



Toelichting en achtergrondinformatie infographics gerelateerd aan houtige biomassa en koolstofvastlegging



Jan Oldenburger

Wageningen, januari 2019

Colofon

© Stichting Probos, Wageningen, januari 2019

Auteurs: Jan Oldenburger

Titel: Toelichting en achtergrondinformatie infographics gerelateerd aan houtige biomassa en koolstofvastlegging

Uitgever: Stichting Probos
Postbus 253, 6700 AG Wageningen
tel. 0317-46 65 55, fax 0317-41 02 47
mail@probos.nl
www.probos.nl

Financiering:
Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.
- Stichting Probos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoudsopgave

| | |
|---|----------|
| Voorwoord | 7 |
| Infographic 1: Hout als bron voor hernieuwbare energie | 8 |
| Infographic 2: Waar komt het hout voor energie nu vandaan? | 8 |
| Infographic 3: Houtige biomassa voor bij- en meestook | 8 |

Voorwoord

In dit document wordt een toelichting gegeven op drie infographics die door Stichting Probos en Studio Lakmoes met financiële ondersteuning van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, zijn ontwikkeld. Iedere infographic is afgebeeld en vervolgens wordt via tekstvakken de inhoud van de verschillende delen van de infographic toegelicht. Daarbij worden ook de achtergrondinformatie en de gehanteerde aannames gepresenteerd.

Infographic 1: Biomassa-oogst en bodemkwaliteit in bos

Biomassa-oogst en bodemkwaliteit in bos

De bodemkwaliteit is een belangrijk duurzaamheidsissue ten aanzien van het gebruik van houtige biomassa voor energie en materialen. Deze infographic geeft beknopt weer waarom dit issue met name op de arme(re) zandgronden in Nederland aandacht behoeft en op welke manier er in het bosbeheer rekening mee wordt gehouden.

Nutriënten cyclus niet in balans

In een natuurlijk bos (natuurlijk ecosysteem) zonder menselijke invloed is de nutriëntencyclus in balans. Deze natuurlijke cyclus is weergegeven aan de linkerkant van de infographic. Er worden nutriënten toegevoegd aan het systeem via depositie vanuit de lucht en vertering van gesteenten en er worden nutriënten afgevoerd via uitspoeling.

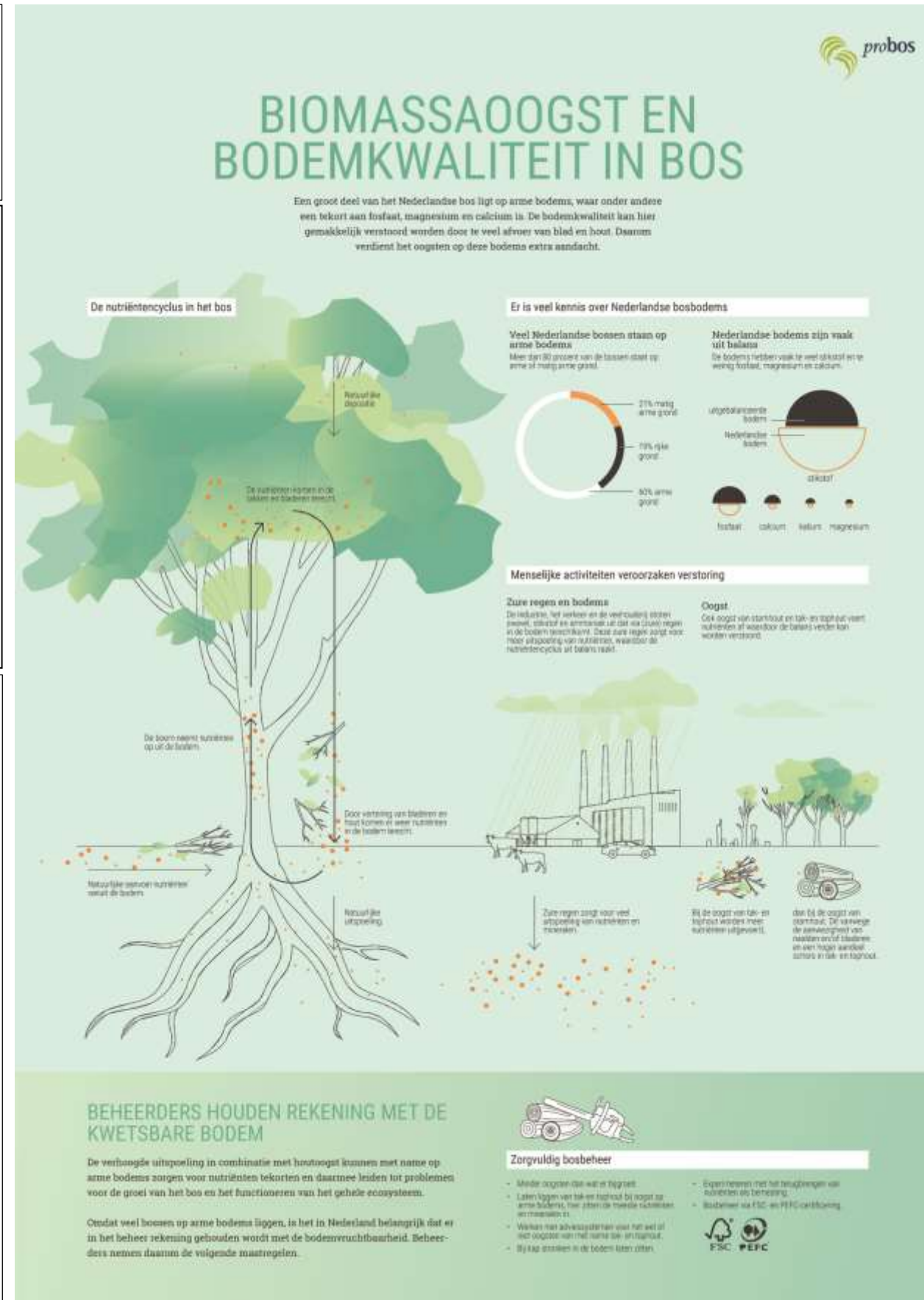
In Nederland, maar ook in grote delen van de rest van de wereld, is de nutriëntencyclus echter niet meer in balans. Door menselijke activiteiten (m.n. industrie, verkeer en veehouderij) worden zwavel, stikstof en ammoniak uitgestoten, wat vervolgens in de vorm van zure regen in de bodem terecht komt. Deze zure regen zorgt voor de uitspoeling van nutriënten en mineralen. Dit resulteert erin dat er in bijvoorbeeld de Nederlandse bossen een overmaat aan stikstof (N) aanwezig is, maar dat andere belangrijke macronutriënten, zoals calcium (Ca), kalium (K), magnesium (Mg) en fosfor (P), beperkt

Bossen op arme(re) zandgronden

Met name op arme(re) zandgronden zorgt de verhoogde uitspoeling van nutriënten en mineralen als gevolg van de zure regen tot tekorten en een grote onbalans in de nutriëntencyclus. Deze nutriënten zijn van belang voor het functioneren van het bos als ecosysteem (behoud van biodiversiteit) en voor de productiviteit (van hout) van het bos.

Gezien de historie van de bosaanleg, waarbij bossen met name zijn aangelegd om stuifzanden vast te leggen en marginale gronden tot nut te maken, is het niet verwonderlijk dat het Nederlandse bos met name op arme gronden voorkomt. 60% van het Nederlandse bos ligt op arme veen- en (met name) zandgronden. 21% van het bos bevindt zich op wat rijkere (matig arme) gronden. Slechts 19% van de bosbodems in Nederland kan als rijk worden beschouwd. Dit zijn de klei, leem en zavelgronden. De precieze verhouding tussen de bodemtypen is speciaal voor deze infographic via een GIS-analyse in beeld gebracht.

Het feit dat zoveel bos op arme bodems aanwezig is, zorgt ervoor dat de vruchtbaarheid van de bodem een belangrijk aandachtspunt is binnen het bosbeheer in Nederland. Het is niet voor niets dat dit onderwerp is opgenomen in de Nederlandse standaarden voor duurzaam bosbeheer van FSC en PEFC.



Oogst van hout in het bos

Ook bij het oogsten van hout uit het bos worden nutriënten en mineralen afgevoerd. Nutriënten en mineralen bevinden zich met name in de schors, dunne takken en naalden en bladeren van een boom. Hieruit kan worden afgeleid dat bij de oogst van tak- en top hout er relatief meer nutriënten en mineralen worden afgevoerd dan bij de afvoer van stamhout. Het gemiddelde gehalte van calcium in stamhout is bijvoorbeeld 1,5 gr/kg droge stof terwijl dat in tak- en top hout 3,0 gr/kg droge stof is. Bij oogst van tak- en top hout van naaldbomen is de afvoer vaak hoger dan bij loofhout, omdat op het moment van oogsten de loofbomen vaak geen blad hebben maar bij de naaldbomen ook een groot gedeelte van de naalden wordt afgevoerd. Beuk is een boomsoort waarbij ook in het stamhout, ten opzichte van andere boomsoorten, relatief hoge aandelen nutriënten en mineralen voorkomen.

De (macro)nutriënten

In de infographic worden vier belangrijke macro(nutriënten) weergegeven. Welke functie hebben deze nutriënten nu precies voor de groei van de bomen en het functioneren van het bos?

Calcium (Ca)

Bomen hebben calcium nodig voor de regulering van de wateropname en enzymactiviteit en calcium is bovendien nodig voor de stevigheid.

Magnesium (Mg)

Magnesium is voor bomen van belang voor de aanmaak van bladgroen en voor de fotosynthese.

Kalium (K)

Kalium is nodig voor de wateropname en het nutriëntentransport, de werking van enzymen en aanmaak van eiwitten. Een tekort aan K verhoogt de gevoeligheid voor schimmelinfecties, beïnvloedt de groei ongunstig en vermindert de droogte- en vorstresistentie.

Fosfor (P)

Een boom heeft fosfor nodig voor het stofwisselingsproces. Fosfor is een bestanddeel van enzymen en DNA.

Meer informatie

De Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE) heeft een brochure uitgegeven over houtoogst in relatie tot nutriëntenvoorraden in bossen op droge zandgronden. In deze brochure wordt op beknopte wijze beschreven hoe in het bosbeheer omgegaan kan worden met de aanvullende oogst van tak- en top hout in bossen op droge arme zandgronden.

Deze brochure is te downloaden via de website van de VBNE:

https://www.vbne.nl/productdetails/brochure_houtoogstennutriënten

Verantwoording

Deze infographic is ontwikkeld door Stichting Probos in samenwerking met Studio Lakmoes. Informatie is ingewonnen bij een drietal experts: Anjo de Jong, Wim de Vries (beiden Wageningen Environmental Research) en Martijn Boosten (Stichting Probos). De experts hebben daarnaast meegedacht en advies gegeven met betrekking tot de inhoud van de infographic.

Infographic 2: Boekhouden met bossen

Boekhouden met bossen

In deze infographic wordt een toelichting gegeven op de werking van de LULUCF-verordening (Land Use, Land Use Change and Forestry) en dan met name het onderdeel van bosbouw en bosbeheer daarbinnen. Meer kennis over de werking van de LULUCF-verordening schept onder andere meer duidelijkheid over de omgang met de CO₂ die wordt uitgestoten bij de verbranding van houtige biomassa binnen de emissieboekhouding. Als houtproducten worden gebruikt voor de productie van bio-energie, dan worden de emissies die het gevolg zijn van het verbranden van dit hout toegerekend aan het land waar het hout geoogst is op het moment van de oogst. Om dubbele telling van de emissies te voorkomen worden de emissies op het punt van verbranding van het hout voor energieproductie daarom geteld als 0, mits wordt voldaan aan criteria van duurzaam bosbeheer. Dit betekent het verbranden van het hout bij de energieproducent nog steeds als koolstofneutraal wordt geteld. De gerelateerde koolstofemissies worden verantwoord via de LULUCF-verordening.

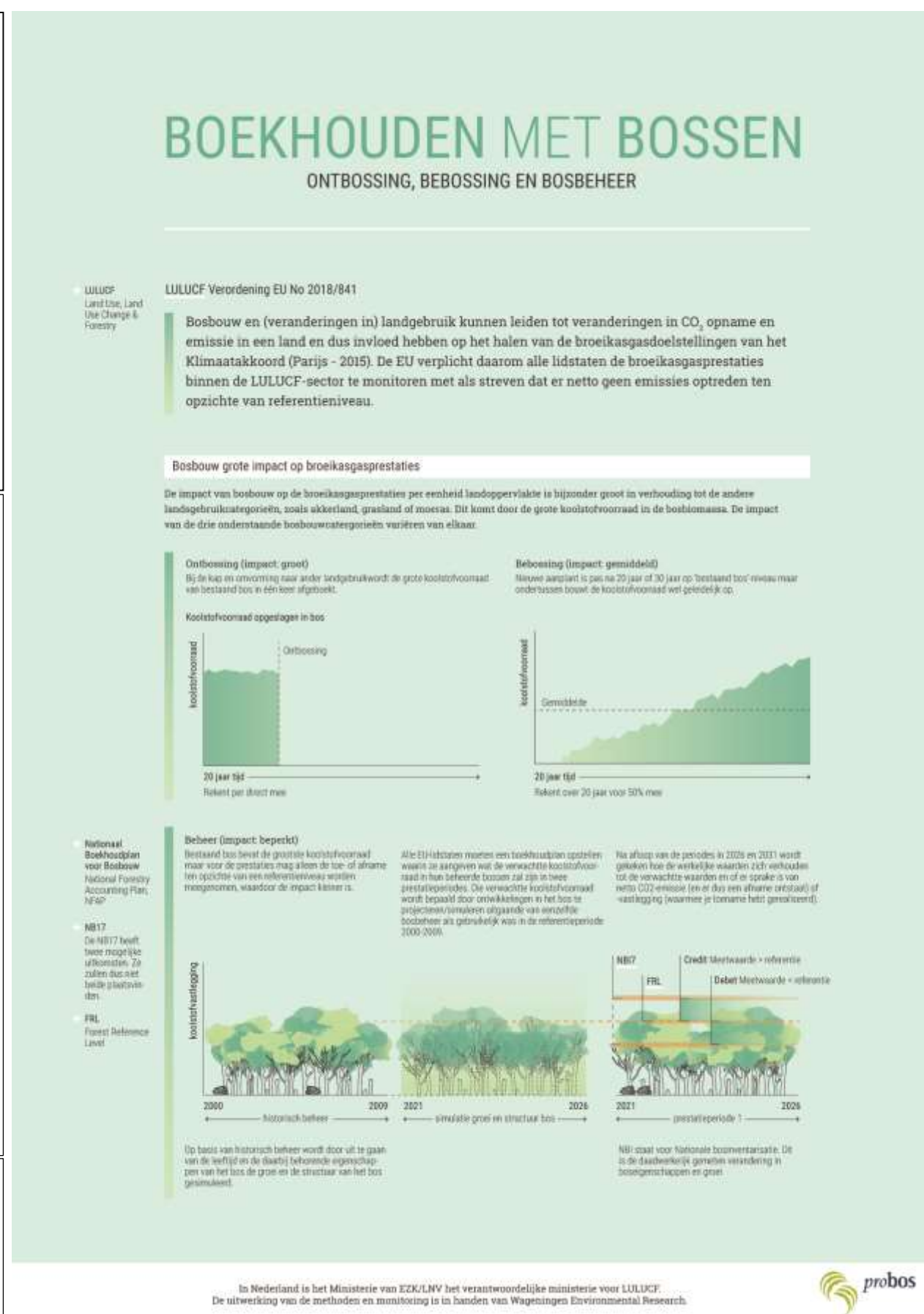
De LULUCF-verordening

In juli 2016 heeft de Europese Commissie (EC) een wetsvoorstel gepubliceerd voor het meenemen van de broeikasgasemissies en -opnamen door landgebruik, veranderingen in landgebruik en bosbouw (LULUCF) in zijn 2030 Climate and Energy Framework. Het Climate and Energy Framework streeft naar een totale emissiereductie voor alle sectoren samen van 40% tegen 2030 als onderdeel van het klimaat-akkoord van Parijs (Europese commissie 2016a: Verordening 479, UNFCCC 2015). In december 2017 is dit wetsvoorstel met enige aanpassingen door de lidstaten aangenomen. Het wetsvoorstel reguleert een "geen schuld"-doelstelling voor LULUCF (bos- en agrarische bodems) tegen een bosreferentieniveau en een boek-houdkundig raamwerk dat is bedoeld om het eventuele aanvullende mitigatiepotentieel mee te kunnen nemen. Op 14 mei 2018 heeft de Europese Raad deze verordening 479 voor de LULUCF-sector aangenomen onder het Climate and Energy Framework. Alle EU-lidstaten zijn verplicht te rapporteren.

In 2015 bedroeg de totale uitstoot van broeikasgassen in Nederland 202 Mt CO₂ equivalenten (eq.). De LULUCF sector nam daarvan 3,3% (6,7 Mt CO₂ eq.) voor haar rekening. In bossen wordt CO₂ vastgelegd en hebben daardoor negatieve emissies (-2,43 Mt CO₂ eq. in 2015). Bossen vormen een belangrijke component binnen de LULUCF-sector vanwege deze negatieve emissies en de grote koolstofvoorraad in bossen.

Ontbossing, bebossing en bosbeheer (1)

Ontbossing heeft de grootste negatieve impact op de emissies, omdat daarbij de grote koolstofvoorraad in het bos meteen wordt afgeboekt. De aanplant van nieuwe bossen (bebossing) zorgt voor een geleidelijke toename van de CO₂-opname als gevolg van de groei van de jonge bomen.



Ontbossing, bebossing en bosbeheer (2)

Deze toename in de CO₂-opname wordt meegenomen in de boekhouding tot het moment dat de koolstofvoorraad in het nieuwe bos op hetzelfde niveau is gekomen als de gemiddelde landelijke koolstofvoorraad per hectare bos.

De grote koolstofvoorraad in bestaand bos wordt niet meegenomen bij het berekenen van de broeikasgasprestaties. In plaats daarvan wordt voor de perioden 2021-2025 en 2026-2030 bepaald in welke mate de koolstofvoorraad is veranderd ten opzichte van een referentieniveau. Dit zogenaamde 'forest reference level' (FRL) wordt gebaseerd op het bosbeheer, zoals dat van toepassing was in de periode 2000-2009. De situatie richting de toekomst wordt vervolgens met behulp van een model gesimuleerd op basis van dit historische bosbeheer. Als de verwachting is dat de koolstofvoorraad zal stijgen binnen dit beheer, dan is de kans groot dat het oogstvolume ook stijgt en omgekeerd. In de jaren 2026 en 2031 worden de actuele veranderingen in de koolstofvoorraad in het bos vergeleken met het FRL. Een hogere werkelijke koolstofvoorraad ten opzichte van de FRL levert credits op en een lagere waarde resulteert in een debet. De actuele gegevens ten aanzien van de koolstofvoorraad in Nederland worden verzameld via de Nationale Bosinventarisatie (NBI). Op dit moment loopt de zevende NBI. In de periode 2017-2021 worden op meer dan 3.600 meetpunten verspreid over het land gegevens verzameld over de toestand van het bos.

Meer informatie en bronnen:

Wageningen Environmental Research berekent CO₂-emissies uit landgebruik en bosbouw: <https://www.wur.nl/nl/nieuws/Wageningen-Environmental-Research-berekent-CO2-emissies-uit-landgebruik-en-bosbouw-.htm>

Nationale rapportage 2017: Uitstoot broeikasgassen in Nederland in de periode 1990-2015: <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2017-0033.pdf>

LULUCF methodologie: https://www.wur.nl/upload_mm/3/b/9/896a9f57-3daf-4c0c-b64e-81142f0f90c3_WOt-technical%20report%202015%20webversie.pdf

Effects of the EU-LULUCF regulation on the use of biomass for bio-energy
<http://edepot.wur.nl/449788>

Nationale Bosinventarisatie: <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksinstituten/Environmental-Research/Projecten/Bosinventarisatie.htm>

Contactpersoon:

Eric Arets (Wageningen Environmental Research): 0317-487052

Verantwoording

Deze infographic is ontwikkeld door Stichting Probos in samenwerking met Studio Lakmoes. Belangrijke input is geleverd door Nico Bos (Ministerie LNV) en Eric Arets (Wageningen Environmental Research).

Infographic 3: Hout als hernieuwbare brandstof

Hout als hernieuwbare brandstof

In deze infographic wordt uitleg gegeven over de begrippen koolstofschaal, koolstofpariteit en wordt aangegeven welke factoren van invloed zijn op hoe lang het duurt voordat een eventuele koolstofschaal weer is ingelost.

Hout is een hernieuwbare brandstof

Hout wordt een hernieuwbare en klimaat neutrale brandstof genoemd vanuit het principe dat bomen bij de groei CO₂ opnemen. Deze CO₂ komt vrij als de bomen sterven of worden geoogst en worden ingezet als brandstof (direct of aan het eind van de levensduur van de producten die van het hout zijn gemaakt). De situatie komt dan weer in balans.

Bij de boordeling van de CO₂-neutraliteit van de inzet van hout als energiebron kun je verschillende uitgangspunten nemen:

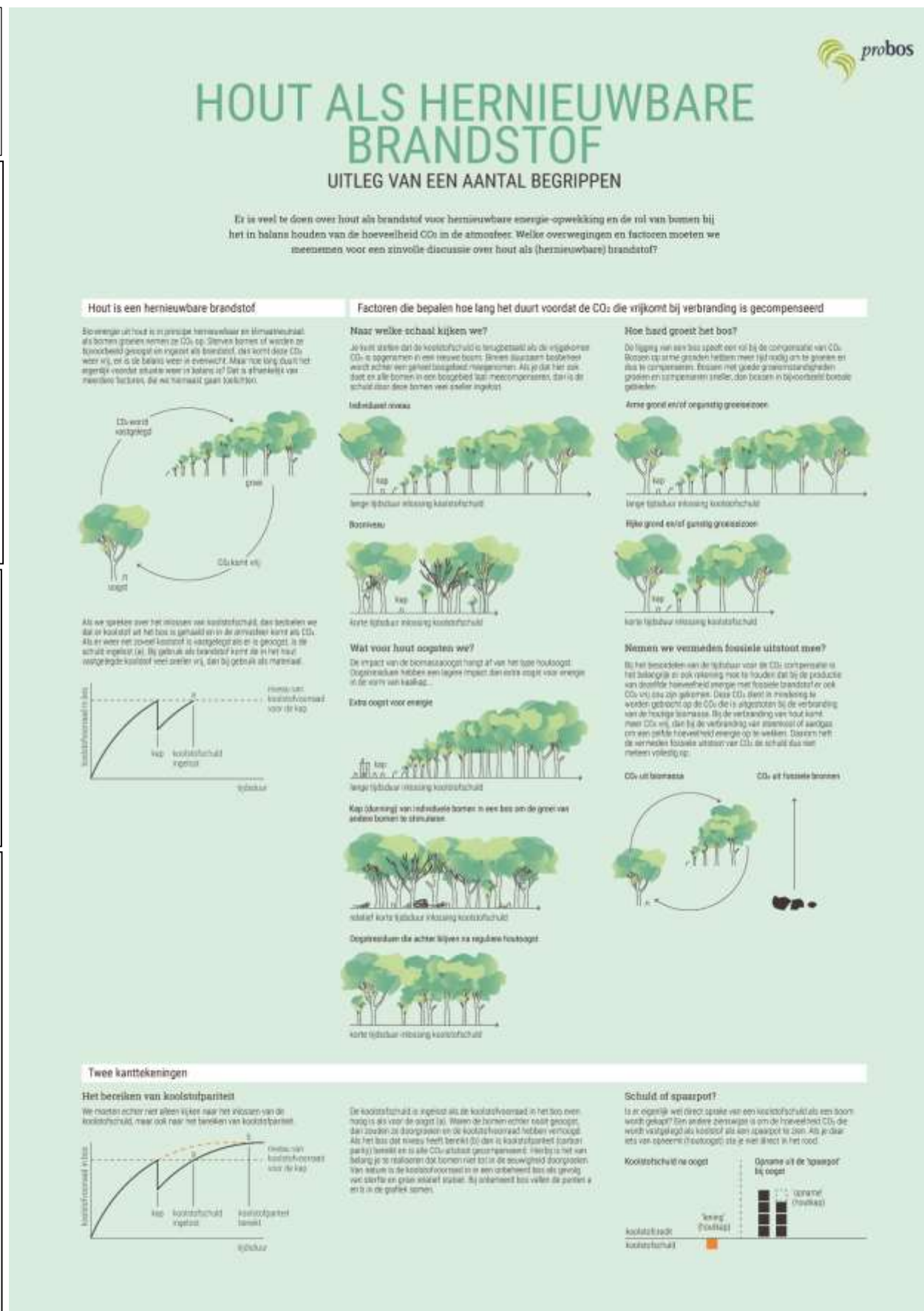
- Je kun ervan uitgaan dat je put vanuit een koolstofspaarpot (de boom heeft CO₂ vastgelegd en die neem je op) of;
- dat je een koolstofschaal aangaat (je neemt een CO₂ lening). Om neutraliteit te bereiken is het van belang dat de spaarpot weer wordt gevuld of dat de schuld weer wordt afgelost. Hoe lang dit duurt is afhankelijk van een aantal factoren.

Naar welke schaal kijken we?

Ten eerste is het van belang vast te stellen op welke schaal er gekeken wordt bij het compenseren van de CO₂-uitstoot. Wanneer op boomniveau wordt gekeken, dan duurt het veel langer voordat de CO₂ weer is opgenomen dan wanneer je een boswachterij, alle bos in een land of in bijvoorbeeld geheel Europa als uitgangspunt neemt. Duurzaam bosbeheer is er bijvoorbeeld op gericht dat er nooit meer wordt geoogst, dan er in een bepaalde periode bij kan groeien. Bossen in Europa leggen netto CO₂ vast, ondanks dat er jaarlijks hout wordt geoogst voor energie en materialen.

Wat voor hout oogsten we en hoe hard groeit het bos? (1)

Het type verse houtige biomassa, het gehanteerde beheer en de groeiomstandigheden zijn van invloed op hoe lang het duurt voordat CO₂-compensatie heeft plaatsgevonden ('carbon payback time'). Het Planbureau voor de Leefomgeving en Wageningen Environmental Research hebben in 2013 een studie uitgevoerd naar klimaateffecten van het gebruik van hout voor bio-energie. Op basis van gegevens uit op dat moment beschikbare wetenschappelijke literatuur en eigen modelberekeningen hebben zij onder andere op een rij gezet wat de carbon payback time is bij de productie van elektriciteit met verse houtige biomassa voor verschillende bronnen en typen biomassa in vergelijking met de inzet van steenkool en/of aardgas (figuur 1 op volgende pagina). De figuur maakt duidelijk dat de payback-termijnen sterk van elkaar verschillen; van enkele tot tientallen jaren voor oogst uit plantages en de oogst van oogstresiduen tot meer dan 300 jaar voor additionele oogst in boreale gebieden. Meer toelichting onder figuur 1 op de volgende pagina.



Wat voor hout oogsten we en hoe hard groeit het bos? (2)

Er zijn meerdere factoren aan te wijzen die van invloed zijn op de breedte van de range in carbon payback time:

- Welk type fossiele brandstof er vervangen wordt;
- De houteigenschappen, zoals het vochtgehalte en houtdichtheid;
- De boomsoortensamenstelling en het type oogstresiduen dat wordt toegepast;
- De huidige en toekomstige groeisnelheid van het bos.;
- Bosbeheer kan ervoor zorgen dat bossen sneller groeien en in die zin zorgen voor het reduceren van de payback-termijn;
- Voor oogstresiduen bepalen verschillende factoren de payback-termijn. Bijvoorbeeld de omvang van de beschikbare hoeveelheid binnen het bos, alternatieve toepassingen, etc.

Meer toelichting onder figuur 1 op de volgende pagina.

Koolstofpariteit

De koolstofschaal is ingelost of de spaarpot is weer gevuld indien de koolstofvoorraad in het bos hetzelfde niveau heeft bereikt als voor de houtoogst. Er moet echter rekening mee worden gehouden dat, als de bomen niet zouden zijn geoogst, ze doorgeweoid zouden zijn en dus CO₂ vastgelegd zouden hebben. De koolstofvoorraad zou daardoor zijn toegenomen tot hetzelfde niveau als wanneer de bomen zouden zijn doorgeweoid, dan is koolstofpariteit bereikt en is dus alle CO₂-uitstoot daadwerkelijk gecompenseerd.

Het is hierbij wel belangrijk er rekening mee te houden dat bomen in hun jeugd hard groeien, dat de groei afneemt naar mate ze ouder worden en dat de groei op een bepaald moment stopt en de boom langzaam afsterft. Als gevolg hiervan is in een natuurlijk bos met weinig verstoring de koolstofvoorraad stabiel. In de publicatie [Nabuurs et al., 2016](#) maken de auteurs duidelijk dat, wanneer je op Europese schaal kijkt, er met name sprake is van CO₂-compensatie richting pariteit en dat van een koolstofschaal bij het gebruik van hout als biobrandstof geen sprake is.

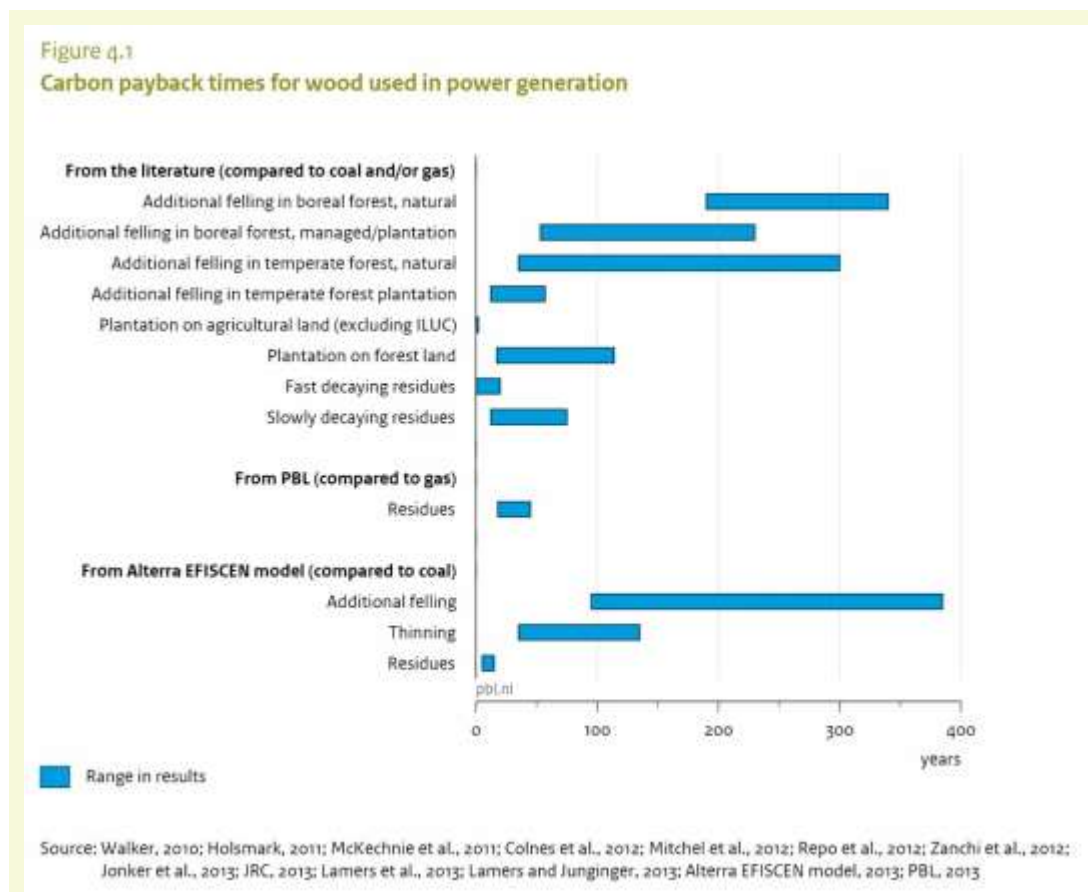
Nemen we vermeden fossiele uitstoot mee?

Bij het bepalen van de termijn waarover de CO₂-compensatie plaatsvindt, moet ook de vermeden uitstoot van CO₂ bij de verbranding van fossiele energie worden meegenomen. Daarbij moet echter rekening worden gehouden met het feit dat bij de productie van 1 kWh elektriciteit op basis van hout meer CO₂ wordt uitgestoten, dan wanneer er steenkool of aardgas zou zijn toegepast. In figuur 2 zijn de directe en indirecte emissiefactoren weergegeven voor de productie van elektriciteit met behulp van respectievelijk steenkool, aardgas en hout. De gegevens maken duidelijk dat de emissiefactoren bij de verbranding van hout aanzienlijk hoger liggen. Zeker in vergelijking met aardgas.

Verantwoording

Deze infographic is ontwikkeld door Stichting Probos in samenwerking met Studio Lakmoes. Belangrijke input is geleverd door Gert-Jan Nabuurs en Mart-Jan Schelhaas (Wageningen Environmental Research) en Bart Strengers (Planbureau voor de Leefomgeving).

Wat voor hout oogsten we en hoe hard groeit het bos?



Figuur 1

Tijdsduren voor de CO₂-compensatie (carbon payback times) bij de productie van elektriciteit met verse houtige biomassa voor verschillende bronnen en typen biomassa in vergelijking met de inzet van steenkool en/of aardgas.

Vertaling termen verticale as (boven naar beneden): Op basis van literatuur (vergeleken met steenkool en gas): Additionele oogst in boreaal bos, natuurlijk, Additionele oogst in boreaal bos, beheerd/plantage, Additionele oogst in gematigd bos, natuurlijk, Additionele oogst in gematigd bos plantages, Plantages op landbouwgrond (exclusief indirecte landgebruiksverandering), Plantages op bosgrond, Snel verterende oogstresiduen, Langzaam verterende oogstresiduen.

Afkomstig van PBL (vergeleken met aardgas): Oogstresiduen

Afkomstig van Alterra EFISCEN model (vergeleken met steenkool): Additionele oogst, Dunning, Oogstresiduen, allemaal in Europees bos.

Bron: Ros, J.P.M., J.G. van Minnen, E.J.M.M. Arets. 2013. Climate effects of wood used for bioenergy. PBL, Bilthoven en Alterra, Wageningen. <https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/PBL-2013-climate-effects-of-wood-used-for-bioenergy-1182.pdf>

- Het risico op lange payback-termijnen is het grootst wanneer de toegepaste biomassa afkomstig is uit additionele oogst (kaalkap) die volledig gericht is op levering richting bio-energie;
- Vanwege het feit dat de bossen in boreaal gebied langzamer groeien dan in gematigde streken is de payback-termijn langer in boreale gebieden, zeker bij additionele oogst. De range loopt uiteen van 190 tot 340 jaar;
- Voor de additionele oogst uit natuurlijke bossen in gematigde streken is de range breder dan bij natuurlijke boreale bossen (35 tot 300 jaar) maar kan de payback-termijn ook aanzienlijk korter zijn;
- Payback-termijnen zijn aanzienlijk korter bij additionele oogst van houtige biomassa uit plantage-bossen dan bij additionele oogst uit natuurlijk bos;
- Het aanleggen van nieuwe bossen op marginale landbouwgronden is om deze reden zeer effectief voor het realiseren van korte payback-termijnen. Het is dan natuurlijk wel belangrijk dat er geen indirecte landgebruiksverandering en verdringing van voedselproductie optreedt;
- De payback-termijnen zijn ook korter bij het gebruik van houtige biomassa uit dunning (thinning) (oogst van individuele bomen);
- Het type verse houtige biomassa dat wordt gebruikt is ook van invloed op de payback-termijn. Bij het gebruik van rondhout is de payback-termijn langer dan bij toepassing van oogstresiduen (0 – 74 jaar). Daarbij dient wel rekening gehouden te worden met andere randvoorwaarden, zoals biodiversiteit en bodemvruchtbaarheid.

Er zijn meerdere factoren aan te wijzen die van invloed zijn op de breedte van de range:

- Welk type fossiele brandstof er vervangen wordt. Het vervangen van steenkool door hout resulteert in een veel kortere payback-termijn dan de vervanging van aardgas (zie hieronder en figuur 2 voor een toelichting);
- De houteigenschappen, zoals het vochtgehalte en houtdichtheid. Minder vocht en een hogere dichtheid betekent een hogere energie-inhoud;
- De boomsoortensamenstelling en het type oogstresiduen dat wordt toegepast (bijv. langzaam of snel verterend);
- De huidige en toekomstige groeisnelheid van het bos. Het gebruik van hout uit jonge nog steeds snel groeiende bossen resulteert in langere payback-termijnen dan bij oogst uit ouder, langzamer groeiend bos. Vanuit klimaatperspectief (emissiereductie) kan het efficiënter zijn de bomen in het bos te laten staan in plaats van ze te oogsten voor de productie van bio-energie;
- Bosbeheer kan ervoor zorgen dat bossen sneller groeien en in die zin zorgen voor het reduceren van de payback-termijn in vergelijking met de situatie in onbeheerde bossen;
- Voor oogstresiduen bepalen verschillende factoren de payback-termijn. Gedacht moet worden aan de omvang van de beschikbare hoeveelheid binnen het bos, het type oogstresidu (snel verterend: schors, takken en bladeren; langzaam verterend: stamhout en stobben), en het alternatieve gebruik (natuurlijke vertering of verbranding in het terrein).

Nemen we vermeden fossiele uitstoot mee?

Table 4.1

| Process | Resource | Conversion efficiency (%) | Emission factor g CO ₂ /kWh electricity | |
|--------------------------------------|-------------------|---------------------------|--|-------------------------|
| | | | Direct | Indirect |
| Power generation | Coal (anthracite) | 35 – 50 | 700 – 1000 | 50 – 100 ¹ |
| | Natural gas | 45 – 60 | 350 – 450 | 50 – 150 ^{1,2} |
| | Wood | 30 – 40 ⁴ | 1000 – 1300 | 10 – 100 ³ |
| Production of liquid transport fuels | | | Emission factor g CO ₂ /MJ fuel | |
| | | | Fuel production (direct + indirect) | Combustion in transport |
| | Oil | 80 – 85 | 10 – 15 | 72 – 74 |
| | Wood | 45 – 60 | 70 – 150 ⁵ | 72 – 74 |

1 GWP₁₀₀ for methane; in case of GWP₂₀, the value of coal can double and that of gas almost triple

2 strongly dependent on location of gas resource and distribution

3 for wood pellets higher than for wood chips; for waste wood negligible; no methane formation in storage assumed

4 for co-firing in coal plants up to 10% to 15%; the efficiency is about the same as for coal

5 based on data on gasification: a relevant part of the carbon does not end up in the biofuel but is emitted during the gasification process

Figuur 2

De tabel hierboven geeft een overzicht van (de range in) emissiefactoren van verschillende technologieën en typen ingezette brandstof. Bij de productie van elektriciteit hebben directe emissies betrekking op de verbrandingsprocessen die optreden binnenin de energiecentrale. De indirecte emissies hebben betrekking op de winning en het transport van de brandstoffen. Voor hout gaat het dan om het bosbeheer, oogst, transport en voorbereiding. In de productieketen van transportbrandstoffen genereert de productie van vloeibare transportbrandstoffen ook directe emissies.

Bron: Ros, J.P.M., J.G. van Minnen, E.J.M.M. Arets. 2013. Climate effects of wood used for bioenergy. PBL, Bilthoven en Alterra, Wageningen. <https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/PBL-2013-climate-effects-of-wood-used-for-bioenergy-1182.pdf>