in de gebouwde omgeving.
Op basis van het voorgaande kan worden geconcludeerd dat wanneer er vóór 2030 zou worden gestopt met het toekennen van subsidiebeschikkingen voor de toepassing van houtige biogrondstoffen voor warmte in de gebouwde omgeving, het doel voor 2030 uit het Klimaatakkoord (40 PJ warmtelevering, 70% CO_2-reductie) – dat hoe dan ook al ambitieus is[42] – waarschijnlijk niet zal worden gehaald. Alternatieve warmtebronnen voor warmtenetten zijn waarschijnlijk niet op tijd in voldoende mate beschikbaar om de verminderde inzetbaarheid van biogrondstoffen te kunnen compenseren.

Mogelijkheden voor opschaling vóór 2030 van alternatieven voor biogrondstoffen in de gebouwde omgeving zijn ongewis.
De gewenste bijdrage aan het emissiereductiedoel voor 2030 door de gebouwde omgeving die de uitbreiding en verduurzaming van warmtenetten zou moeten opleveren, kan in theorie ook worden ingevuld via extra inspanningen om individuele gebouwen aardgasvrij te maken (zie paragraaf 5.2.2). Echter, het all-electric maken van bestaande woningen is ingewikkeld en duur; daarvoor zijn ingrijpender en vaak kostbaardere aanpassingen aan schilisolatie en het warmteafgiftesysteem van woningen en gebouwen nodig, alsook een actievere medewerking van individuele gebouweigenaren. De route met hybride warmtepompen vereist in bestaande woningen en gebouwen minder ingrijpende en dure aanpassingen en kan daardoor laagdrempeliger zijn, maar leidt pas tot volledige verduurzaming als groengas en/of groene of blauwe waterstof voldoende beschikbaar zijn. Op de termijn tot 2030 is dat niet het geval. Gegeven het 'gat' tussen het bestaande ambitieniveau voor 2030 en het tot dusverre gerealiseerde tempo van deze route is het niet aannemelijk dat de voor het halen van het reductiedoel vereiste opschaling haalbaar is. Daarmee lijken de twee sporen voor

[42] In het Klimaatakkoord wordt gesteld dat 40 PJ vereist dat 80.000 woningen per jaar op een warmtenet worden aangesloten vanaf 2025. In 2023 zal dit aantal waarschijnlijk 16.500 bedragen. De KEV 2020 gaat er mede daarom van uit dat de warmtelevering door warmtenetten aan huishoudens en de dienstensector in 2030 niet hoger is dan 27 PJ.

verduurzaming in de gebouwde omgeving die in het Klimaatakkoord zijn uitgezet, weinig houvast te kunnen bieden voor het invullen van het gat dat ontstaat wanneer er al vóór 2030 geen nieuwe subsidietoekenningen meer zijn voor het toepassen van biogrondstoffen voor warmte in de gebouwde omgeving.

Met het oog op investeringszekerheid is het van belang in het duurzaamheidskader ondubbelzinnig aan te geven welke houtige, al dan niet binnenlandse (rest)stromen wel en niet op welk moment wenselijk zijn.
In de huidige biogrondstoffendiscussie brengen sommige partijen naar voren dat de uitfasering van houtige biogrondstoffen voor laagwaardige warmte niet ten doel moet hebben om over te schakelen naar hoogwaardiger toepassingen, omdat de winning (en daarmee de inzet) van houtige biogrondstoffen voor energietoepassingen volgens hen hoe dan ook niet gewenst is. Redenaties die tot een dergelijk standpunt leiden, zijn beschreven in de recente factfindingstudie van Strengers en Elzenga (2020). Hoewel het kabinet dit standpunt niet als zodanig uitdraagt en ook het recente SER-advies gestoeld is op het principe te streven naar zo hoogwaardig mogelijke toepassing, lijkt het feit dat dit standpunt boven de markt hangt nu al investeringen in de toepassing van houtige biogrondstoffen te compliceren. Dat geldt zelfs voor de toepassing van houtige reststromen (snoeihout, afvalhout) die – indien ze niet mogen worden gebruikt voor energietoepassingen – per definitie in relatief korte tijd worden omgezet in CO_2. Dergelijke ontwikkelingen kunnen, boven op de eventuele effecten van een stop op de uitgifte van subsidiebeschikkingen, de voortgang van de verduurzaming in de gebouwde omgeving (en eventueel andere sectoren) verder vertragen. Om investeringszekerheid te bieden, is het van belang om in het duurzaamheidskader een ondubbelzinnige beschrijving te geven van welke houtige (rest) stromen wel en niet op welk moment wenselijk zijn.

Ook zonder subsidie kan de toepassing van houtige biogrondstoffen aantrekkelijk zijn.
Het stopzetten van de subsidiëring van houtige biogrondstoffen voor warmteopwekking houdt niet per definitie in dat ook de toepassing zal stoppen. Opgelegde emissiereductie-eisen voor de gebouwde omgeving (zoals gesteld in de Warmtewet 2.0) kunnen er immers toe leiden dat houtige biogrondstoffen ook zonder subsidie een aantrekkelijke route blijven. Zowel in bestaande als in nieuwe warmtenetten zouden op die wijze toch houtige biogrondstoffen kunnen worden toegepast. Ook inzet van biogrondstoffen via 'omzettingsroutes' blijft dan mogelijk, zoals die van groengas gemaakt uit houtige biogrondstoffen. Met een subsidiestop wordt begrenzing van de totale hoeveelheid houtige biogrondstoffen in de gebouwde omgeving (of andere sectoren zoals de industrie waarbinnen de toepassing van houtige biogrondstoffen nog aantrekkelijker is), dus niet noodzakelijkerwijs afgedwongen.

Uitfasering van houtige biogrondstoffen in de industrie leidt mogelijk tot hogere emissiereductiekosten die ongunstig kunnen uitpakken voor de concurrentiepositie van bedrijven.
In de analyse van het Klimaatakkoord (PBL, 2019a) is uitgegaan van vooral de inzet van de meest kosteneffectieve technologieën. Zoals ook naar voren komt uit de modelanalyse in hoofdstuk 4, zal het toepassen van alternatieven in de regel hogere kosten met zich

brengen. Bovendien doet de toepassing van biogrondstoffen geen aanspraak op het voor de industriële verduurzaming geoormerkte SDE++-subsidiebudget van 550 miljoen euro dat in het Klimaatakkoord is afgesproken. Wanneer de uitfaseringsstrategie niet alleen de toepassing van houtige biogrondstoffen voor warmte in de gebouwde omgeving maar ook die in de industrie betreft, zullen dus duurdere technieken moeten worden ingezet, die wél aanspraak maken op het voor de industrie geoormerkte subsidiebudget. Dat verkleint de kans dat dit budget toereikend is om de gewenste reductie in de industrie te dekken. Omdat naast het beschikbaar stellen van subsidie voor de industrie tevens een CO_2-heffing is geïntroduceerd, worden industriële bedrijven toch geprikkeld om hun emissies te reduceren. Wanneer het subsidiebudget niet toereikend is, zullen meer bedrijven hiervoor echter hogere kosten moeten maken, of ervoor kiezen liever het heffingstarief te betalen. Op deze wijze kan de uitfasering ongunstig uitpakken voor de concurrentiepositie van deze bedrijven. Overigens kunnen bedrijven in beginsel ook zonder subsidie overgaan tot of doorgaan met het toepassen van houtige biogrondstoffen als emissiereductiemaatregel.

Een uitfaseringsstrategie voor houtige biogrondstoffen vraagt een simultane infaseringsstrategie voor alternatieven als onderdeel van een integrale strategie voor de gebouwde omgeving.
De wijze waarop in de loop der tijd de toepassing van houtige biogrondstoffen vervangen kan worden door alternatieve toepassingen krijgt tot dusverre in de discussie nog (te) weinig aandacht, terwijl dat in principe hand in hand zou moeten gaan. Zo kan het nadrukkelijk inslaan van de gebouwgebonden routes belemmeringen opwerpen voor de warmtenetten-route. Hoe meer gebouwen in een wijk reeds op individuele wijze verduurzaamd zijn, hoe moeilijker het wordt om voor de overige gebouwen rendabel een warmtenet aan te leggen. Er is daarom ten minste op hoofdlijnen een integrale strategie nodig voor het verduurzamen van warmtebronnen voor lagetemperatuurtoepassingen, zodat daarbinnen de rol van houtige biogrondstoffen gebalanceerd kan worden vormgegeven. Het is bijvoorbeeld denkbaar (ook in lijn met het SER-advies) dat de inzet van houtige biogrondstoffen, ondanks de wens tot een beperking daarvan, in de toekomst een belangrijke rol kan hebben bij het aanleggen van nieuwe warmtenetten of op specifieke (piek- of back-up)momenten. Bijvoorbeeld om – zoals eerder aangegeven – initieel de warmte te verzorgen totdat voldoende schaalgrootte is bereikt om over te stappen op een geothermiebron. Ook is het mogelijk dat er op de lange termijn situaties blijven bestaan waarin houtige biogrondstoffen op beperkte schaal noodzakelijk of kosteneffectiever zijn. Wanneer wordt gestopt met het afgeven van subsidiebeschikkingen is voor een dergelijke rol wellicht ander stimuleringsbeleid nodig. En tegelijk kan dan beleid nodig zijn om de totale inzet beperkt te houden. Het lijkt zodoende voor het realiseren van de klimaatdoelen op de langere termijn risicovol om elke verdere toepassing van houtige biogrondstoffen voor lagetemperatuurwarmte uit te sluiten. Een advies over een uitgebalanceerde inzet van verschillende, hier genoemde stimuleringselementen vereist echter meer onderzoek dan voor deze notitie mogelijk was.

Referenties

ADBE (2019). *Public report on the assessment of certification scheme Better Biomass for solid biomass for energy applications* (Issue April). https://www.adviescommissiedbe.nl/file/download/50707642/Better+Biomass+Public+assessment+report+%282019-04%29.pdf%0D

Agentschap NL (2011). *De kunst van duurzame energietransitie*. https://www.rvo.nl/sites/default/files/bijlagen/De kunst van duurzame energietransitie_2EGOG1101 - compleet.pdf

Berenschot & Panterra (2020). *WARM - Waarde van Aardwarmte en Regionale Mogelijkheden. Een studie naar de potentie van aardwarmte als duurzame warmte voor de gebouwde omgeving, glastuinbouw en industrie*. https://kennisbank.ebn.nl/eindrapport-warm/

Bolscher, H., Metz, B., & Schöne, S. (2020). *Zijn er voldoende duurzame alternatieven voor (houtige) biomassa bij de verwarming van woningen?* https://www.hieropgewekt.nl/kennisdossiers/houtige-biomassa-in-warmtenetten-zijn-er-voldoende-duurzame-alternatieven

CBS (2020). *Hernieuwbare energie in Nederland 2019*. https://www.cbs.nl/nl-nl/publicatie/2020/40/hernieuwbare-energie-in-nederland-2019

CE Delft (2020). *Convenant Duurzaamheid Biomassa. Jaarrapportage 2019 en mid-term evaluatie*. https://www.ce.nl/publicaties/2490/convenant-duurzaamheid-biomassa-jaarrapportage-2019-en-mid-term-evaluatie

Ecofys & Berenschot (2018). *Chemistry for Climate. Acting on the need for speed. Roadmap for the Dutch Chemical Industry towards 2050*. https://www.vnci.nl/Content/Files/file/Downloads/VNCI_Routekaart-2050.pdf

ECW (2020a). *Strategiefactsheets*. https://expertisecentrumwarmte.nl/themas/de+leidraad/strategiefactsheets/default.aspx

ECW (2020b). *Techniekfactsheets energiebronnen en -dragers. Versie 22 mei 2020*. Expertise Centrum warmte (ECW). https://www.expertisecentrumwarmte.nl/themas/technische+oplossingen/techniekfactsheets+energiebronnen/default.aspx

EZK (2020a). Brief van de minister van EZK inzake SER-advies duurzaamheidskader biomassa en reactie motie Sienot c.s.(Kamerstuk 32813, nr. 537). In *Stand* (p. 2). https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/moties/detail?id=2020D27534

EZK (2020b). *Kabinetsvisie waterstof* (pp. 1–20). Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2020/03/30/kamerbrief-over-kabinetsvisie-waterstof

EZK & IenW. (2020). *Duurzaamheidskader biogrondstoffen*. https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2020/10/16/duurzaamheidskader-biogrondstoffen

Greenvis (2020). *Inventarisatie duurzaamheid warmtenetten. Normstelling CO2-emissie Wet collectieve Warmtevoorziening*. https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/11/05/greenvis-rapport-inventarisatie-duurzaamheid-warmtenetten

PBE (2020). *PBE Jaarrapportage 2019 – Nederlandse biomassa volledig lokaal benut*. https://platform-bioeconomie.nl/2020/09/09/nederlandse-biomassa-volledig-lokaal-benut/

PBL (2014). *De rol van de elektrische warmtepomp in een klimaatneutrale woningvoorraad* (Issue december). https://www.pbl.nl/publicaties/de-rol-van-de-elektrische-warmtepomp-in-een-klimaatneutrale-woningvoorraad

PBL (2019a). *Effecten ontwerp klimaatakkoord*. https://www.pbl.nl/publicaties/effecten-ontwerp-klimaatakkoord

PBL (2019b). *Effecten van het klimaatakkoord op het fossiel en hernieuwbaar energieverbruik in 2030*. https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2019-effecten-van-het-klimaatakkoord-op-het-fossiel-en-hernieuwbaar-energieverbruik-in-2030_4018.pdf

PBL (2019c). *Klimaat en Energieverkenning 2019*. https://www.pbl.nl/publicaties/klimaat-en-energieverkenning-2019

PBL (2020a). *Eindadvies basisbedragen SDE++2020*. https://www.pbl.nl/publicaties/eindadvies-basisbedragen-sde-2020

PBL (2020b). *Klimaat- en Energieverkenning 2020*. https://www.pbl.nl/publicaties/klimaat-en-energieverkenning-2020

PBL (2020c). *Startanalyse aardgasvrije buurten. Achtergrondrapport*. https://www.pbl.nl/publicaties/achtergrondrapport-bij-de-startanalyse-aardgasvrije-buurten

PBL (2020d). *Startanalyse aardgasvrije buurten*. https://www.pbl.nl/publicaties/startanalyse-aardgasvrije-buurten-2020

RVO (2020a). *Duurzaamheidseisen vaste biomassa SDE++*. https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/stimulering-duurzame-energietransitie/aanvragen-sde/biomassa/duurzaamheidseisen

RVO (2020b). *Verificatieprotocol duurzaamheid vaste biomassa voor energietoepassingen. Versie januari 2020*. https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/stimulering-duurzame-energieproductie-en-klimaattransitie-sde/aanvragen-sde/biomassa/duurzaamheidseisen

RWE (2020). *Duurzame biogrondstoffen vormen belangrijke pijler onder CO2 neutrale biobased economy* (p. 3). https://www.tweedekamer.nl/debat_en_vergadering/commissievergaderingen/details?id=2020A03564

Schilder, F., & van der Stark, M. (2020). *Woonlastenneutraal koopwoningen verduurzamen*. https://www.pbl.nl/publicaties/woonlastenneutraal-koopwoningen-verduurzamen

SER (2020). *Biomassa in balans. Een duurzaamheidskader van biogrondstoffen*. https://www.ser.nl/nl/Publicaties/biomassa-in-balans

Sienot, M., Dik-Faber, C., Mulder, A., & Harbers, M. (2020). *Gewijzigde motie het lid Sienot c.s. over geen nieuwe subsidiebeschikkingen voor verbranding van houtachtige biomassa t.v.v. 32813-510*. https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/moties/detail?id=2020Z12293&did=2020D26309

Strengers, B. & Elzenga, H. (2020). *Beschikbaarheid en toepassingsmogelijkheden van duurzame biomassa. Verslag van een zoektocht naar gedeelde feiten en opvattingen*. https://www.pbl.nl/publicaties/beschikbaarheid-en-toepassingsmogelijkheden-van-duurzame-biomassa-verslag-van-een-zoektocht-naar-gedeelde-feiten

TNO (2020a). *Scenario's voor klimaatneutraal energiesysteem. Slimme combinaties van energie-opties leiden tot duurzame en bataalbare energiehuishouding*. https://www.tno.nl/nl/over-tno/nieuws/2020/5/scenario-s-toekomstig-duurzaam-en-betaalbaar-energiesysteem/

TNO (2020b). *The impact of phasing out woody biomass for heat generation in the ADAPT and TRANSFORM scenarios*.

TNO & CBS (2020). *Warmtemonitor 2019*. https://www.cbs.nl/nl-nl/achtergrond/2020/35/warmtemonitor-2019

Vattenfall (2020a). *Biomassa: een weloverwogen tussenstap naar CO2-vrije stadsverwarming*. https://www.vattenfall.nl/producten/stadsverwarming/biomassa/

Vattenfall (2020b). *Inbreng Vattenfall ten behoeve van het rondetafelgesprek biomassa* (p. 3). https://www.tweedekamer.nl/debat_en_vergadering/commissievergaderingen/details?id=2020A03564

Planbureau voor de Leefomgeving

Postadres:
Postbus 30314
2500 GH Den Haag

www.pbl.nl
@leefomgeving

2020