



CO₂-balans BWI Lage Weide



CE Delft

Committed to the Environment

CO₂-balans BWI Lage Weide

Delft, CE Delft, juni 2016, versie 4

Deze notitie is opgesteld door:
CE Delft

CE Delft
Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 35 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



1 Inleiding

Eneco Solar, Bio & Hydro BV wil een biomassagestookte installatie voor de productie van heet water voor de stadsverwarmingsnetwerken in Utrecht en Nieuwegein realiseren, de zogenaamde BWI (BioWarmte Installatie) Lage Weide.

Eneco wil graag inzicht in de mate waarin deze BWI Lage Weide en de als brandstof toe te passen houtachtige biomassa passen bij de duurzaamheidsambities van Eneco. Om die reden is door Eneco aan CE Delft gevraagd een vooronderzoek duurzaamheid uit te voeren aan de hand van NTA8080 (versie 2015) en het biomassacharter voor biomassa-projecten van Eneco zelf.

Als onderdeel van het vooronderzoek is een CO₂-balans opgesteld conform de in de NTA8080-1:2015 voorgeschreven methodiek Broeikasgasbalans en minimale reductie van broeikasgasemissies (NTA § 6.2.1). De resultaten van de CO₂-balans zijn in deze notitie vervat.

2 Beschouwde initiatief

De BioWarmte Installatie (BWI) Lage Weide gaat volgens de plannen van Eneco gerealiseerd worden in twee fasen van elke ~30 MW. Elke fase zal bestaan uit één roosteroven waarin houtshreds en houtchips zullen worden verstoekt. Beide fasen zullen ~30 MWth aan warmte leveren in de vorm van heet water van 140°C. Door toepassing van een rookgascondensor en een warmtepomp bedraagt het thermisch rendement van de centrale ~107% op onderwaarde.

Een schematische weergave van de installatie is opgenomen in Figuur 1.

Er zullen een aantal laagwaardige biomassastromen worden gebruikt als brandstof:

- Voornamelijk:
 - snoeihout uit landschapsbeheer (groenstromen);
 - overtollige zogenaamde houtshreds uit compostering
- Een beperkt aandeel
 - takken en toppen vrijkomend als reststroom bij eindkap¹ in beheerd bos. Het betreft het bovenste deel en de kleinere takken van gekapte bomen. Deze takken en top hebben een diameter kleiner dan 10-7 cm.

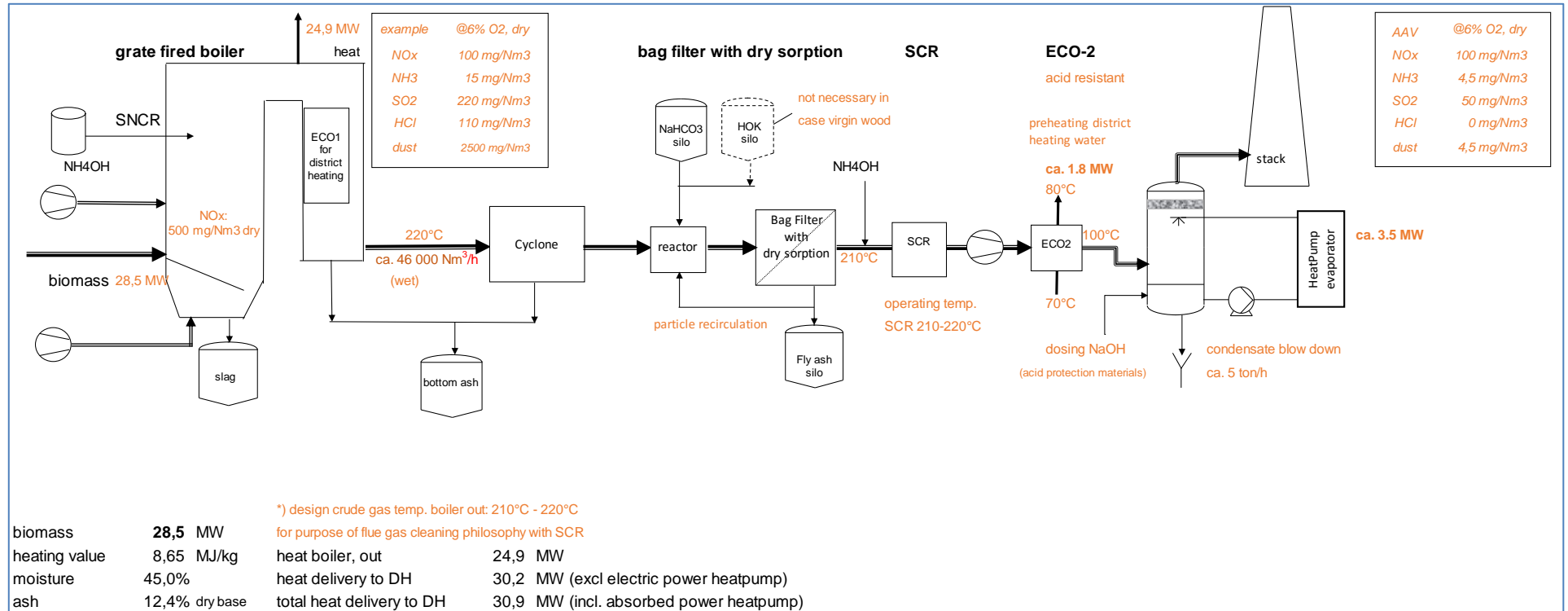
Voorlopig uitgangspunt is dat tak- en tophout hoofdzakelijk wordt betrokken van Staatsbosbeheer. Staatsbosbeheer heeft een managementsysteem ontwikkeld gericht op voorkomen, of in ieder geval zoveel mogelijk minimaliseren, van nadelige effecten van afvoer van tak- en tophout op de bodemkwaliteit van het beheerde bosareaal, zoals verschraling en afname van de hoeveelheid koolstof in bodemorganische stof (en strooisellaag). Het laatste aspect is in deze CO₂-balans meegenomen.

De biomassa wordt binnen een gebied met een gemiddelde afstand van 100km en op een maximale afstand van 175 km vanaf Lage Weide per vrachtwagen aangevoerd.

¹ Mondeling verstrekte informatie van de heer Erwin Al van Staatsbosbeheer.



Figuur 1 Schematische weergave van de BWI Lage Weide



Bron: (Basis of Design BWI Lage Weide, Tebodin, 2015).

Bij realisatie van de BWI fase 1 ~30MW zal minder warmte hoeven te worden geproduceerd met gas door de stadsverwarming STEG-centrales Lage Weide 6 (LW06) en Merwedekanaal 12 (MK12). Beide centrales zullen samen ongeveer 116.000 MWh_e respectievelijk 122.000 MWh_{th} minder aan elektriciteit en warmte produceren.

Daarnaast zal circa 72.000 MWh_{th} minder warmte hoeven te worden geproduceerd door de gasgestookte hulpwarmteketels. Deze hulpwarmteketels worden gebruikt om piekvragen op het warmtenet te helpen opvangen. Vanwege de aard van de hulpwarmteketels is het energetisch rendement van deze hulpwarmteketels met 80% suboptimaal.

De verdringing van gasgestookte warmteopwekking door de productie van duurzame warmte door de BWI zorgt volgens Eneco voor een toename van het EOR rendement van stadverwarming van 125% naar 150-160%. Eneco schat in dat door vergroening van het warmtenetwerk en daarmee het ter beschikking gestelde warmteproduct met een hoog EOR rendement zal leiden tot een groei in aansluiting op het stadsverwarmingsnetwerk. Er wordt naar schatting van Eneco 19.000 MWh_{th} aan warmteproductie met een CV-ketel (rendement 90%) gesubstitueerd.

Bij realisatie van de BWI fase 1+2 zal nog minder warmte hoeven te worden geproduceerd met gas. De STEG-centrales Lage Weide 6 (LW06) en Merwedekanaal 12 (MK12) zullen samen ongeveer 208.000 MWh_e respectievelijk 218.000 MWh_{th} minder aan elektriciteit en warmte produceren. De gasgestookte hulpwarmteketels zullen circa 187.000 MWh_{th} minder warmte hoeven te produceren. De substitutie van warmteproductie met een CV ketel blijft naar huidige inschatting gelijk aan 19.000 MWh_{th}.

Bij het verbrandingsproces in de BWI wordt elektriciteit gebruikt voor procesapparatuur als ventilatoren en pompen, en voor het aandrijven van de warmtepomp. Eneco heeft aangegeven dat voor deze eigen consumptie elektriciteit uit hernieuwbare bronnen zal worden ingekocht.

Bij het verbrandingsproces worden in de rookgasreiniging diverse chemicaliën gebruikt, zoals NH₃/NH₄OH (ammoniak) en NaHCO₃ (natriumbicarbonaat). De productie daarvan veroorzaakt indirect enige broeikasgasemissies. Bij gebruik van natriumbicarbonaat zal door ontleding van deze verbinding ook fossiele CO₂ worden gevormd.

3 Broeikasgasbalans methodiek en model

3.1 Beschouwde soorten emissies

De evaluatie van de broeikasgasbalans is uitgevoerd conform de in de Renewable Energy Directive en NTA8080 gedefinieerde methodiek. In het volgende tekstvak is een overzicht gegeven van de beschouwde emissies.

Broeikasgasemissies door de productie en het gebruik van biobrandstoffen en vloeibare biomassa moeten als volgt worden berekend:

$$E = e_{ec} + e_l + e_p + e_{td} + e_u - e_{sca} - e_{ccs} - e_{ccr} - e_{ee}$$

waarbij:

- E = de totale emissies ten gevolge van het gebruik van de brandstof uitgedrukt in gram CO₂-equivalent per MJ brandstof (g CO₂-eq./MJ);



- eec = emissies ten gevolge van de teelt of het ontginnen van grondstoffen is;
- el = de op jaarbasis berekende emissies van wijzigingen in koolstofvoorraden door veranderingen in landgebruik;
- ep = emissies ten gevolge van verwerkende activiteiten;
- etd = emissies ten gevolge van vervoer en distributie;
- eu = emissies ten gevolge van de gebruikte brandstof;
- esca = emissie of emissiereductie door verandering van koolstofaccumulatie in de bodem als gevolg van verandering in landbouwbeheer;
- eccs = emissiereductie door het afvangen en geologisch opslaan van koolstof;
- eccr = emissiereductie door het afvangen en vervangen van koolstof;
- eee = emissiereductie door extra elektriciteit door warmtekraftkoppel.

Conform de methodiek wordt ook veranderingen in koolstofvoorraden vastgelegd in bodem en strooisellaag verdisconteerd. Zie ook Bijlage A en Bijlage B voor meer achtergrondinformatie.

De in het kader van deze CO₂-balans uitgevoerde berekeningen van eventuele verandering in koolstofvoorraden vastgelegd in bodem en strooisellaag zijn ter controle en bediscussieering voorgelegd aan experts op gebied van bosbeheer en koolstofbalansen voor beheerd bos.

Veranderingen in vegetatie zijn niet beschouwd, aangezien de te verstoken biomassa geen commercieel waardevolle houtstromen betreft die van invloed is op de wijze van landschapsbeheer.

Emissiereductie door het afvangen en geologisch opslaan van koolstof, door afvangen en vervangen van koolstof en door extra elektriciteitsproductie uit warmtekraftkoppel zijn evenmin relevant.

3.2 Gebruikt spreadsheetmodel

Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van het Biograce II spreadsheet-model². Het gebruik van de Biograce II spreadsheet is verplicht bij certificering onder NTA8080.

De BioGrace-tools zijn Europees geharmoniseerde berekeningsinstrumenten voor de broeikasgasemissies. De BioGrace II-tool volgt de berekenings-werkwijze zoals opgenomen in COM(2010)11 en SWD(2014)259 door de EU gepubliceerde beleidsdocumenten.

3.3 Gehanteerde standaard emissiefactoren

In Tabel 1 is een overzicht gegeven van de in deze globale analyse beschouwde hulpstoffen, energiedragers en transporten en de voor deze zijketens gehanteerde emissiefactoren.

Tabel 1 Gehanteerde emissiefactoren

	kg CO ₂ - eq./eenheid	Eenheid	Bron
Aardgas	72	GJ	Biograce II
Elektriciteit	0	GJ	Hernieuwbare elektriciteit
Stoom van STEG's	45	GJ	Berekend, conform NTA 8080-methodiek
Stoom van HWK's	82	GJ	Berekend, conform NTA 8080-methodiek
Diesel	94	GJ	Biograce II

² Zie: www.biograce.net/biograce2/



Wegtransport chips	79	1.000 ton/km	Biograce II
NH ₄ OH	1.241	ton	Biograce II
NaHCO ₃	1.268	ton	Biograce II
NaOH	765	ton	Biograce II

Voor emissiefactoren per eenheid hulpstof of energiedrager is gebruik gemaakt van de standaard factoren in Biograce II.

De door de BWI Lage Weide geleverde warmte vervangt zoals aangegeven in Hoofdstuk 2 deels warmte die anders door STEG-centrales Lage Weide 6 (LW06) en Merwedekanaal 12 (MK12) en deels warmte die anders door de hulpwarmteketels zou zijn opgewekt.

De door de STEG geleverde warmte gerelateerde CO₂-emissie is berekend conform de in de NTA8080 voorgeschreven formule:

$$EC_h = \frac{E_p}{\eta_h} \left(\frac{C_h \times \eta_h}{C_{el} \times \eta_{el} + C_h \times \eta_h} \right)$$

Met:

EC_h = De totale broeikasgasemissie van het energie-eindproduct is, namelijk verwarming, uitgedrukt in termen van gram CO₂-equivalent per MJ energie-eindproduct (g CO₂-eq./MJ).

E_p = De totale emissie ten gevolge van de productie van brandstof vóór de energieomzetting is (g CO₂-eq./MJ). In deze studie is conform de standaard emissiefactoren uit Biograce I uitgegaan van een waarde van 67,6 kg CO₂-eq./GJ.

η_h = Het thermische rendement is, gedefinieerd als de jaarlijks geproduceerde nuttige warmteoutput, te weten de warmte die wordt opgewekt om aan een economisch gerechtvaardigde vraag om warmte te voldoen, gedeeld door de jaarlijkse brandstofinput. Volgens opgave van Eneco bedraagt het jaargemiddelde thermische rendement van beide STEG's 31%.

η_{el} = Het elektrische rendement is, gedefinieerd als de jaarlijks geproduceerde elektriciteit gedeeld door de jaarlijkse brandstofinput. Volgens opgave van Eneco bedraagt het jaargemiddelde thermische rendement van beide STEG's 41%.

C_{el} = De exergiefractie in de elektriciteit is, of een andere energiedrager die geen warmte is, vastgelegd op 100% ($C_{el} = 1$).

C_h = Het Carnotrendement is (de exergiefractie in de nuttige warmte). Het Carnotrendement, C_h , voor nuttige warmte bij verschillende temperaturen is:

$$C_h = \frac{T_h - T_0}{T_h}$$

Waarin:

T_h = De temperatuur, uitgedrukt in graden kelvin, van de nuttige warmte is op de plek waar de warmte als eindenergie wordt afgegeven. Voor de warmtenetten waarop de BWI zal worden aangesloten is dit 105°C.

T_0 = De omgevingstemperatuur is, vastgesteld op 273° Kelvin (= 0°C).

De emissiefactor voor warmte geleverd door de hulpwarmteketels is berekend door de emissiefactor voor aardgas te delen door het rendement van de ketels



van 82% (data van Eneco). Voor CV-ketels is uitgegaan van een rendement van 90%, conform Protocol Monitoring Hernieuwbare Energie³.

3.4 Schatten van (eventuele) afname van koolstofvoorraden in strooisellaag en bodem

Achtergrond, koolstofbalansen in bos

Conform modellen voor koolstofcycli in bossen zal tak- en tophout dat bij dunning of eindkap in een bos word achtergelaten als strooisel en dood hout deels worden omgevormd tot bodemorganische stof en humus.

Omgekeerd zou afvoer van tak- en tophout voor gebruik in verbrandingsinstallaties volgens bovenstaand model moeten worden gerelateerd aan een additionele emissie van CO₂ naar de atmosfeer. Door afvoer van tak- en tophout kan geen vastlegging van een deel van de koolstof in het tak- en tophout in strooisel en bodem meer plaatsvinden, zoals in de referentiesituatie wel zou optreden.

Oogst van tak- en tophout voor energietoepassingen zal sowieso leiden tot een afname in de hoeveelheid koolstof vastgelegd in strooisel - er wordt immers strooisel geoogst.

Oogst van tak- en tophout zal volgens modellen voor koolstofcycli in bossen ook leiden tot een afname van de hoeveelheid koolstof in bodemorganische stof.

De mate waarin de hoeveelheid koolstof vastgelegd in bodemorganische stof afneemt is echter erg onzeker en hangen sterk af van aspecten als lokale waterhuishouding, omvang van het terrein waarop eindkap heeft plaatsgevonden en de mate waarin dit terrein wordt blootgesteld aan zoninstraling. In de praktijk wordt bij afvoer van tak- en tophout niet altijd een afname van de koolstofvoorraad in de bodem vastgesteld (zie Bijlage A). Resultaten van modelmatige berekeningen zoals uitgevoerd in deze analyse blijken vaak af te wijken van de praktijk.

Toegepaste methodiek

Voor de verandering in strooisel is de daarvoor gangbare relatie gehanteerd: $Y_i = Y_0 \cdot e^{-k \cdot t}$. Hierin is k een diameter en houtsoort afhankelijke parameter en is t de tijd in jaar. Er is uitgegaan van tak- en tophout van grove den, de meest gekapte boomsoort in Nederland.

Voor een diameter van 7 cm bedraagt de verteringsperiode ongeveer 20 jaar (18-23 jaar) en bedraagt de overeenkomstige afbraaksnelheid $k = 0,1 - 0,13$ 1/jaar.

De verteringsperiode is hierbij de tijdsduur waarop nog 10% van het oorspronkelijke hout over is.

Voor twijgjes van 3 cm diameter zou de verteringsperiode 10-21 jaar bedragen ($k = 0,26 - 0,11$ 1/jaar).

Het voor het benaderen van de bodemorganische stof dynamiek toegepast model is gebaseerd op het Roth C-model. Roth C maakt het mogelijk effect van kleigehalte direct mee te nemen in afbraakberekeningen.

Roth C is een gerenommeerd model voor het benaderen van de koolstofdynamiek in bodems dat onder andere wordt toegepast in de door de Vlaamse overheid uitgegeven Koolstofsimulator en Fullcam, het voor de Australische

³ Zie <http://www.rvo.nl/file/protocol-monitoring-hernieuwbare-energie-2015pdf>



overheid ontwikkelde model voor de simulatie van koolstofkringlopen op het Australische continent.

Aanvullende informatie is te vinden in Bijlage B.

4 Resultaat

De resulterende broeikasgasbalansen voor BWI fase 1 (~30 MW) en voor BWI fase 1+2 (~60MW) zijn voor tak- en tophout en voor snoeihout en shreds apart gegeven in respectievelijk Figuur 2 en Figuur 3.

Tak- en tophout

De keten voor tak- en tophout begint bij verzamelen van het hout na dunning of eindkap. Er is rekening gehouden met afname van koolstof in strooisel en bodem.

Het geogste resthout wordt door de bosbeheerder op locatie in het bos ter plekke versnipperd en vervolgens per vrachtwagen naar de BWI Lage Weide getransporteerd. De snippers worden verbrand voor productie van warm water en substitueren warmte van STEG's en hulpwarmteketels.

Figuur 2 Broeikasgasbalans voor tak- en tophout (30MW en 60MW)

30 MW casus

Per GJ tak en tophout

			consumptie	emissie factor	kg CO2-eq /GJ biomassa	ktonCO2-eq /jaar	
MJ	14	Diesel	0,014	X 94	= 1,4	1,0	
		Directe emissies - strooisel - bodem			10,3	7,3	
					5,8	4,1	
MJ	4	Elektriciteit	0,004	X 0	= 0,0	0,0	
ton*km	12	Transport over weg (106 km)	0,012	X 79	= 1,0	0,7	
MJ	48	Elektriciteit	0,05	X 0	= 0,0	0,0	
kg	1,1	NH4OH	1,1E-03	X 310	= 0,3	0,2	
kg	0,4	NaHCO3	3,8E-04	X 982	= 0,4	0,3	
kg	0,0	NaOH	2,6E-05	X 765	= 0,0	0,0	
					19,1	13,6	
		Warmte 1,07 GJ					
Referentie	huidige referentie	Warmte HWK's	-0,36	X 90	= -32,5	-23,1	Warmte HWK's
		Warmte CV-ketel	-0,09	X 80	= -7,5	-5,4	Warmte CV-ketel
		Warmte centrale ketel	0,00	X 80	= 0,0	0,0	Warmte centrale ketel
		Warmte STEG's	-0,62	X 38	= -23,2	-16,5	Warmte STEG's
					-63,2	-44,9	

Netto reductie			
- wel afname strooisel/bodemorganische stof (B.O.S.)	70%	-31,3	ktonCO2-eq /jaar
- geen afname bodemorganische stof	79%	-35,4	ktonCO2-eq /jaar



				consumptie	emissie factor	kg CO2-eq /GJ biomassa	ktonCO2-eq /jaar			
MJ	14	Diesel	Bosbouw en dunnen	0,014	X	94	=	1,4	1,9	
		Directe emissies - strooisel - bodem						10,3	14,7	
								5,8	8,2	
MJ	4	Elektriciteit	Chippen	0,004	X	0	=	0,0	0,0	
ton×km	12		Transport over weg 106 km	0,012	X	79	=	1,0	1,4	
MJ	48	Elektriciteit	BWI Lage Weide	0,05	X	0	=	0,0	0,0	
kg	1,1	NH4OH		1,1E-03	X	310	=	0,3	0,5	
kg	0,4	NaHCO3		3,8E-04	X	982	=	0,4	0,5	
kg	0,03	NaOH		2,6E-05	X	765	=	0,0	0,0	
								19,1	27,2	
Referentie	huidige referentie		Warmte 1,07 GJ							
		Warmte HWK's	-0,47 GJ	-0,47	X	90	=	-42,4	-60,3	Warmte HWK's
		Warmte CV-ketel	-0,05 GJ	-0,05	X	80	=	-3,8	-5,4	Warmte CV-ketel
		Warmte centrale ketel	0,00 GJ	0,00	X	80	=	0,0	0,0	Warmte centrale ketel
		Warmte STEG's	-0,55 GJ	-0,55	X	38	=	-20,8	-29,5	Warmte STEG's
								-66,9	-95,2	
Netto reductie										
		- wel afname strooisel/bodemorganische stof (B.O.S.)				71%			-67,9	ktonCO2-eq '/jaar
		- geen afname bodemorganische stof				80%			-76,1	ktonCO2-eq '/jaar

Zoals aangegeven is de netto reductie in broeikasgasemissies $\geq 70\%$, ook wanneer afname van koolstof in strooisel en bodem worden verdisconteerd. Wanneer geen afname van koolstofvoorraden in de bodem optreedt is het reductiepercentage bijna 80%.

Snoeihout en shreds

De keten voor beide houtstromen begint bij vrijkomen van het materiaal bij landschapsonderhoud en nabehandeling van compost op de locatie van de groenverwerker. Er hoeft dus geen rekening gehouden te worden met afname van koolstof in strooisel en bodem.

Het resthout wordt door de groenverwerker in dit geval ter plekke versnipperd/geschred/uitgezeefd en vervolgens per vrachtwagen naar de BWI Lage Weide getransporteerd. De snippers en shreds worden verbrand voor productie van warm water en substitueren warmte van STEG's en hulpwarmteketels.

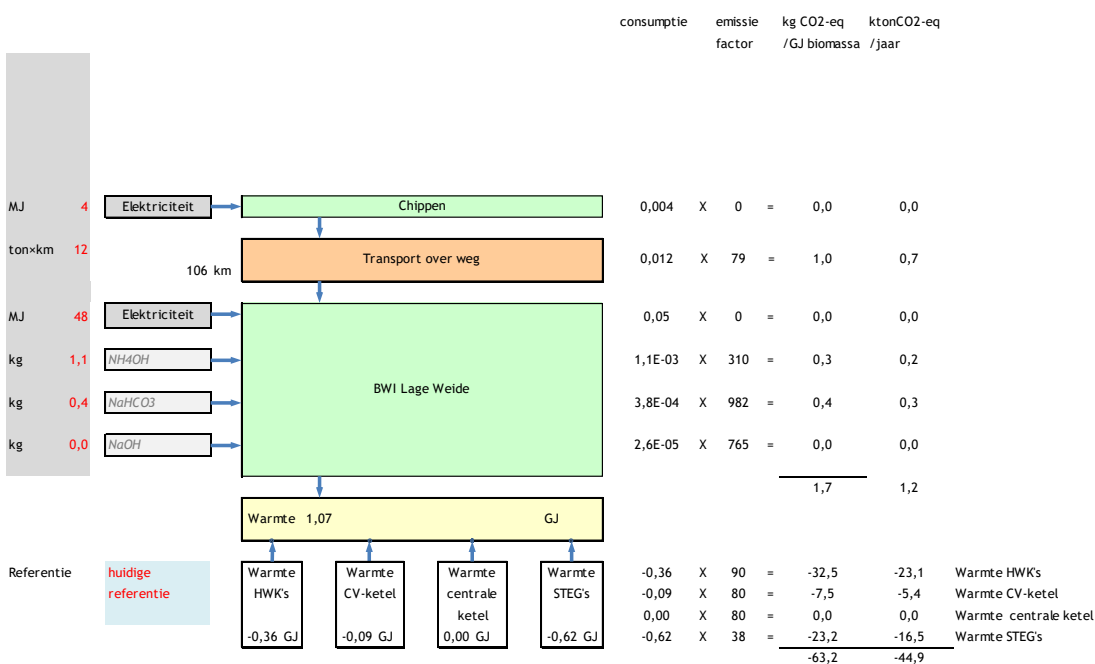
Zoals aangegeven in Figuur 3 worden netto broeikasgasemissies uitgespaard met een reductiepercentage van $>95\%$.



Figuur 3 Broeikasgasbalans voor snoeihout en shreds (30MW en 60MW)

30 MW casus

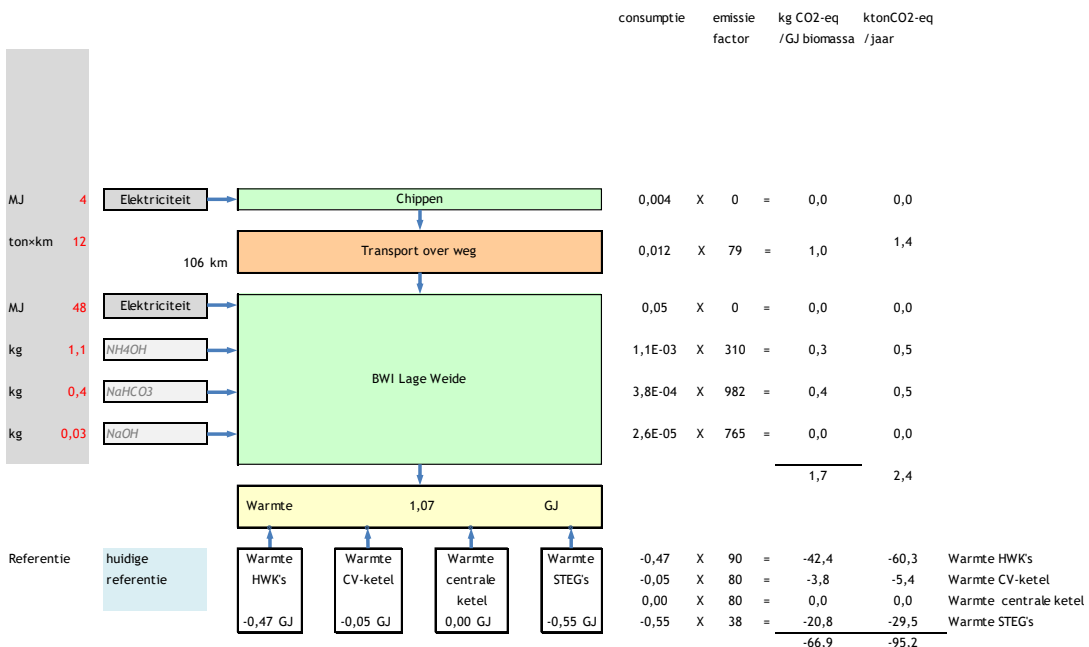
Per GJ shreds en houtsnippers uit landschapsbeheer



Netto reductie			
- wel afname strooisel/bodemorganische stof (B.O.S.)	97%	-43,7	ktonCO2-eq /jaar
- geen afname bodemorganische stof	97%	-43,7	ktonCO2-eq /jaar

60 MW casus

Per GJ shreds en houtsnippers uit landschapsbeheer



Netto reductie			
- wel afname strooisel/bodemorganische stof (B.O.S.)	97%	-92,8	ktonCO2-eq /jaar
- geen afname bodemorganische stof	97%	-92,8	ktonCO2-eq /jaar



Bijlage A Bodemorganische stof

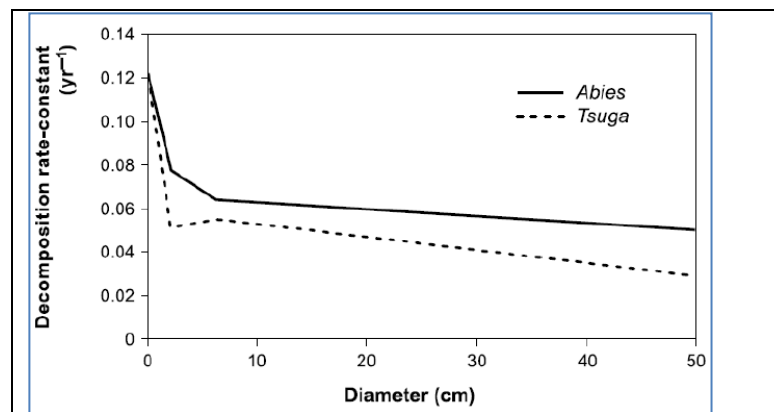
A.1 Tak- en tophout in de koolstofcyclus in modelmatige beschouwingen

Conform modellen voor koolstofcycli in bossen zal tak- en tophout dat bij dunning of eindkap in een bos word achtergelaten als strooisel en dood hout deels worden omgevormd tot bodemorganische stof en humus. De snelheid van afbraak en de mate waarin het dode hout wordt omgezet in bodemorganische stof hangt af van aspecten als de houtsoort, de bodemsoort en de dikte van (zie ook Figuur 4) het houtachtige materiaal.

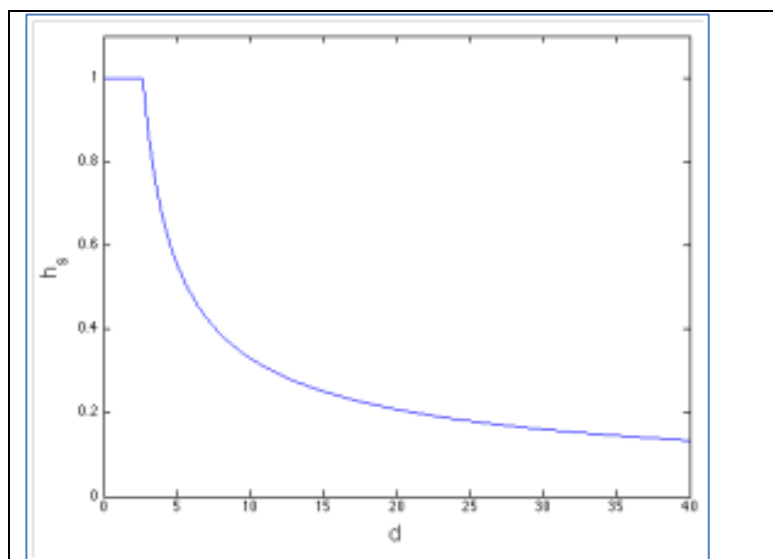
- Beukenhout en wilgenhout verteren snel, sparrenhout en elsenhout matig snel, hout van grove den langzaam en eikenhout of lindehout zeer langzaam.
- De verteringstijd voor dood hout van een grove den voor diameters van 10, 20 en 30 cm bijvoorbeeld bedraagt respectievelijk 25, 35 en 58 jaar⁴.

Bodemorganische stof en humus hebben afhankelijk van het klimaat een levensduur van enkele tientallen tot honderden jaren voordat afbraak tot CO₂ en H₂O plaatsvindt. De in bodemorganische stof en humus vastgelegde koolstof kan daarom net als koolstof in dood hout worden beschouwd als langdurig vastgelegd en opgeslagen en onttrokken aan de kortcyclische koolstofkringloop.

Figuur 4 Verandering in afbraakconstante voor dood hout als functie van de diameter



⁴ Zie: <http://natuurtijdschriften.nl/download?type=document&docid=495162>



Bron: (INBO, 2015), (Staring_Centrum, 1990).

Toelichting: de bovenste figuur geeft de afbraakconstante als functie van de diameter, de onderste figuur geeft de relatieve grootte van de afbraakconstante, uitgedrukt ten opzichte van de waarde voor strooisel met diameter < 3 cm.

Congruent hiermee mag volgens de IPCC-rapportagemethodiek toename van koolstof vastgelegd in bodemorganische stof en humus als een negatieve of uitgespaarde emissie in de koolstofbalans van een land worden meegenomen.

Omgekeerd zou afvoer van tak- en tophout voor gebruik in verbrandingsinstallaties volgens bovenstaand model moeten worden gerelateerd aan een additionele emissie van CO₂ naar de atmosfeer. Door afvoer van tak- en tophout kan geen vastlegging van een deel van de koolstof in het tak- en tophout in strooisel en bodem meer plaatsvinden, zoals in de referentiesituatie wel zou optreden.

Oogst van tak- en tophout voor energietoepassingen zal sowieso leiden tot een afname in de hoeveelheid koolstof vastgelegd in strooisel - er wordt immers strooisel geoogst.

Oogst van tak- en tophout zal volgens modellen voor koolstofcycli in bossen ook leiden tot een afname van de hoeveelheid koolstof in bodemorganische stof. In de praktijk blijkt dit niet altijd het geval, zie volgende subparagraaf.

A.2 Incongruentie tussen modellen en praktijk voor effecten op bodemorganische stof

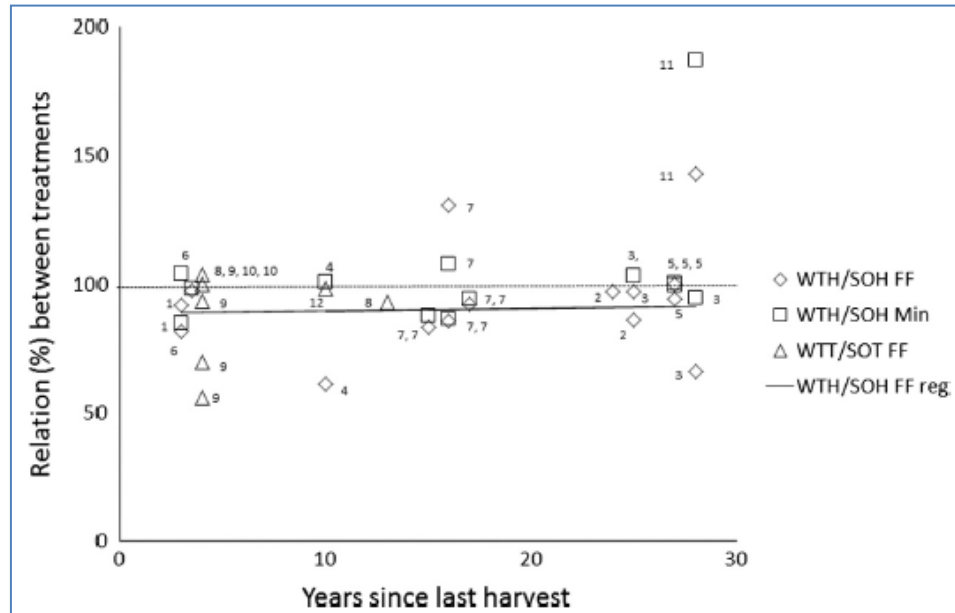
In een literatuurstudie van Alterra voor het ministerie van Economie, Landbouw & Innovatie (Alterra, 2011) wordt echter gerapporteerd dat in de praktijk het achterlaten van tak- en tophout niet perse leidt tot meer vorming van bodemorganische stof. Er kan ook sprake zijn van het omgekeerde:

“Takhout onderschept ook regenwater, het beperkt verdamping en het isoleert de bosbodem waardoor de temperatuur onder takhout gelijkmatiger is en hoger kan zijn dan bij een onbedekte bosbodem. Het effect hiervan is dat in bepaalde situaties organische stof in de bodem onder takhout sneller mineraliseert dan bij een onbedekte bosbodem.”

De studie betreft een analyse van verslagen van praktijkproeven, zoals gerapporteerd in vakliteratuur.

Ook in (Clarke, 2015) wordt op basis van verslagen van praktijkproeven aangegeven (zie Figuur 5) dat in de praktijk in boreaal bos en bossen in koel gematigd klimaat geen eenduidige relatie te vinden is tussen de mate waarin tak- en top hout wordt geoogst en een eventuele verandering in organische stof en humus in de bodem.

Figuur 5 Effecten van oogstintensiteit op organische stof in de bodem in bossen in boreale en koude gematigde klimaatzones



Toelichting: SOH = stem-only harvesting, SOT = stem-only thinning, WTH = whole-tree harvesting, WTT = whole-tree thinning.

Welk effect oogsten van tak- en top hout heeft op de koolstofvoorraden in de bodem is daarom niet goed in te schatten en zou van locatie tot locatie moeten worden ingeschat en geëvalueerd.

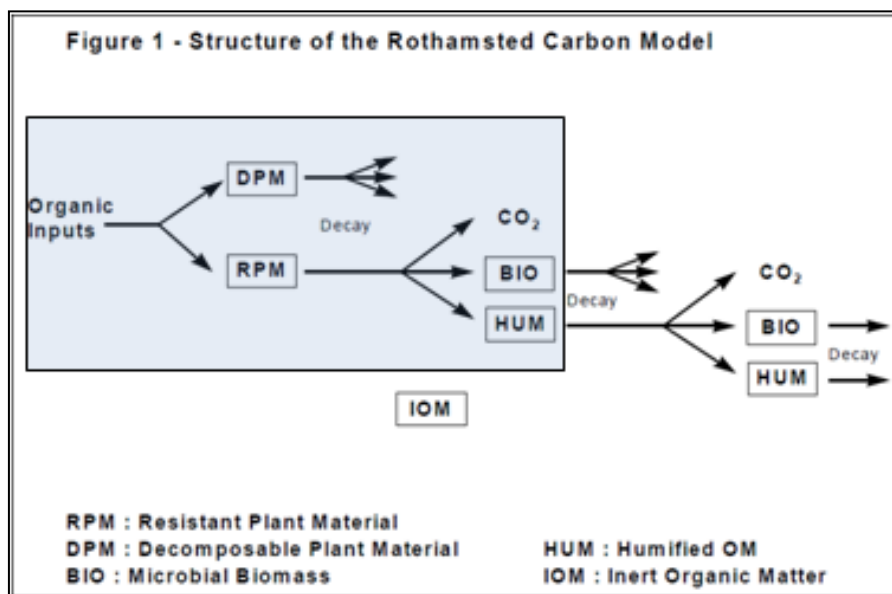


Bijlage B Bodemorganische stof analyse

Het voor het benaderen van de bodemorganische stof dynamiek toegepast model is gebaseerd op het Roth C-model. Roth C maakt het mogelijk het effect van kleigehalte direct mee te nemen in afbraakberekeningen.

Roth C is een gerenommeerd model voor het benaderen van de koolstof-dynamiek in bodems dat onder andere wordt toegepast in de door de Vlaamse overheid uitgegeven Koolstofsimulator en Fullcam, het voor de Australische overheid ontwikkelde model voor de simulatie van koolstofkringlopen op het Australische continent.

Figuur 6 Opbouw Roth C-benadering



Bron: (Coleman, 1999)⁵.

In het Roth C-model wordt biomassa benaderd als een combinatie van makkelijk (DPM) en moeilijk (RPM) afbreekbaar organisch materiaal. Makkelijk afbreekbaar materiaal betreft bijvoorbeeld suikers en eiwitten, moeilijker afbreekbaar zijn met name lignine, wassen en fenolen (Tabel 2).

Beide soorten plantaardig materiaal worden afgebroken tot CO₂, microbiologisch materiaal (BIO) en humus (HUM). De verhouding tussen HUM en BIO is vastgezet in Roth C op 46% ÷ 54%.

Beide afbraakproducten BIO en HUM worden weer omgezet in een mengsel van CO₂, microbiologisch materiaal (BIO) en humus (HUM).

⁵ K. Coleman, D.S. Jenkinson, ROTH C-26.3, A model for the turnover of carbon in soil, IACR Rothamsted, Harpenden, Herts, 1999.

Tabel 2 Percentage afgebroken na 1 jaar

Stof	Afgebroken na 1 jaar
Fenolen	10%
Wassen	25%
Lignine	50%
Cellulose	75%
Hemicelluloses	90%
Suikers	99%
Eiwitten	100%

Bron: WUR, 2011⁶.

Afbraak verloopt volgens de relatie: $C_t = C_{t=0} \cdot e^{-a \cdot b \cdot c \cdot k \cdot t}$

waarin:

- a/b/c-factoren voor beschrijven van de invloed van temperatuur, vochtgehalte in de bodem en mate van begroeiing zijn, zie ook tekstvak 2.
- k een vaste afbraaksnelheid bepalende factor per type organische materiaal is:
 - k = 0,3 voor RPM;
 - k = 10 voor DPM;
 - k = 0,66 voor BIO;
 - k = 0,02 voor HUM.
- t de tijd (in jaren) na de start van het afbraakproces betreft.

Afbraak verloopt sneller:

- bij hogere temperatuur;
- bij aanwezigheid van voldoende vocht (>70% van maximale waterbeschikbaarheid voor plant);
- afnemende bodembedekking door planten.

De verhouding tussen CO₂ en BIO + HUM wordt bepaald door het kleigehalte van de bodem volgens de relatie:

$$\frac{CO_2}{(BIO+HUM)} = 1,67 \cdot (1,85 + 1,60 \cdot e^{-(0,0786 \cdot \% \text{ klei})})$$

De relatie geeft aan dat klei biologisch materiaal 'afschermt' voor afbraak (zie ook (CSIRO, 2001)⁷).

⁶ C. Hendriks, Quick scan organische stof: kwaliteit, afbraak en trends, WUR-Alterra, Wageningen, 2011.

⁷ E. Krull, J. Baldock, J. Skjemstad, Soil Texture Effects on Decomposition and Soil Carbon Storage, CSIRO, 2001.



Invloedfactoren

Factor a wordt gegeven door:

$$a = \frac{47,9}{1 + e^{\frac{106}{T+18,3}}} \text{ met } T = \text{temperatuur in } ^\circ\text{C}.$$

Factor b varieert tussen 0,2 en 1,0:

- 0,2 wanneer de waterbeschikbaarheid 0 is;
- 1,0 wanneer de waterbeschikbaarheid in de bodem 70% van de veldcapaciteit of hoger is;
- $b = 0,2 + 0,8 \cdot \frac{f \cdot \text{veldcapaciteit}}{0,7 \cdot \text{veldcapaciteit}}$ met f de waterbeschikbaarheid uitgedrukt als fractie van de veldcapaciteit.

Factor c heeft twee waarden:

- 0,6 voor begroeid oppervlak;
- 1,0 voor braak.

Voorbeeld voor de relevantie van de tweede afbraakstap

DPM breekt in een jaar tijd volledig af. Daarbij wordt in een bodem met 50% klei per kilo DPM 0,11 kg BIO en 0,13 kg HUM. Tijdens het jaar zal ongeveer 45% worden afgebroken. Daaruit wordt weer $0,11 \times 0,45 \times 0,11 = 0,005$ kg BIO en $0,11 \times 0,45 \times 0,13 = 0,006$ kg HUM gevormd.



Bijlage C Conclusies met betrekking tot verkenning van duurzaamheidsrisico's gerelateerd aan gebruik van tak- en tophout

Verkende duurzaamheidsrisico's

In de voor Eneco voor de BWI Lage Weide uitgevoerde verkenning van risico's op gebied van duurzaamheid is vastgesteld dat zonder compensatiemaatregelen:

- de hoeveelheid koolstof vastgelegd in strooisel zal afnemen bij oogst van tak- en tophout voor gebruik als brandstof;
- het risico bestaat dat oogst van tak- en tophout leidt tot afname van koolstofvoorraden in bodemorganische stof.

In beide gevallen betreft het een mogelijke afname van de gemiddeld in de tijd vastgelegde hoeveelheid koolstof ten opzichte van een situatie waarin tak- en tophout vrijkomend bij dunningen en eindkap in het bos worden achtergelaten.

Onzekerheden over de omvang van het risico

Er is echter ook vastgesteld dat de daadwerkelijke afname van de hoeveelheden koolstof in strooisel en eventueel ook in bodemorganische stof lastig te schatten zijn.

Modellen voor koolstofkringlopen in bos sluiten vaak niet goed aan bij praktijkmetingen, met name wat betreft de dynamiek van bodemorganische stof. De dynamiek van koolstof in strooisellaag en bodem is daarnaast sterk afhankelijk van locatiespecifieke waterhuishouding, bodemstructuur, bodemsamenstelling en klimaat en temperatuur.

Het was verder de vraag of (eventuele) afname van de gemiddelde koolstofvoorraden in strooisellaag en bodemorganische stof niet kunnen worden gecompenseerd of voorkomen door maatregelen in het beheer van het bos. De geraadpleegde literatuur geeft hierover geen informatie.

In de derde plaats kan afvoer van hout uit bos soms ook een wenselijke activiteit zijn, bijvoorbeeld wanneer:

- het bos moet verschralen en nutriënten moeten worden afgevoerd;
- invasieve vegetatie moet worden verwijderd in het kader van bosherstel.

Risico's gerelateerd aan gebruik van tak- en tophout zouden met andere woorden misschien kunnen worden geminimaliseerd door een goede selectie van de arealen waaruit het hout wordt betrokken.

Uitgevoerde verkenning

Risico's en onzekerheden en mogelijkheden om die te minimaliseren of te compenseren zijn in een drietal gesprekken besproken met deskundigen van Alterra, Staatsbosbeheer en Probos, organisaties die in Nederland gezaghebbend zijn wat betreft hun kennis op gebied van bosbeheer en duurzaamheid.



Vooraf is steeds een notitie doorgestuurd waarin is omschreven welke risico's zijn geïdentificeerd en welke vragen Eneco graag zou willen voorleggen aan de gesprekspartners om een beeld te krijgen van de mogelijkheden van Eneco om deze risico's te kunnen managen.

Uitkomsten en conclusies

De belangrijkste uitkomsten van deze gesprekken zijn hieronder puntsgewijs aangegeven.

De gesprekspartners bevestigen allen dat er risico's op afname van in bodem en strooisel vastgelegde koolstof zijn. Ook bevestigen ze dat de door CE Delft uitgevoerde berekeningen voor het schatten van de afname correct - volgens geëigende rekenmethoden en met geëigende uitgangspunten - zijn uitgevoerd.

Ze geven echter ook aan dat de berekeningsresultaten zeer onzeker zijn en dat effecten in de praktijk zoals ook aangegeven in de notitie sterk zullen worden bepaald door lokale aspecten (waterhuishouding, bodemstructuur, bodem-samenstelling en klimaat en temperatuur).

De huidige stand van kennis is gewoonweg nog onvoldoende om de grote onzekerheid te kunnen wegnemen en advies te kunnen geven over mogelijkheden om van Eneco om deze risico's te kunnen managen.

Er zijn wel enkele suggesties gedaan voor risico minimaliserende maatregelen, maar deze zullen deels duur zijn (extra stekjes planten) en/of vallen deels buiten wat redelijkerwijs als verantwoording van Eneco kan worden gezien (predatoren beheer).

Vanwege het huidige beperkte wetenschappelijke inzicht in koolstofdynamiek in de bodem en de samenhang met andere bodemspecifieke aspecten heeft het weinig toegevoegde waarde dat Eneco verder aandacht besteedt aan mogelijkheden voor het managen van deze risico's. Bovendien lijkt verschraling een relevanter probleem voor een aantal gesprekspartners.

Eneco wordt door de gesprekspartners ook niet gezien als probleemeigenaar en daarom ook niet als de meest logische partij om te komen met een oplossing voor het minimaliseren van de risico's op verschraling en afname van vastgelegde koolstof in strooisel en bodem.

Eneco wordt daarom door de gesprekspartners geadviseerd vooralsnog aan te sluiten bij het door Staatsbosbeheer gevoerde beheer. Dit kan wat betreft minimaliseren van risico's op verschraling en afname van vastgelegde koolstof in strooisel en bodem worden beschouwd als de op dit moment beste praktijk voor beheer.

Uitkomsten en conclusies

De gesprekken geven een duidelijk advies voor Eneco voor wat betreft het omgaan met risico's gerelateerd aan gebruik van tak- en tophout op verschraling en afname van vastgelegde koolstof in strooisel en bodem.

Eneco kan daarnaast het risico op genoemde ongewenste effecten beperken door gebruik van tak- en tophout te beperken en meer biomassa uit andere bronnen te gebruiken. Eneco kan eventueel ook een actieve rol hebben in het beschikbaar maken van dit soort risicoarme biomassa-bronnen - zoals mede initiëren van aanleg van landschapselementen als houtsingels, houtwallen, beboste bufferzones, etc.



Het voor het benaderen van de bodemorganische stof dynamiek toegepast model is gebaseerd op het Roth C-model. Roth C maakt het mogelijk effect van kleigehalte direct mee te nemen in afbraakberekeningen.

