

EMISSIES BIJ INZET VAN BIOMASSA

Gevolgen van de inzet van biomassa voor elektriciteit en warmte productie op emissies naar de lucht

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Rapport nr.: 19-1033 EINDRAPPORT

Datum: 16-09-2019



Projectnaam: Emissies bij inzet van biomassa
Rapport titel: Gevolgen van de inzet van biomassa voor elektriciteit en warmte productie op emissies naar de lucht
Klant: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Lange Kleiweg 34, 2280 KA Rijswijk
Contactpersoon: Wim Burgers (RWS)
Datum: 16-09-2019
Project nr.: 10160163
Organisatie unit: Sustainable Energy Use and Environmental Compliance
Rapport nr.: 19-1033 EINDRAPPORT

DNV GL – Energy Advisory
DNV GL Netherlands B.V.
Postbus 9035
6800 ET ARNHEM
Tel: +31 26 356 9111
KvK 09006404

Geschreven door:



Beoordeeld door:



Goedgekeurd door:



J. Middelkamp

F.T. Blank

W. Fleuren

Senior Consultant

Principal Consultant

Team Manager Environmental Compliance

Co-auteur:

W. de Kleuver

Consultant

Copyright © DNV GL 2019 All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV GL undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited. DNV GL and the Horizon Graphic are trademarks of DNV GL AS.

DNV GL Distributie:

- Onbepaalde distributie (intern en extern)
 Onbepaalde distributie binnen de DNV GL Groep
 Onbepaalde distributie binnen DNV GL Netherlands B.V.
 Geen distributie (vertrouwelijk)

Trefwoorden:

Biomassa, meestoken, emissies

Versie	Datum	Reden voor uitgave	Auteur	Beoordeeld	Goedgekeurd
Eindrapport	16-09-2019	Eindconcept	J. Middelkamp W. de Kleuver	F.T. Blank	W. Fleuren

DNV GL Netherlands B.V.



Inhoud

SAMENVATTING.....	1
1 INLEIDING.....	3
2 TE BESCHOUWEN INSTALLATIES EN BRANDSTOFFEN	4
2.1 Installaties	4
2.2 Brandstoffen	4
3 EMISSIE-EISEN VOOR DE BESCHOUWDE CASES	5
4 EMISSIE-WAARDEN IN DE PRAKTIJK VOOR DE BESCHOUWDE INSTALLATIES	6
4.1 Vaste brandstof installaties	6
4.2 Gasgestookte ketels	7
5 VASTSTELLEN VAN DE SPECIFIEKE EMISSIES VOOR DE BESCHOUWDE CASES	8
5.1 Uitgangspunten voor berekening van de specifieke emissies voor de verschillende cases	8
5.2 Berekening van de specifieke emissies voor de verschillende cases	9
6 EVALUATIE VAN DE RESULTATEN	12
6.1 Cases met elektriciteitsproductie	12
6.2 Cases met warmteproductie	12
7 CONCLUSIES.....	13
8 LIJST MET AFKORTINGEN	14
9 REFERENTIES.....	14

SAMENVATTING

Als gevolg van de energietransitie zal warmte- en elektriciteitsopwekking in de nabije toekomst gaan veranderen. Het stoken van kolen in kolencentrales zal worden vervangen door duurzame opwekkingstechnieken, zoals warmtepompen, aardwarmte, zon-thermisch, zon-pv en wind, maar ook door het stoken van biomassa in kolencentrales en/of standalone installaties en warmte leverende ketels.

In de discussie over wat de gevolgen zijn voor de luchtkwaliteit als wordt overgegaan van kolenstook naar het stoken van biomassa lijken verschillende aannames en daarmee verschillende effecten (bijvoorbeeld biomassa stook leidt tot meer emissies dan kolenstook) te worden gehanteerd en soms is het ook niet duidelijk of de conclusies gelden voor CO₂ of andere geëmitteerde componenten zoals SO₂, NO_x en/of stof.

Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat wil hierover meer duidelijkheid verschaffen en heeft daarom DNV GL opdracht gegeven voor een studie om voor een zestal installaties (cases) voor de productie van elektriciteit en warmte vast te stellen welke invloed de (toekomstige) inzet van biomassa heeft op de specifieke schoorsteenemissies van SO₂, NO_x, stof en CO₂. Tevens is gevraagd om vast te stellen of het PBL/Alterra rapport "Climate effects of wood used for bioenergy" (augustus 2013) in lijn is met de BREF-LCP (met betrekking tot rendementen van de beschouwde installaties) en met de emissie-eisen uit het Activiteitenbesluit.


De in deze studie beschouwde cases zijn:

- Moderne kolencentrale, bruto 800 MW_e, 100% kolen (case 1)
- Moderne kolencentrale, bruto 800 MW_e, 30% e/e biomassa (case 2)
- Moderne kolencentrale, bruto 800 MW_e, 100% biomassa (case 3)
- Biomassa centrale, bruto 40 MW_e, 100% biomassa (case 4)
- Biomassa ketel met een bruto vermogen van 100 MW_{th} (case 5)
- Gasgestookte ketel met een bruto vermogen van 100 MW_{th} (case 6)

Uitgangspunt voor de berekening van de specifieke emissies zijn de emissiegrenswaarden (EGW) uit het Activiteitenbesluit. Op deze wijze is een goed vergelijk tussen de verschillende installaties mogelijk.

Op basis van deze studie worden de volgende conclusies getrokken:

- Voor de cases 1-3 (100% kolenstook, 30% meestook en 100% ombouw naar biomassa) zijn de specifieke emissies van SO₂, NO_x, stof en CO₂ vrijwel identiek. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat de EGW in alle gevallen hetzelfde zijn en het elektrisch rendement van de ketel maar relatief weinig afneemt bij de inzet van (schone houtpellets als) biomassa. Voor SO₂ geldt dat de te verwachten specifieke emissie van SO₂ in case 3 in de praktijk niet wordt bepaald door de EGW, maar door de maximale SO₂ emissie die volgt uit het zwavelgehalte in de verstookte biomassa. Dit levert, bij de inzet van 100% houtpellets met een zwavelgehalte van 0,02% (case 3) in een omgebouwde kolencentrale, een reductie van 70-75% op ten opzichte van 100% kolenstook (case 1).
- Elektriciteitsproductie in een biomassa centrale (case 4) veroorzaakt een 20% hogere specifieke emissie voor NO_x, stof en CO₂ door het lagere rendement van deze installatie in vergelijking met een kolencentrale. Uitgaande van de EGW uit het Activiteitenbesluit ligt de specifieke SO₂ emissie voor case 4 circa 50% hoger dan bij kolenstook. Echter, voor SO₂ geldt dat de te



verwachten SO₂ emissie in case 4 in de praktijk niet wordt bepaald door de EGW, maar door de maximale SO₂ emissie die volgt uit het zwavelgehalte in de verstoekte biomassa. In de praktijk zal de te verwachten specifieke emissie van SO₂ in een standalone biomassa centrale daarom circa 70% lager liggen dan bij 100% kolenstook (case 1).

- Warmteproductie in een biomassa gestookte ketel (case 5) levert in vergelijking met een aardgasgestookte ketel (case 6) hogere specifieke emissies op van SO₂, NO_x, stof en CO₂.

Tot slot wordt opgemerkt dat de CO₂ afkomstig van de inzet van biomassa in de cases 2, 3, 4 en 5 wordt aangemerkt als kort-cyclisch CO₂. In dit rapport wordt voor deze cases steeds de actuele emissie van CO₂ berekend en vermeld.

1 INLEIDING

Als gevolg van de energietransitie zal warmte- en elektriciteitsopwekking in de nabije toekomst gaan veranderen. Het stoken van kolen in kolencentrales zal worden vervangen door duurzame opwekkingstechnieken, zoals warmtepompen, aardwarmte, zon-thermisch, zon-pv en wind, maar ook door het stoken van biomassa in kolencentrales en/of standalone installaties en warmte leverende ketels.

In de discussie over wat de gevolgen zijn voor de luchtkwaliteit als wordt overgegaan van kolenstook naar het stoken van biomassa lijken verschillende aannames en daarmee verschillende effecten (bijvoorbeeld biomassa stook leidt tot meer emissies dan kolenstook) te worden gehanteerd en soms is het ook niet duidelijk of de conclusies gelden voor CO₂ of andere geëmitteerde componenten zoals SO₂, NO_x en/of stof. In het debat wordt regelmatig gesteld dat het vervangen van kolen door biomassa de emissies naar de lucht vergroot, terwijl andere berekeningen op het omgekeerde wijzen.

Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat wil hierover meer duidelijkheid verschaffen en heeft daarom DNV GL opdracht gegeven om:

- Voor een zestal installaties (cases) voor de productie van elektriciteit en warmte vast te stellen welke invloed de (toekomstige) inzet van biomassa heeft op de specifieke schoorsteenemissies van SO₂, NO_x, stof en CO₂. Om een goede vergelijking te kunnen maken worden de specifieke emissies uitgedrukt in (kg/MWh_e en kg/MWh_{th})
- Vast te stellen of het PBL/Alterra rapport "Climate effects of wood used for bioenergy" (augustus 2013) in lijn is met de BREF-LCP (met betrekking tot rendementen van de beschouwde installaties) en met de emissie-eisen uit het Activiteitenbesluit.

In hoofdstuk 2 van deze rapportage wordt ingegaan op de zes beschouwde installaties en de daarin verstookte brandstoffen: de zes beschouwde cases. In hoofdstuk 3 worden ter vaststelling van de emissie-eisen voor de verschillende cases de emissie-eisen uit het Activiteitenbesluit weergegeven. Hoofdstuk 4 beschrijft de te verwachten emissies bij de verschillende cases op basis van praktijkervaringen. Daarbij ligt het zwaartepunt op kolengestookte eenheden waarin biomassa wordt meegestookt of die zijn omgebouwd voor de inzet van 100% biomassa. In hoofdstuk 5 worden de specifieke emissies van SO₂, NO_x, stof en CO₂ van de zes cases gepresenteerd. In de hoofdstukken 6 en 7 volgen respectievelijk de evaluatie van de resultaten en de conclusies.

2 TE BESCHOUWEN INSTALLATIES EN BRANDSTOFFEN

2.1 Installaties

Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat heeft aangegeven dat de volgende installaties en brandstoffen (cases) dienen te worden beschouwd:

- Moderne kolencentrale, bruto 800 MW_e, 100% kolen (case 1)
- Moderne kolencentrale, bruto 800 MW_e, 30% e/e biomassa (case 2)
- Moderne kolencentrale, bruto 800 MW_e, 100% biomassa (case 3)
- Biomassa centrale, bruto 40 MW_e, 100% biomassa (case 4)
- Biomassa ketel met een bruto vermogen van 100 MW_{th} (case 5)
- Gasgestookte ketel met een bruto vermogen van 100 MW_{th} (case 6)

De belangrijkste karakteristieken van de brandstoffen die bij de verschillende cases worden ingezet, worden in paragraaf 2.2 nader beschreven. Alle cases betreffen Nederlandse installaties. De eerste vier cases betreffen installaties waarin uitsluitend elektriciteit wordt geproduceerd. De cases 5 en 6 betreffen installaties waarin uitsluitend warmte wordt geproduceerd. Vanzelfsprekend zijn er vele andere denkbare cases mogelijk waarin andere brandstoffen worden ingezet en/of waarin een combinatie van elektriciteit- en warmteproductie plaatsvindt. Dergelijke cases zijn bewust niet opgenomen in deze studie om een zo zuiver mogelijk beeld te schetsen van de invloed van de inzet van biomassa in vergelijking tot de inzet van kolen en aardgas.

2.2 Brandstoffen

Binnen deze studie worden drie verschillende brandstoffen beschouwd:

- Kolen: gangbare samenstelling op basis van het Nederlands Nationaal Gemiddelde van 2018
- Biomassa: gangbare houtpellets geproduceerd uit schoon hout
- Aardgas: standaard hoogcalorisch aardgas (H-gas)

De voor deze studie van belang zijnde karakteristieken van deze brandstoffen zijn in tabel 2-1 weergegeven.

Tabel 2-1 Karakteristieken van steenkool, houtpellets en H-gas

Parameter	Eenheid	Steenkool	Houtpellets	H-gas
Stookwaarde	(MJ/kg, ar; MJ/m ³)	25,1	16,5	40,0
Asgehalte	(%m, ar)	10,9	0,40	-
Vochtgehalte	(%m, ar)	11,6	9,3	-
Zwavelgehalte	(%m, ar)	1,02	0,02	-
Stookwaarde	(MJ/kg, ds)	28,4	19,3	
Spec. Rookgasvolume ¹⁾	(Nm ³ /kg, ds; Nm ³ /m ³)	10,2	6,5	10,8
Spec. CO ₂ emissie	(kg CO ₂ /kg, ds; kg CO ₂ /m ³)	2,63	1,66	2,26
	(g CO ₂ /MJ, ds; g CO ₂ /MJ)	92,7	86,4	56,6

¹⁾ Rookgasvolumes bij vaste brandstof o.b.v. droog, 6% O₂, bij H-gas o.b.v. droog, 3% O₂

3 EMISSIE-EISEN VOOR DE BESCHOUWDE CASES

Uitgangspunt van deze studie is dat de maximale in de praktijk optredende emissiewaarden voor alle zes cases gelijk zullen zijn aan de emissiegrenswaarden (EGW) uit het Activiteitenbesluit. Op deze wijze kan een goed en objectief vergelijk worden gemaakt tussen de diverse cases.

De zes cases vallen binnen drie categorieën uit het Activiteitenbesluit [1]:

- Met vaste brandstof gestookte ketel > 300 MW_{th} (cases 1, 2 en 3)
- Met vaste brandstof gestookte ketel 50 – 300 MW_{th} (cases 4 en 5)
- Met andere gasvormige brandstoffen gestookte grote stookinstallatie (case 6).

In tabel 3-1 zijn de actuele EGW uit het Activiteitenbesluit voor de verschillende cases weergegeven.

Tabel 3-1 EGW uit het Activiteitenbesluit per case (in mg/Nm³, maandgemiddeld)

Categorie Activiteitenbesluit	Met vaste brandstof gestookte ketel > 300 MW _{th} (droog, 6% O ₂)	Met vaste brandstof gestookte ketel 50 – 300 MW _{th} (droog, 6% O ₂)	Met andere gasvormige brandstoffen gestookte grote stookinstallatie (droog, 3% O ₂)
Case	1, 2, 3	4 en 5	6
SO ₂	150	200	35
NO _x	100	100	70
Stof	5	5	5

Binnen het Activiteitenbesluit is de categorie “andere gasvormige brandstoffen” nogal breed, derhalve bevat deze categorie ook EGW voor SO₂ en stof. Bij een aardgasgestookte ketel zullen echter geen emissies van SO₂ en stof optreden en voor deze studie wordt derhalve niet met deze EGW gerekend. Om tot een realistisch vergelijk te komen worden in deze studie voor de inzet van aardgas de te verwachten emissiewaarden (0 mg/Nm³) en niet de EGW toegepast.

Emissiewaarden kunnen in de praktijk lager liggen dan de EGW uit het Activiteitenbesluit, niet in de laatste plaats omdat de vigerende vergunningen veelal lagere EGW voorschrijven dan de EGW uit het Activiteitenbesluit. Het gaat hier immers om IPPC-installaties, zodat het bevoegd gezag op basis van een BBT-afweging strengere eisen kan stellen. De leidraad hiervoor is de BREF grote stookinstallaties. In hoofdstuk 4 wordt hierop nader ingegaan.

Vergelijk emissie-eisen PBL/Alterra rapportage en Activiteitenbesluit

In de PBL/Alterra rapportage worden geen emissie-eisen of emissiewaarden genoemd voor SO₂, NO_x en stof en een vergelijk met de EGW uit het Activiteitenbesluit is derhalve niet mogelijk. Wel worden in de PBL/Alterra rapportage (tabel 4.1, pag. 17) thermische rendementen en emissiefactoren voor CO₂ genoemd voor verschillende typen installaties. Hierop wordt in de hoofdstukken 5 en 6 nader ingegaan.

4 EMISSIE-WAARDEN IN DE PRAKTIJK VOOR DE BESCHOUWDE INSTALLATIES

4.1 Vaste brandstof installaties

4.1.1 Emissiegrenswaarden opgenomen in de vergunning

Moderne kolengestookte eenheden maar ook grotere met biomassa gestookte installaties (cases 1-5) hebben veelal EGW die lager liggen dan de EGW uit het Activiteitenbesluit. In welke mate dit het geval is, blijkt afhankelijk te zijn van het type installatie, maar ook van de locatie. In de vergunning dient immers rekening te worden gehouden met lokale omgevingsconcentraties van de te beschouwen rookgascomponenten. Op grond hiervan kan worden gesteld dat de van toepassing zijnde EGW altijd gelijk of lager zullen zijn dan de maximale EGW uit het Activiteitenbesluit. Door de EGW uit het Activiteitenbesluit als uitgangspunt te nemen wordt een 'worst case' emissie situatie beschouwd voor de cases 1 t/m 5.

4.1.2 Specifieke invloed van de rookgasreinigingsinstallatie

De rookgasreinigingsinstallaties van kolengestookte eenheden en van grotere met biomassa gestookte installaties zijn ontworpen om de EGW te kunnen bereiken bij de inzet van de ontwerp-brandstoffen, respectievelijk kolen en biomassa. Bij het meestoken van biomassa in een kolencentrale of bij de ombouw van een kolencentrale tot biomassa-centrale ontstaat de situatie dat de rookgasreinigingsinstallatie rookgassen met een van het ontwerp afwijkende samenstelling moet reinigen. De invloed hiervan op de belangrijkste onderdelen van de rookgasreinigingsinstallatie wordt hieronder beschreven.

Selectieve katalytische reductie installatie (voor NO_x)


De SCR installatie reduceert de concentratie van stikstofoxiden (NO_x) die worden gevormd in de ketel. De meestook van biomassa of de ombouw naar 100% biomassa heeft invloed op de vorming van NO_x, maar deze is beperkt. Dit betekent dat de bestaande SCR installatie, die ontworpen is om een forse reductie van NO_x te bewerkstelligen bij wisselende NO_x concentraties na de ketel, geschikt is om de vigerende EGW te realiseren tijdens meestook van houtpellets of na ombouw van de ketel voor de inzet van 100% houtpellets.

Bij de inzet van 100% biomassa – maar veel minder bij de meestook van biomassa - zal een versnelde deactivering van de SCR katalysator plaatsvinden. Dit heeft tot gevolg dat de SCR katalysator sneller dan gebruikelijk dient te worden vervangen en/of dat er een additief aan de brandstof dient te worden toegevoegd die deze versnelde katalysator deactivering tegengaat.

Samengevat kan worden gesteld dat de emissiewaarden voor NO_x die bij de inzet van kolen worden gehaald ook bij het meestoken van biomassa of bij de inzet van 100% biomassa (houtpellets) worden gehaald.

Elektrostatische vliegsvanger (voor stof)

Het asgehalte in biomassa (houtpellets) ligt orde grootte 10 keer lager dan in kolen. Dit betekent dat het vliegsgelalte na de ketel afneemt naarmate het meestook percentage van biomassa stijgt. Bij de inzet van 100% biomassa is het vliegsgelalte in de rookgassen na de ketel circa 10 keer lager dan bij de inzet van uitsluitend kolen. De elektrostatische vliegsvanger wordt daardoor aanzienlijk lager belast met vlieg. Dit betekent echter niet dat de emissie van vlieg navenant daalt: de vlieggassen afkomstig van biomassa hebben andere elektrische eigenschappen (waaronder de geleidbaarheid) waardoor de verwijdering van deze vlieggassen moeizamer verloopt dan bij vlieg afkomstig uit kolen. In de praktijk



blijkt dat deze beide effecten elkaar compenseren, waardoor de emissie van vlieggas netto niet toeneemt bij het meestoken van biomassa of bij de inzet van 100% biomassa in een kolencentrale.

Samengevat kan worden gesteld dat de emissiewaarden voor stof die bij de inzet van kolen worden gehaald ook bij het meestoken van biomassa of bij de inzet van 100% biomassa (houtpellets) worden gehaald.

Rookgasontzwavelingsinstallatie (voor SO₂)

Het zwavelgehalte in biomassa (houtpellets) ligt veel lager dan in kolen. Dit betekent dat het SO₂ gehalte in de rookgassen na de ketel navenant afneemt met het aandeel biomassa dat wordt verstoekt en dat de rookgasontzwavelingsinstallatie (ROI) veel lager wordt belast. Dit leidt in de praktijk tot een vermindering van de emissie van SO₂.

Samengevat kan worden gesteld dat de emissiewaarden voor SO₂ die bij de inzet van kolen worden gehaald, relatief eenvoudig kunnen worden gehaald bij het meestoken van biomassa of bij de inzet van 100% biomassa (houtpellets).

4.2 Gasgestookte ketels

Voor moderne gasgestookte ketels (case 6) geldt dat de in de vergunning opgenomen EGW voor NO_x (beduidend) lager kunnen liggen dan de EGW uit het Activiteitenbesluit. Dit heeft er toe geleid dat de volgende NO_x reducerende maatregelen veelal worden toegepast, afhankelijk van het type installatie en de vigerende EGW:

- Primaire maatregelen, zoals low-NO_x branders of getrapte verbranding
- Selectieve niet-katalytische reductie (SNCR)
- Selectieve katalytische reductie (SCR)

Gasgestookte ketels kennen in de praktijk een verwaarloosbare emissie van SO₂ en stof.

Uit dit hoofdstuk blijkt dat de emissiewaarden in de praktijk, voor zowel gasgestookte ketels als voor installaties gestookt op een vaste brandstof, lager zullen liggen dan de EGW uit het Activiteitenbesluit. Deze verschillen zijn veelal geïnitieerd door lokale aspecten. Daarom is ook het uitgangspunt voor deze studie dat voor alle zes cases de EGW uit het Activiteitenbesluit als leidend worden beschouwd. Op deze wijze kan een goed en objectief vergelijk worden gemaakt tussen de diverse cases.

5 VASTSTELLEN VAN DE SPECIFIEKE EMISSIES VOOR DE BESCHOUWDE CASES

5.1 Uitgangspunten voor berekening van de specifieke emissies voor de verschillende cases

5.1.1 Toegepaste emissiegrenswaarden voor de verschillende cases

De toegepaste EGW zijn de waarden uit het Activiteitenbesluit, uitgedrukt in mg/Nm³, bij droog rookgas met 6% O₂ voor vaste brandstoffen en met 3% O₂ voor gasvormige brandstoffen verstoekt in een ketel. Deze EGW uit het Activiteitenbesluit zijn besproken in hoofdstuk 3, zie tabel 3-1.

5.1.2 Toegepaste rendementen voor de verschillende cases

Cases 1, 2 en 3 betreffen een moderne ultra-superkritische kolencentrale met een elektrisch rendement dat voor de inzet van uitsluitend kolen is vastgesteld op 46,0%. Hoewel het in formele zin "bestaande eenheden" betreft, ligt dit rendement in de BBT-range voor "nieuwe eenheden" (44-46%). Het meestoken van biomassa beïnvloedt het rendement van een centrale. Om dit effect op het rendement van cases 2 en 3 te bepalen wordt de SDE+ methodiek gehanteerd [2]. Dit omvat een absolute rendementsdaling van 0,2% per 10% biomassa meestook (op energiebasis). Bij case 2 wordt 30% biomassa meegestookt, resulterend in een elektrisch rendement van 45,4%. Bij case 3 wordt 100% biomassa verstoekt, resulterend in een elektrisch rendement van 44,0%.

Voor de standalone biomassa installaties (cases 4 en 5) wordt uitgegaan van een moderne biomassa ketel van ±100 MW_{th}. Gebaseerd op recente ervaringen met diverse nieuwe installaties in Japan wordt voor de biomassa centrale van case 4 het elektrisch rendement vastgesteld op 38,0%. Deze waarde is lager dan bij een moderne kolencentrale, omdat bij standalone biomassa installaties lagere stoomdrukken en -temperaturen worden gehanteerd dan in moderne kolencentrales. Voor het warmterendement van cases 5 en 6 wordt uitgegaan van 108% op LHV basis. Dit rendement komt overeen met dat van een moderne, volledig condenserende stadsverwarmingketel in Nederland.

Vergelijk rendementen BREF/LCP en PBL/Alterra rapportage

In 2013 heeft het PBL samen met Alterra de rapportage "Climate effects of wood used for bioenergy" gepubliceerd [3]. Dit rapport onderzoekt de ketenemissies van het gebruik van hout voor energieopwekking. Onderdeel van de berekeningen zijn aannames over de rendementen van elektriciteitsopwekking. In tabel 4.1 van de PBL/Alterra rapportage (pag. 17) wordt het rendementsbereik van een kolengestookte centrale gegeven als 35-50%. Deze range is opmerkelijk, want zij komt niet overeen met die uit de BREF-LCP, welke voor "bestaande eenheden" een BBT-range aangeeft van 33,5-44% en voor "nieuwe eenheden" van 45-46%. Voor een op hout gestookte ketel geeft het PBL/Alterra rapport een range aan van 30-40%. De BBT-range uit de BREF-LCP voor een op hout gestookte centrale voor "bestaande eenheden" is 28-38% en voor "nieuwe eenheden" bedraagt deze 33,5 tot >38%. De in de PBL/Alterra gehanteerde range volgt daarmee de BBT-range uit de BREF-LCP.

In de huidige studie wordt uitgegaan van een elektrisch rendement van 46% voor een kolencentrale zonder meestook biomassa, van 44% voor een op 100% houtpellets gestookte kolencentrale en van 38% voor een standalone biomassacentrale. Deze rendementen liggen in het bovenste deel van de door PBL/Alterra aangegeven bereiken. In de huidige studie wordt namelijk uitgegaan van moderne ultra-superkritische (Nederlandse) kolencentrales en moderne biomassa gestookte ketels, zoals die onder andere in Japan thans worden gerealiseerd.

5.1.3 Methodiek voor het berekenen van de specifieke emissies

De specifieke emissies zijn berekend met het DNV GL Trace Model, versie 8.0 (2018). De basis van dit model is een massa- en energiebalans waarmee, aan de hand van de brandstofsamenstelling, de stookwaarde en het rookgasdebiet per kilogram verstoekte brandstof wordt berekend. Vervolgens wordt, op basis van het rendement en het vermogen van de betreffende installatie, de brandstofinzet (kg/s) berekend. Het Trace model berekend vervolgens het hierbij behorende droge rookgasdebiet op basis van 6% O₂ bij vaste brandstoffen en op basis van 3% O₂ bij gasvormige brandstoffen verstoekt in een ketel.

Vervolgens kunnen, op basis van de in hoofdstuk 3 besproken EGW, de specifieke emissies voor SO₂, NO_x en stof worden bepaald, uitgedrukt in kg/MWh_e of kg/MWh_{th}. De specifieke emissie van CO₂ volgt direct uit de brandstofinzet en de brandstofsamenstelling.

5.2 Berekening van de specifieke emissies voor de verschillende cases

De specifieke emissies voor de verschillende cases worden in tabel 5-1 weergegeven. Cases 1-4 produceren uitsluitend elektriciteit. Cases 5 en 6 produceren uitsluitend warmte. Bij case 6 worden geen specifieke emissies van SO₂ of stof vermeld, omdat deze componenten niet in significante mate worden geëmitteerd bij de verbranding van aardgas.

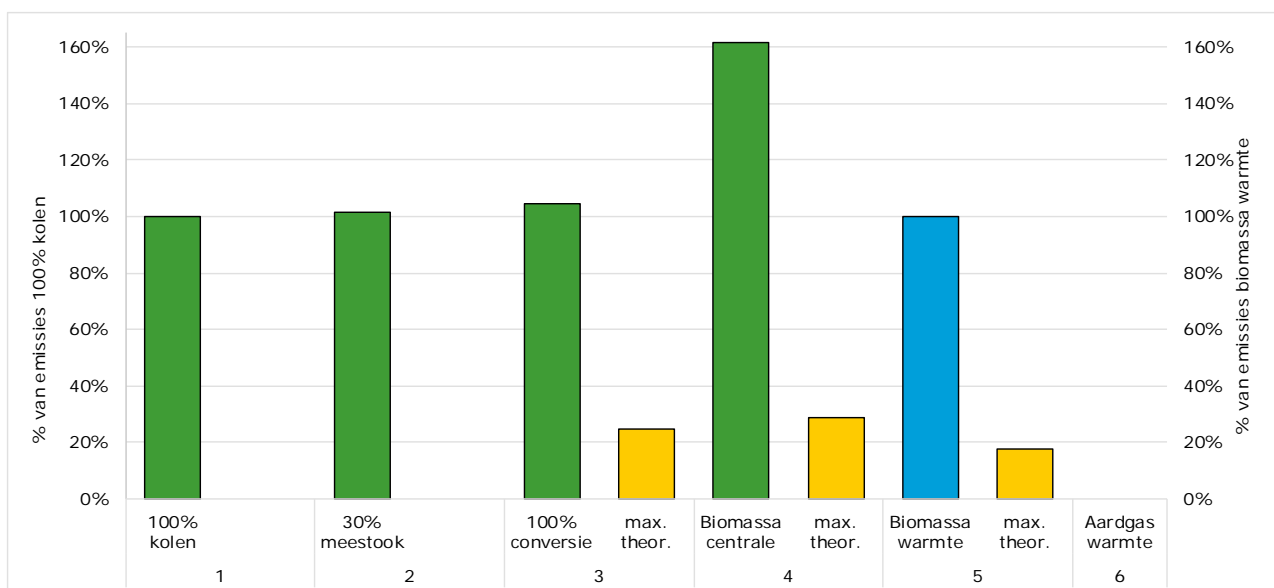
Tabel 5-1 Specifieke emissies op basis van output (elektriciteit of warmte productie)

Case	1 100% kolen	2 30% meestook	3 100% conversie	4 Biomassa centrale	5 Biomassa warmte	6 Aardgas warmte
Vermogen		800 MW _e		40 MW _e	100 MW _{th}	
Eenheid		kg/MWh _e		kg/MWh _e	kg/MWh _{th}	
SO ₂	0,423	0,428	0,442	0,682	0,240	-
NO _x	0,282	0,285	0,295	0,341	0,120	0,063
Stof	0,014	0,014	0,015	0,017	0,006	-
CO ₂	726,2	731,5	749,1	867,4	305,2	188,7

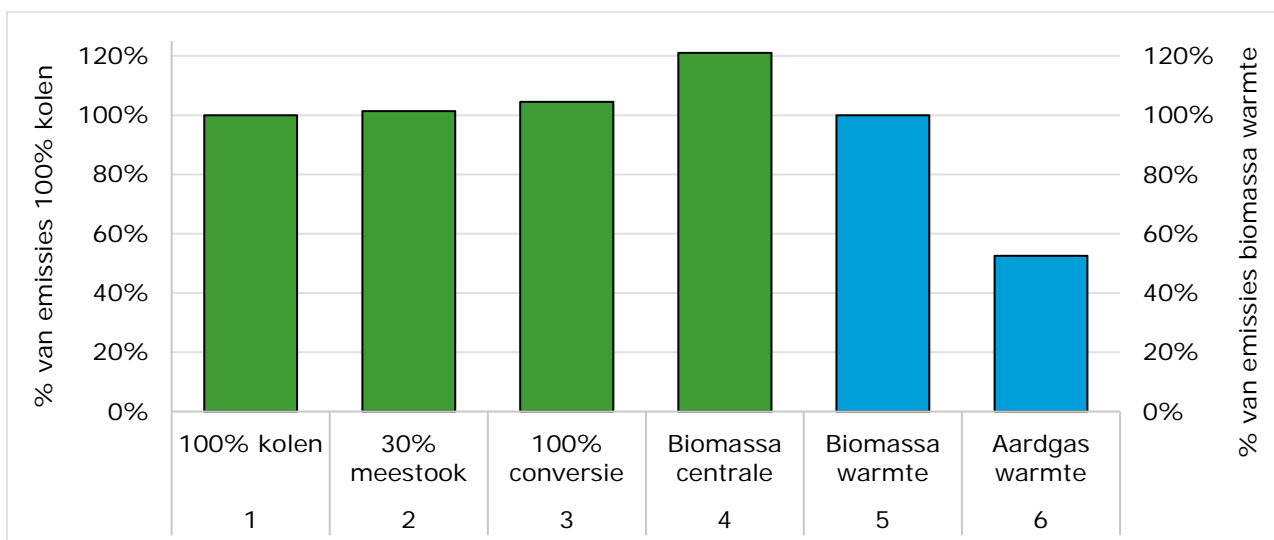
In de onderstaande figuren (5-1 t/m 5-4) zijn de specifieke emissies uit tabel 5-1 omgezet in relatieve specifieke emissies, uitgedrukt in procenten. Voor de cases 1-4 is case 1 (100% kolen) de referentie en wordt het relatieve verschil in specifieke emissies ten opzichte van deze case weergegeven in de groene kolommen. Voor de cases 5 en 6 is case 5 (biomassa warmte) de referentiecasse en wordt het relatieve verschil voor case 6 (aardgas warmte) ten opzichte van deze case weergegeven in de blauwe kolommen.

Met betrekking tot figuur 5-1 wordt het volgende opgemerkt: indien wordt uitgegaan van de EGW uit het Activiteitenbesluit ontstaan de groene kolommen en de blauwe kolom. Echter, bij 100% inzet van laagzwavelige brandstoffen zoals houtpellets (in de cases 3, 4 en 5), zal de theoretisch maximale emissiewaarde lager liggen dan de EGW uit het Activiteitenbesluit. Dit is voor de thans beschouwde houtpellets, met een zwavelgehalte van 0,02%, aangegeven middels de gele kolommen voor de cases 3, 4 en 5. Inzet van deze houtpellets levert voor deze cases dan een reductie op van circa 70-75% van de emissie van SO₂ ten opzichte van de referentie.

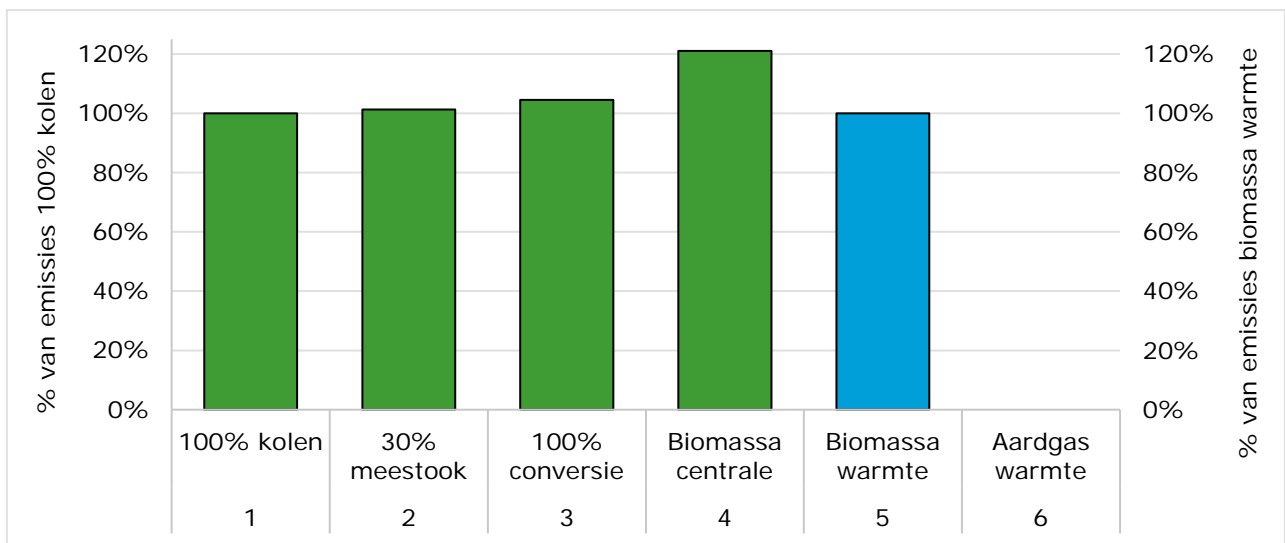
Voor de cases 1-3 wordt opgemerkt dat een aanscherping van de EGW voor SO₂, NO_x en/of stof naar verwachting geen verandering geeft in de relatieve waarden, zoals aangegeven voor deze cases in de figuren 5-1 t/m 5-3: de emissies die bij 100% kolenstook kunnen worden gerealiseerd zullen ook bij meestook van schone houtpellets of bij ombouw naar 100% schone houtpellets kunnen worden gerealiseerd.



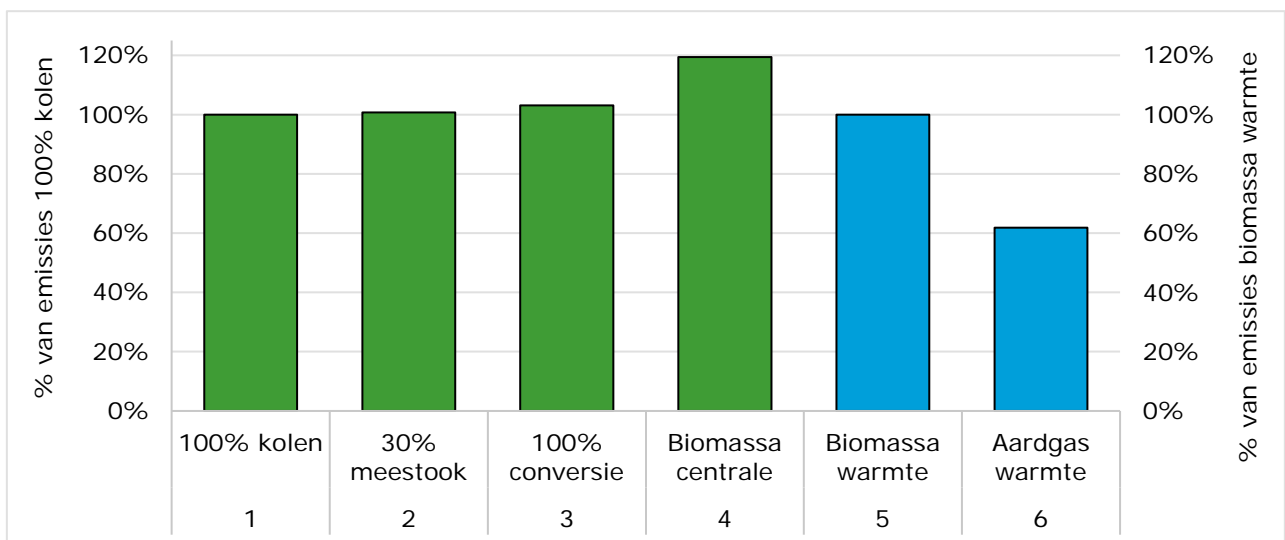
Figuur 5-1 Specifieke SO₂ emissies voor elektriciteit- en warmte productie, met in geel aangegeven de theoretisch maximale SO₂ emissie bij de inzet van houtpellets met een zwavelgehalte van 0,02%.



Figuur 5-2 Specifieke NO_x emissies voor elektriciteit- en warmte productie



Figuur 5-3 Specifieke stof emissies voor elektriciteit- en warmte productie



Figuur 5-4 Specifieke CO₂ emissies voor elektriciteit- en warmte productie

6 EVALUATIE VAN DE RESULTATEN

6.1 Cases met elektriciteitsproductie

Van de vier cases waarbij enkel elektriciteit wordt geproduceerd is de specifieke emissie in kg/MWh_e het laagst voor alle componenten bij case 1, ofwel bij 100% kolenstook. De cases 2 en 3, waarbij respectievelijk 30% wordt meegestookt en waarbij de kolencentrale is omgebouwd voor de inzet van 100% biomassa, hebben slechts marginaal hogere emissies voor alle componenten door de relatief geringe afname van het rendement van de installatie bij de inzet van biomassa (zie paragraaf 5.1.2).

Case 4, de biomassa centrale van 40 MW_e, kent een circa 20% hogere specifieke emissies voor NO_x, stof en CO₂. Dit wordt met name veroorzaakt door het lagere elektrisch rendement van deze installatie in vergelijking met de kolencentrale uit de cases 1-3 (zie paragraaf 5.1.2).

De specifieke SO₂ emissie voor de biomassacentrale (case 4) is circa 60% hoger dan voor case 1, wanneer wordt uitgegaan van de geldende EGW uit het Activiteitenbesluit. Dit wordt eveneens veroorzaakt door het lagere elektrisch rendement, maar vooral door de hogere EGW voor SO₂ (200 mg/Nm³ versus 150 mg/Nm³, zie tabel 3-1). Echter, de te verwachten emissie van SO₂ zal aanzienlijk afnemen voor deze case indien houtpellets worden ingezet met een veel lager zwavelgehalte dan dat van kolen. Hetzelfde geldt voor de 100% conversie case (case 3). Zoals reeds aangegeven in paragraaf 5.2 neemt de theoretisch maximale emissie van SO₂ voor de cases 3 en 4 met 70-75% af ten opzichte van die bij case 1 (100% kolenstook).

De specifieke emissie van CO₂ bij kolenstook (726 kg/MWh_e) valt in de range die voor kolen is aangegeven in het PBL/Alterra rapport: 700-1000 kg/MWh_e. De specifieke emissie van CO₂ in een op houtpellets gestookte centrale (867 kg/MWh_e) valt buiten de range die voor hout is aangegeven in het PBL/Alterra rapport: 1000-1300 kg/MWh_e. Mogelijk gaat PBL/Alterra uit van de inzet van houtchips in plaats van houtpellets, hetgeen het rendement van de centrale doet afnemen en de specifieke emissie van CO₂ doet toenemen als gevolg van het hogere vochtgehalte in deze brandstof. Een specifieke CO₂ emissie van 1000-1300 kg/MWh_e wordt hoe dan ook als te hoog beoordeeld voor een standalone biomassa centrale die wordt gestookt op houtpellets. Voor een moderne op houtpellets gestookte centrale geldt een specifieke CO₂ emissie van circa 900 kg/MWh_e.

Tot slot wordt opgemerkt dat de CO₂ afkomstig van de inzet van biomassa in de cases 2, 3 en 4 wordt aangemerkt als kort-cyclisch CO₂.

6.2 Cases met warmteproductie

De SO₂ en stof emissies voor de gasgestookte ketel zijn verwaarloosbaar, terwijl die voor de biomassa gestookte ketel (case 5) op respectievelijk 0,240 en 0,006 kg/MWh_{th} liggen, wanneer wordt uitgegaan van de EGW uit het Activiteitenbesluit. Indien echter houtpellets worden verstuikt met een zwavelgehalte van 0,02%, zal de te verwachten SO₂ voor case 5 circa 75% lager liggen, op circa 0,06 kg/MWh_{th}.

Voor NO_x en CO₂ geldt dat emissie van de gasgestookte ketel ongeveer 50% respectievelijk 40% lager ligt dan bij de biomassa gestookte ketel.

Ook hierbij wordt opgemerkt dat de CO₂ afkomstig van de inzet van biomassa (in case 5) wordt aangemerkt als kort-cyclisch CO₂.

7 CONCLUSIES

Op basis van deze studie worden de volgende conclusies getrokken:

- Voor de cases 1-3 (100% kolenstook, 30% meestook en 100% ombouw naar biomassa) zijn de specifieke emissies van SO₂, NO_x, stof en CO₂ vrijwel identiek. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat de EGW in alle gevallen hetzelfde zijn en het elektrisch rendement van de ketel maar relatief weinig afneemt bij de inzet van (schone houtpellets als) biomassa. Voor SO₂ geldt echter dat de te verwachten specifieke emissie van SO₂ in case 3 in de praktijk niet wordt bepaald door de EGW uit het Activiteitenbesluit, maar door de maximale SO₂ emissie die volgt uit het zwavelgehalte in de verstoekte biomassa. Dit levert, bij de inzet van 100% houtpellets met een zwavelgehalte van 0,02% (case 3) in een omgebouwde kolencentrale, een reductie van 70-75% op ten opzichte van 100% kolenstook (case 1).
- Elektriciteitsproductie in een biomassa centrale (case 4) veroorzaakt een 20% hogere specifieke emissie voor NO_x, stof en CO₂ door het lagere rendement van deze installatie in vergelijking met een kolencentrale. Uitgaande van de EGW uit het Activiteitenbesluit ligt de specifieke SO₂ emissie voor case 4 circa 50% hoger dan bij kolenstook. Echter, voor SO₂ geldt dat de te verwachten SO₂ emissie in case 4 in de praktijk niet wordt bepaald door de EGW uit het Activiteitenbesluit, maar door de maximale SO₂ emissie die volgt uit het zwavelgehalte in de verstoekte biomassa. In de praktijk zal de te verwachten specifieke emissie van SO₂ in een standalone biomassa centrale daarom circa 70% lager liggen dan bij 100% kolenstook (case 1).
- Warmteproductie in een biomassa gestookte ketel (case 5) levert in vergelijking met een aardgasgestookte ketel (case 6) hogere specifieke emissies op van SO₂, NO_x, stof en CO₂.

Tot slot wordt opgemerkt dat de CO₂ afkomstig van de inzet van biomassa in de cases 2, 3, 4 en 5 wordt aangemerkt als kort-cyclisch CO₂. In dit rapport wordt voor deze cases steeds de actuele emissie van CO₂ berekend en vermeld.

8 LIJST MET AFKORTINGEN

ar	Op basis van ontvangen brandstof (as received)
BBT	Beste Beschikbare Technieken
BREF	BBT-Referentiedocument
ds	Op basis van droge brandstof (droge stof)
EGW	Emissiegrenswaarde
LCP	Large Combustion Plant
SCR	Selectieve katalytische reductie (selective catalytic reduction)
SNCR	Selectieve niet-katalytische reductie (selective non-catalytic reduction)

9 REFERENTIES

- 1 Activiteitenbesluit Milieubeheer, geldend van 01-07-2019 t/m heden, versie augustus 2019
- 2 ECN, 2015. "Eindadvies basisbedragen SDE+ 2015, hoofdstuk 8.3: Inzet van biomassa in kolencentrales"
- 3 PBL/Alterra, 2013. "Climate effects of wood used for bioenergy."



OVER DNV GL

DNV GL is een wereldwijd bedrijf voor kwaliteitsborging en risicobeheer. Vanuit haar streven leven, bezit en het milieu te beschermen stelt DNV GL organisaties in staat de veiligheid en duurzaamheid van hun activiteiten te bevorderen. DNV GL biedt classificering en technische borging, naast software en onafhankelijk, deskundig advies voor de maritieme, de olie- en gasindustrie, energiecentrales en de duurzame energiesector. Daarnaast biedt het bedrijf certificeringsservices en datamanagement voor klanten in uiteenlopende sectoren. Onze medewerkers zijn actief in meer dan 100 landen over de hele wereld en streven ernaar klanten te helpen de wereld veiliger, slimmer en groener te maken.