



Inzicht in het beleid en de kaders voor koolstofboekhouding die de potentiële rol bepalen die biobased producten kunnen spelen om de streefdoelen voor klimaatverandering te halen. LNV-BO-43-128-001

Lesly Garcia-Chavez, Iris Vural-Gursel, Sinead O'Keeffe, Eric J.M.M Arets

OPENBAAR



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Inzicht in het beleid en de kaders voor koolstofboekhouding die de potentiële rol bepalen die biobased producten kunnen spelen om de streefdoelen voor klimaatverandering te halen. LNV-BO-43-128-001



Auteurs: Lesly Garcia-Chavez¹, Iris Vural-Gursel¹, Sinead O'Keeffe², Eric J.M.M Arets³

- 1) Wageningen Food and Biobased Research (WFBR)
- 2) Wageningen Plant Research (WPR)
- 3) Wageningen Environmental Research (WENR)

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Food & Biobased Researchen gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw, natuur en voedselkwaliteit.

Wageningen Food & Biobased Research
Wageningen, juni 2023

Openbaar

Rapport 2426
DOI: 10.18174/632266

WFBR Project nummer: 6224126300

Versie: Definitief

Reviewer: Harriette Bos en LNV

Goedgekeurd door: Harriette Bos en LNV

Uitgevoerd door: Wageningen Food & Biobased Research

Gefinancierd door en in opdracht van:

Gesubsidieerd door: het Ministerie van Landbouw, natuur en voedselkwaliteit

Dit rapport is: Openbaar

Het is de opdrachtgever toegestaan dit rapport integraal openbaar te maken en ter inzage te geven aan derden. Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Wageningen Food & Biobased Research is het niet toegestaan:

- a. dit door Wageningen Food & Biobased Research uitgebrachte rapport gedeeltelijk te publiceren of op andere wijze gedeeltelijk openbaar te maken;
- b. dit door Wageningen Food & Biobased Research uitgebrachte rapport, c.q. de naam van het rapport of Wageningen Food & Biobased Research, geheel of gedeeltelijk te doen gebruiken ten behoeve van het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin;
- c. de naam van Wageningen Food & Biobased Research te gebruiken in andere zin dan als auteur van dit rapport.

Het onderzoek zoals beschreven in dit rapport is op objectieve wijze uitgevoerd door onderzoekers die onpartijdig zijn ten opzichte van de opdrachtgever(s) en sponsor(s). Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/632266> of op www.wur.nl/wfbr (onder WFBR publicaties).

© 2023 Wageningen Food & Biobased Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research.

Postbus 17, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 00 84, E info.wfbr@wur.nl, www.wur.nl/wfbr. Wageningen Food & Biobased Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

Inhoud

Samenvatting	4
1 Inleiding	5
2 BKG-boekhouding: kaders, methoden en perspectieven	7
2.1 Wat betekenen de verschillende BKG-begrippen?	7
2.2 Internationaal kader inzake klimaatverandering	8
2.2.1 Intergouvernementele Werkgroep inzake Klimaatverandering (IPCC)	8
2.2.2 Klimaatverdrag van de Verenigde Naties (UNFCCC) - Rapportage van broeikasgassen (1994)	9
2.2.2.1 UNFCCC-CRF-sector 4: Landgebruik, verandering in het landgebruik en bosbouw (LULUCF)	10
2.2.2.2 CRF 4G: Koolstofreservoir voor geogste houtproducten (HWP)	11
2.2.3 Akkoord van Parijs – (2015)	16
2.3 De verplichtingen van de Europese Unie uit hoofde van het Akkoord van Parijs	17
2.3.1 Emissierapportage en -boekhouding in de EU	17
2.3.2 De Green Deal van de EU	17
2.3.3 Duurzame koolstofkringlopen en koolstoflandbouw in de EU	18
2.4 Verschillen tussen de rapportage-boekhoudmethoden	20
2.5 Nederland (Nationaal Kader): Het Klimaatakkoord.	21
2.6 Productniveau - Relevante standaarden en richtsnoeren voor biogene-koolstofboekhouding	23
2.6.1 Evaluatie van standaarden en richtsnoeren betreffende de boekhouding van biogene koolstof	25
2.6.2 Dynamische LCA	28
2.7 BKG-boekhoudingsperspectieven	28
3 Rol van biobased producten bij het halen van de klimaatdoelstellingen	31
3.1 Substitutie-effecten	32
3.2 Cascadering van gebruik van biomassa	33
3.3 Koolstofopslagproducten volgens de Verordening (EU) 2018/841	34
4 Voorbeelden van bosbouw- en landbouwbiomassaketens tot biobased producten.	36
4.1 Voorbeeld 1. Koolstofboekhouding voor bosbouw en producten op houtbasis	36
4.2 Voorbeeld 2. Koolstofboekhouding voor agroproducten: van suikerbieten tot biobased verpakkingen.	38
5 Conclusies en aanbevelingen	40
6 Literatuur	42

Samenvatting

Klimaatverandering is een grote uitdaging geworden op internationaal, Europees, nationaal en regionaal niveau. De gevolgen van klimaatverandering moeten worden beperkt door het voorkomen en verminderen van de uitstoot van broeikasgassen (BKG) in de atmosfeer. Er zijn verschillende beleids- en boekhoudkundige kaders ontwikkeld om dit te bewerkstelligen. Deze kaders stellen specifieke doelstellingen voor reductie van emissies van broeikasgassen of verhoogde vastlegging van CO₂ vast en bieden een gestructureerde aanpak om dit probleem op te lossen.

Dit rapport heeft tot doel om beleidsmedewerkers van het Nederlandse ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) te informeren over hoe een verhoging van het aanbod aan biomassa uit bosbouw en landbouw voor de productie van chemische stoffen en materialen binnen deze kaders worden meegenomen en meegewogen en kunnen worden ingezet voor het beperken van klimaatverandering een verhoging van het aanbod aan biomassa uit bosbouw en landbouw omvatten voor de productie van chemische stoffen en materialen die kunnen bijdragen aan vermindering van de uitstoot van broeikasgassen.

Dit desktoponderzoek volgt een 'systeemperspectiefbenadering' om de rol die biobased materialen¹ kunnen spelen bij het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen te bestuderen. Deze benadering biedt inzicht in de verbanden tussen biobased producten, nationale broeikasgasinventarissen en wereldwijde afspraken. Begrip van deze verbanden en kennis over welke boekhoudmethoden voor broeikasgasemissies en -verwijderingen worden toegepast is noodzakelijk voor het identificeren van mogelijke nadelen en voor het ontwikkelen van toekomstige beleidsrichtlijnen.

Na deze review concluderen we dat het belangrijk is om bekend te zijn met en de waarde te erkennen in de huidige bestaande boekhoudmethoden. De bestaande kaders missen echter nog belangrijke kenmerken die robuustere boekhoudmethoden voor koolstofvastlegging en -opslag in biobased materialen mogelijk zouden kunnen maken. Op dit moment werkt de Europese Commissie aan voorstellen zoals het "Carbon Farming framework" en het "Carbon Removal Certification Framework" (december 2022) en de invoering van een "Carbon Storage Products Pool". Deze voorstellen zouden een belangrijke rol kunnen spelen bij het opzetten van duidelijke boekhoudregels die de productie van biomassa koppelen aan biobased materialen en de bijdrage daarvan aan nationaal beleid ter ondersteuning van broeikasgasreductiedoelstellingen waarderen. Dit vereist samenwerking en informatie-uitwisseling tussen de Europese landen. Daarom is het belangrijk om de ontwikkeling van deze kaders en de daarin voorgestelde boekhoudregels nauwgezet te volgen.

Dit document is als volgt opgezet:

- In hoofdstuk 2 worden begrippen, kaders en methoden voor BKG-boekhouding op internationaal, Europees en Nederlands niveau geïntroduceerd.
- Hoofdstuk 3 is gewijd aan begrip over hoe biobased producten kunnen bijdragen aan de klimaatdoelstellingen door andere BKG-intensieve materialen te vervangen, de levensduur van het product te verlengen of door cascadering in het gebruik van biomassa.
- Hoofdstuk 4 geeft twee voorbeelden van hoe de BKG-balansen van twee verschillende lineaire biobased toeleveringsketens worden geschat op het niveau van de productboekhouding en hoe dit zich verhoudt tot de BKG inventarisrapportage op nationaal niveau en wereldwijde afspraken daarover.
- In hoofdstuk 5 presenteren we onze conclusies en aanbevelingen.

Trefwoorden: Biomassa, Biobased materialen, Kaders en -methoden voor BKG-boekhouding, Klimaatverandering.

¹ Exclusief energie en brandstoffen.

1 Inleiding

De transformatie van de huidige op fossiele brandstoffen gebaseerde productieketens voor chemische stoffen en materialen naar een duurzaam en hernieuwbaar systeem lijkt een kans om bij te dragen aan de klimaatdoelstellingen inzake de vermindering van antropogene emissies van broeikasgassen die in het Akkoord van Parijs (november 2016) zijn vastgesteld.² Door niemand wordt betwist dat bossen en gewassen koolstofdioxide (CO₂) uit de atmosfeer vastleggen en omzetten in klimaatvriendelijkere vormen, zoals koolstof in hout, landbouwbiomassa en organisch materiaal in de bodem. Dit motiveert de beleidsmakers om na te denken over de rol van de bossen en het landbouwsysteem bij de vermindering van de CO₂ in de atmosfeer en zo de gevolgen van de klimaatverandering te beperken. Daarom is het van belang te begrijpen hoe de internationale consensus zich ontwikkelt om het verband te beoordelen tussen biogene koolstof en bos- en landbouwgebaseerde bio-economiesystemen. De materiaaltransitie houdt in dat materialen gemaakt van (fossiele) olie of gas³ worden vervangen door materialen gemaakt van hernieuwbare koolstof (bv. bosbouw en landbouw) en vereist een goed begrip van hoe de productie van biomassa⁴ en de toename van koolstofvoorraden in de bosgrond, het akkerland en grasland en de productie van biobased producten bijdragen aan de boekhouding van de BKG-uitstoot). Het verband tussen de absolute vermindering van broeikasgassen (in het bijzonder CO₂) en de toename van het aanbod en het gebruik van biomassa in biobased materialen is momenteel echter onduidelijk. In dit project wordt getracht de bestaande informatie over het administreren van BKG-emissies van biobased materialen uit bosbouw- en landbouwbiomassa, exclusief energieproductie en brandstoffen, te verduidelijken.

Het project "Inzicht in het beleid en de kaders voor koolstofboekhouding die de potentiële rol bepalen die biobased producten kunnen spelen om de streefdoelen op het gebied van klimaatverandering te halen" is in februari 2022 door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) toegekend aan Wageningen University & Research (WUR). Dit project draagt kennis bij aan LNV's Meerjarig Missiegedreven Innovatie Programma (MMIP), thema B6: Productie en gebruik van biomassa.

De belangrijkste doelstellingen van het project zijn:

- Duidelijkheid verschaffen over hoe de toename van gebruik van biobased materialen (biomassa) voor de productie van chemische stoffen en materialen kan bijdragen en het nationale beleid ter verwezenlijking van de CO₂-reductiedoelstellingen kan ondersteunen.
- De bestaande methoden voor het administreren van koolstofstromen evalueren om aanbevelingen te doen voor mogelijke beleidsmaatregelen.

Doel is dat het onderstaande bijdraagt aan meer (vereenvoudigde) kennis bij het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) over de potentiële rol van biobased grondstoffen, wat relevant is voor de vorming van discussiepanels, over de beleidsontwikkeling en over het ontwikkelen van instrumenten om duurzaam gebruik van biomassa te ondersteunen en te stimuleren. Dit rapport beoogt duidelijkheid te verschaffen over de volgende onderzoeksvragen:

- Hoe zijn bebossing, herbebossing en koolstofvastlegging in de bodem relevant voor de vermindering van de broeikasgasuitstoot en hoe bieden biobased materialen voordelen voor andere sectoren?
- Hoe schatten de verschillende kaders en methoden voor broeikasgasboekhouding in hoeveel koolstof er wordt vastgelegd en opgeslagen tijdens de productie van biomassa uit bosbouw en landbouw (biobased grondstoffen)⁵ en tijdens de gebruiksfase van de biobased producten?

Dit rapport bevat een literatuurstudie op basis van bekende en relevante informatie, aanbevolen door deskundigen van Wageningen Research. De analyse volgt een 'systeemperspectiefbenadering' om de rol die

² Biogebaseerde producten: zijn geheel of gedeeltelijk afgeleid van materiaal van biologische oorsprong, met uitzondering van materiaal dat zich in geologische formaties bevindt en/of gefossiliseerd is.

³ Naast metalen en anorganische aardmineralen zoals beton

⁴ Biomassa is afkomstig van organisch materiaal zoals bomen, planten en landbouw- en stadsafval. In dit project richten we ons alleen op primaire biomassa, bomen en planten.

⁵ Volgens de Europese Commissie is "Biomassa [sic] afkomstig van organisch materiaal zoals bomen, planten en landbouw- en stadsafval." Bron: https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/bioenergy/biomass_en

biobased producten kunnen spelen bij het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen te bestuderen. Dit biedt inzicht in de interacties tussen biobased producten en nationale broeikasgasinventarissen, waarmee mogelijke nadelen kunnen worden onderzocht vóór de tenuitvoerlegging. Voor biobased producten (materialen en chemische stoffen) bestaat er nog geen geharmoniseerde methodologie of referentie zoals in het geval van hernieuwbare energie. Er zijn enkele nieuwe initiatieven die criteria voor de reductie van BKG-emissies voor biobased producten proberen vast te stellen. Een belangrijke aanbeveling is om niet opnieuw te proberen een boekhoudmethode uit te vinden, maar om de ontwikkeling en evolutie van bestaande rapportage- en boekhoudmethoden zoals die voor LULUCF en landbouw worden gebruikt te begrijpen, evenals BKG-boekhoudmethoden op mondiaal, EU- en productniveau.

2 BKG-boekhouding: kaders, methoden en perspectieven

Klimaatverandering is een grote uitdaging geworden op internationaal, Europees, nationaal en regionaal niveau. Voor een gestructureerde aanpak van deze uitdaging (of dit probleem) zijn verschillende kaders voor de beperking van de klimaatverandering ontwikkeld. In een klimaatveranderingskader moeten langetermijndoelstellingen worden vastgesteld die de strategische richting aangeven van de inspanningen van een land om koolstofvrij te worden en zich aan te passen aan de klimaatverandering door de BKG-uitstoot geleidelijk te verminderen. Het kader ondersteunt organisaties bij het realiseren van duurzame ontwikkeling door beginselen, beleid en richtsnoeren vast te stellen voor het meten en aanpassen van praktijken ten behoeve van beperking van de klimaatverandering. (Wereldbank, 2020)

Om bijdrage aan klimaatmitigatie te meten en de in de verschillende kaders vastgestelde reductiedoelstellingen te monitoren en te beoordelen, zijn boekhoudmethoden nodig. Onder BKG-boekhouding worden de processen verstaan die nodig zijn om consequent de hoeveelheid broeikasgassen te meten die door een entiteit worden gegenereerd, voorkomen of verwijderd, zodat deze emissies in de loop van de tijd kunnen worden bijgehouden en boekhoudkundig kunnen worden verantwoord. Een BKG-boekhouding is nuttig voor landen, organisaties en diverse personen, zoals potentiële investeerders of belanghebbenden, om te bepalen voor hoeveel uitstoot zij verantwoordelijk zijn. Met behulp van BKG-boekhoudmethoden kunnen drie soorten klimaateffecten worden gemeten: gegenereerde emissies van broeikasgassen naar de atmosfeer, verwijdering van CO_e uit de atmosfeer door bijvoorbeeld koolstofvastlegging in biomassa of bodems en het voorkomen van emissies (PCAF, 2020).

In dit hoofdstuk worden enkele van de belangrijkste internationale, Europese en nationale klimaatveranderingskaders en BKG-boekhoudmethoden geïntroduceerd waarmee wordt geprobeerd de koolstofvoorraden in bossen en landbouwgronden, biobased producten en nationale voorraden aan elkaar te koppelen.

2.1 Wat betekenen de verschillende BKG-begrippen?

Broeikasgassen zijn natuurlijk voorkomende gassen in de atmosfeer die warmte of stralingsenergie die door de zon aan de aarde wordt afgegeven, vasthouden. Echter, naarmate de concentratie van deze Broeikasgassen in de aardatmosfeer toeneemt als gevolg van antropogene activiteiten, neemt ook hun vermogen om warmte vast te houden toe, wat uiteindelijk leidt tot klimaatverandering (IPCC, 2021). Er zijn veel verschillende soorten Broeikasgassen in de atmosfeer, die zich allemaal op verschillende manieren gedragen (EPA, 2022). Sommige gassen houden meer warmte vast dan andere (bv. hoog stralingsforcerend vermogen), sommige blijven weken in de atmosfeer hangen (bv. sommige gefluoreerde gassen), andere tientallen jaren (methaan) en weer andere honderden jaren (bv. CO₂, N₂O). Broeikasgassen worden niet op dezelfde manier geproduceerd en kunnen in verschillende mate invloed hebben op de atmosfeer wanneer zij vrijkomen.

Daarom moet een belangrijk doel voor het bereiken van BKG-doelstellingen zijn dat er überhaupt geen uitstoot plaatsvindt. Dit staat bekend als beperking van de uitstoot van broeikasgassen en kan worden gedefinieerd als alle activiteiten en maatregelen die ertoe leiden dat BKG-emissies worden voorkomen⁶ voordat zij in de biosfeer of in de atmosfeer terechtkomen (Minx J.C., 2018). Voorbeelden van beperkende activiteiten zijn het ongemoeid laten van fossiele bronnen of de vervanging ervan door hernieuwbare energiebronnen met een lagere uitstoot, activiteiten die hebben geleid tot een vermindering van darmfermentatie-emissies van herkauwend vee of activiteiten gericht op vermindering van de uitstoot van stikstofdioxide naar de bodem. Bij koolstofvastlegging wordt daarentegen koolstofdioxide (CO₂) uit de atmosfeer verwijderd en wordt de koolstof (C) opgeslagen in planten, bodems, geologische formaties en de oceaan. Voor een beter begrip van de werking

⁶ Reducties zijn intrinsiek inbegrepen in deze preventie, aangezien een bepaald deel van de emissies wordt voorkomen.

van de boekhoudsystemen is het nog belangrijk om het verschil tussen mitigatie van broeikasgasemissies en koolstofvastlegging te verduidelijken. Directe beperking en vermindering van broeikasgasemissies heeft onmiddellijke en permanente gevolgen hebben voor de concentraties in de atmosfeer en heeft betrekking op alle broeikasgassen, terwijl koolstofvastlegging alleen betrekking heeft op de verwijdering van koolstofdioxide die reeds is in de atmosfeer aanwezig is en gaat gepaard met meer onzekerheid omdat het eerder in biomassa of bodem vastgelegde koolstof in de toekomst weer als CO₂ of CH₄ emissies vrij kan komen (McLaren D.P., 2019).

Enkele andere begrippen die betrekking hebben op het gebied van BKG-boekhouding en koolstofdoelstellingen zijn:

Koolstofreservoir: Een onderdeel van het klimaatsysteem dat koolstof kan opslaan, accumuleren of afgeven. Oceanen, bodems, de atmosfeer, en levende en dode biomassa (inclusief biobased producten zoals hout) zijn voorbeelden van koolstofreservoirs⁶. (Glossarium Europese Commissie, 2018), (McLaren D.P., 2019).

Koolstofput: dit verwijst naar het vermogen van een koolstofreservoir of koolstofpool (bv. bos, oceaan, natuurlijk milieu) om koolstofdioxide uit de atmosfeer te absorberen, wat resulteert in een netto vastlegging van meer koolstof dan het uitstoot. (Encyclopedia Britannica, 2022).

Koolstofneutraal: Koolstofneutraliteit, of het hebben van een netto-nul koolstofvoetafdruk, verwijst naar het bereiken van netto-nul koolstofemissies door het in evenwicht brengen van een gemeten hoeveelheid vrijgekomen koolstof met een gelijkwaardige hoeveelheid vastgelegde koolstof² (Moosmann L., et al., 2019).

Negatieve emissies: de gerichte menselijke inspanningen om CO₂-emissies uit de atmosfeer te verwijderen nadat ze zijn vrijgekomen, waarbij uiteindelijk wordt getracht jaarlijks meer koolstof uit de atmosfeer te verwijderen dan wordt uitgestoten door met de mens verband houdende activiteiten. Dit kan via natuurlijke processen (bv. het planten van bomen) of via technische installaties (bv. bio-energie met koolstofafvang en -opslag) (Minx, 2017) (Minx J.C., 2018).

Koolstofafvang en -opslag: Koolstofafvang en -opslag (CCS) is een proces dat bestaat uit de afvangen van CO₂ uit industriële en energiegerelateerde bronnen, het vervoer naar een opslaglocatie en het voor de lange termijn isoleren van CO₂ uit de atmosfeer. (IPCC, 2005) CCS is daarom methode die kan worden gebruikt wanneer het gaat om grote door de mens gemaakte puntbronnen. Dit in tegenstelling tot de aanpak van zogeheten netto negatieve emissies, waarbij koolstofdioxide wordt verwijderd via fundamenteel diffuser methoden (bv. bossen, landbouwbodems).

Koolstofafvang en -gebruik: Koolstofafvang en -gebruik (CCU) is een brede term die betrekking heeft op processen die erop gericht zijn CO₂ uit rookgassen of rechtstreeks uit de lucht op te vangen en om te zetten in diverse producten zoals hernieuwbare brandstoffen, chemische stoffen en materialen. CO₂ wordt al tientallen jaren met rijpe technologieën gebruikt in diverse industriële processen voor de productie van bijvoorbeeld dranken, meststoffen, enz. (CO₂ Value Europe, 2022).

Substitutie: het gebruik van een nieuw of alternatief product om de BKG-uitstoot te verminderen in vergelijking tot het oorspronkelijke product; zo kan bijvoorbeeld uitstoot van broeikasgassen worden voorkomen door het gebruik van fossiele materialen of broeikasgasintensieve materialen te vervangen met biobased producten.

2.2 Internationaal kader inzake klimaatverandering

2.2.1 Intergouvernementele Werkgroep inzake Klimaatverandering (IPCC)

Het IPCC werd in 1988 opgericht door het Milieuprogramma van de Verenigde Naties (UNEP) en de Wereld Meteorologische Organisatie (WMO). De rol van het IPCC is het opstellen van evaluaties en technische rapporten met wetenschappelijke informatie over klimaatverandering. Dit omvat methodologische rapporten en richtsnoeren over onderwerpen die een diepgaande wetenschappelijke en technische beoordeling vereisen, zoals de opstelling van nationale BKG-inventarissen. Het eerste IPCC assessment report gaf een duidelijk signaal over de ernst van klimaatsverandering en benadrukte de wereldwijde gevolgen die internationale samenwerking vereist. Daarmee speelde de IPCC een belangrijke rol bij de totstandkoming van het VN klimaatverdrag (UNFCCC; United Nations Framework Convention on Climate Change) en haar afgeleide juridische instrumenten zoals het Kyoto Protocol en later het Klimaatakkoord van Parijs (IPCC, 2022).

2.2.2 Klimaatverdrag van de Verenigde Naties (UNFCCC) - Rapportage van broeikasgassen (1994)

De UNFCCC trad op 21 maart 1994 in werking. De algemene doelstelling is het stabiliseren van de BKG-concentraties *"op een niveau dat gevaarlijke antropogene (door de mens veroorzaakte) verstoring van het klimaatsysteem voorkomt"*. Ook staat er dat *"een dergelijk niveau moet worden bereikt binnen een tijdsbestek dat toereikend is om ecosystemen in staat te stellen zich op natuurlijke wijze aan te passen aan klimaatverandering, om ervoor te zorgen dat de voedselproductie niet in gevaar komt en om een duurzame economische ontwikkeling mogelijk te maken"*.

In 2022 telde het UNFCCC 198 leden (197 landen en 1 organisatie voor regionale economische integratie), waaronder alle lidstaten van de Verenigde Naties. Om de doelstellingen van het UNFCCC te handhaven heeft het verdrag aanvullende protocollen. Dit zijn instrumenten van het UNFCCC om concrete acties en inspanningen voor de aangesloten landen vast te stellen gericht op beperking en vermindering van de uitstoot van broeikasgassen, en methoden aan te reiken om de emissiereductiedoelstellingen te verantwoorden. Het eerste protocol was het Kyoto Protocol (1997), dat betrekking had op twee verbintenisperiodes (2008-2012 en 2013-2020), in 2020 afliep en werd vervangen door het Akkoord van Parijs (UNFCCC, 2022).

Om bij te houden hoeveel broeikasgassen de verdragspartijen uitstoten, moeten alle Bijlage 1-landen (d.w.z. de geïndustrialiseerde landen in Bijlage I bij het klimaatverdrag) jaarlijks een verslag betreffende de nationale inventaris van broeikasgassen indienen. Deze inventaris beslaat een nationaal inventaris rapport (NIR; 'National Inventory Report') en een set van gevulde tabellen met een gestandaardiseerd format (CRF; 'Common Reporting Format'). De nationale inventaris van broeikasgassen geeft een volledige lijst, uitgesplitst naar bron, van de jaarlijkse BKG-emissies die rechtstreeks het gevolg zijn van menselijke activiteiten en de verwijderingen van CO₂ landgebruik, landgebruiksverandering en bosbouw (LULUCF; 'Land Use, Land-Use Change and Forestry'). Deze nationale BKG-inventarissen maken gebruik van de methodieken die worden voorgeschreven in IPCC-richtsnoeren voor nationale BKG-inventarissen. Momenteel is voor zogeheten Bijlage I-landen (d.w.z. ontwikkelde landen) het gebruik van de methodieken van de IPCC-richtsnoeren uit 2006 (IPCC, 2006) verplicht, maar indien naar behoren gemotiveerd mogen ook de gedetailleerde aanpassingen van 2019 aan de IPCC-richtsnoeren van 2006 (IPCC, 2019) worden toegepast. Bij de rapportage over BKG-emissies wordt in de meeste gevallen 1990 als basisjaar gebruikt en worden 5 belangrijke inventarissectoren bestreken (UNFCCC, 2009).

- (1) CRF-sector 1. Energie (verbranding van brandstoffen, industrie, inclusief openbare elektriciteits- en warmteproductie, vervoer)
- (2) CRF-sector 2. Industriële processen en productgebruik (IPPU, emissies bij fabricage en gebruik van producten)
- (3) CRF-sector 3. Landbouw (pensfermentatie, mestbeheer, directe en indirecte N₂O-emissies uit landbouwbodems)
- (4) CRF-sector 4. LULUCF (emissies en verwijderingen van broeikasgassen door landgebruik, en bosbouw via levende en dode biomassa en bodems, geoogste houtproducten)
- (5) CRF-sector 5. Afval (verwijdering, compostering, verbranding en verbranden van afval in de open lucht, behandeling van afvalwater)

De internationale luchtvaart en de internationale scheepvaart zijn memorandum-posten die niet in de nationale BKG-totale worden opgenomen.

Het bij het UNFCCC ingediende BKG-inventarisrapport van de Europese Unie (EU) is de directe som van de door de EU-lidstaten opgestelde nationale inventarissen. Het is van belang erop te wijzen dat de EU-27, IJsland en het Verenigd Koninkrijk hun nationale BKG-emissies tijdens de tweede verbintenisperiode van het Kyoto Protocol gezamenlijk rapporteren. De jaarlijkse BKG-inventaris uit 2021 besloeg de periode 1990-2019. In het inventarisatieverslag 2021 van de Europese Unie werd de broeikasgasinventaris van de EU in het kader van het UNFCCC (toepassingsgebied EU-27+VK) en het Kyoto Protocol (toepassingsgebied EU-27+ISL+VK = EU-

Kyoto Protocol) gepresenteerd⁷. De belangrijkste instellingen die betrokken zijn bij het opstellen van de BKG-inventaris van de EU zijn de lidstaten, het directoraat-generaal Klimaat van de Europese Commissie (DG CLIMA) via zijn Gemeenschappelijk Centrum voor Onderzoek (JRC; 'Joint Research Centre'), het Europees Milieuagentschap (EEA; 'European Environmental Agency') samen met haar Europees Thematisch Centrum voor Luchtverontreiniging en Klimaatverandering (ETC/ACM) en Eurostat. De samenwerking en coördinatie in verband met het opstellen van de EU-inventaris is geregeld in de uitvoeringsverordening van de Commissie EU 2020/1208 (Europees Parlement, 2020). Hieruit volgt dat het EEA vanaf de inventaris van 2023 de bewaking en rapportage van emissies voor LULUCF overneemt, terwijl het JRC zich richt op onderzoek en de ontwikkeling van inventarisatiemethoden.

2.2.2.1 UNFCCC-CRF-sector 4: Landgebruik, verandering in het landgebruik en bosbouw (LULUCF)

Het bepalen van BKG-emissies en -verwijderingen door de LULUCF-sector is complexer en onzekerder dan bij andere broeikasgassectoren. Dit komt doordat zowel natuurlijke als antropogene processen de landgerelateerde fluxen bepalen en deze zijn soms moeilijk van elkaar te onderscheiden. Bovendien is het moeilijk om het effect van aanvullende maatregelen in de bosbouw op de atmosfeer te beoordelen, omdat de BKG-fluxen in de loop der tijd ook veranderen als gevolg van de leeftijdsgebonden dynamiek van de bossen, die grotendeels wordt bepaald door groeiomstandigheden en eerder bosbeheer en natuurlijke verstoringen (Europese Commissie, 2022).

De sector 'Landgebruik, verandering in het landgebruik en bosbouw (LULUCF; Land Use, Land-Use Change and Forestry)' omvat in de rapportages aan het VN Klimaatverdrag emissies van broeikasgassen en verwijderingen van CO₂ door zes categorieën van landgebruik (IPCC, 2006). Daarbij worden landen echter aangemoedigd om deze hoofdgroepen verder te stratificeren door gebruik te maken van bijvoorbeeld klimaat- of ecologische zones, of bijzondere omstandigheden (bv. afzonderlijke bostypes in bosgebieden) die van invloed zijn op de emissies. De zes categorieën van landgebruik zijn:

- 4A Bosgrond: alle grond met een houtige vegetatie die voldoet aan de drempelwaarden die worden gebruikt om bosgrond te definiëren in de nationale BKG-inventarisatie (d.w.z. met betrekking tot minimumwaarden voor oppervlakte, boomhoogte en kroonbedekking)⁸. Het omvat ook systemen met een vegetatiestructuur die momenteel onder de drempelwaarden valt, maar die ter plaatse mogelijk de drempelwaarden zou kunnen bereiken die een land hanteert om de categorie "Bosgrond" te definiëren.
- 4B Akkerland: bouwland, rijstvelden en agro-bosbouwsystemen waarvan de vegetatiestructuur onder de voor de categorie Bosgrond gehanteerde drempels ligt en naar verwachting deze drempels op een later tijdstip niet zal overschrijden.
- 4C Grasland: weilanden die niet als Akkerland worden beschouwd. Hieronder vallen ook systemen met een houtige vegetatie en andere niet-grasachtige vegetatie zoals kruiden en struiken, die onder de drempelwaarden voor de categorie Bosgrond vallen. De categorie omvat ook al het grasland van wilde natuur tot recreatiegebieden, landbouw- en silvo-pastorale systemen, overeenkomstig de nationale definities.
- 4D Wetlands: gebieden met turfwinning en land dat het hele jaar of een deel van het jaar door water bedekt of verzadigd is en dat niet onder de categorieën Bosgrond, Akkerland, Grasland⁹ of Woongebieden valt of anderszins door de rapporterende partij is ingedeeld.
- 4E Woongebieden: omvat alle ontwikkelde grond, met inbegrip van vervoersinfrastructuur en menselijke nederzettingen van elke omvang, tenzij zij reeds in andere categorieën zijn opgenomen.
- 4F Overige grondgebieden: Het omvat onbegroeide bodem, rotsen, ijs en alle onbeheerde grond die niet onder een van de andere vijf categorieën valt.

⁷ EU-27 verwijst naar de huidige EU. Ter wille van de duidelijkheid zij erop gewezen dat in sommige gevallen de termen "lidstaten" en "EU" en "Unie" worden gebruikt. In de regel hebben deze termen ook betrekking op IJsland en het Verenigd Koninkrijk.

⁸ Zie bv. Bijlage II bij de EU LULUCF-verordening 2018/841 (<https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2018/841/oj>) voor de definities die door de EU-lidstaten worden gebruikt. Deze volgen vaak de bosdefinities die worden gebruikt voor de rapportage aan de Voedsel- en Landbouworganisatie (FAO) van de Verenigde Naties, of zijn daarop gebaseerd.

⁹ Nederland rapporteert bijvoorbeeld emissies van veenweiden in organische bodems onder de categorie Grasland, terwijl andere partijen ervoor kunnen kiezen deze te rapporteren onder Wetlands.

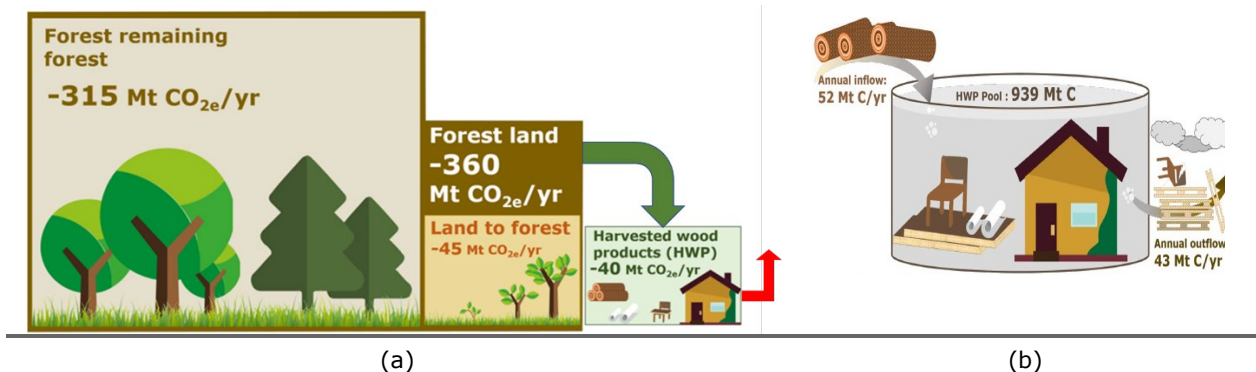
CRF-sector 4 omvat tevens een aanvullend koolstofreservoir:

- 4G Geogste houtproducten (HWP; Harvested Wood Products).

Het HWP-koolstofreservoir is relevant omdat het op een meer systematische manier weergeeft en kwantificeert hoeveel de op bosbouw gebaseerde bio-economie kan bijdragen tot de in de Overeenkomst van Parijs vastgestelde beperkingsdoelstellingen voor klimaatverandering. Het HWP-reservoir koppelt bosbouwbiomassa aan een scala van biobased houtproducten en dus aan de op bossen gebaseerde bio-economie. Dit koolstofreservoir wordt in het volgende hoofdstuk nader toegelicht.

2.2.2.2 CRF 4G: Koolstofreservoir voor geogste houtproducten (HWP)

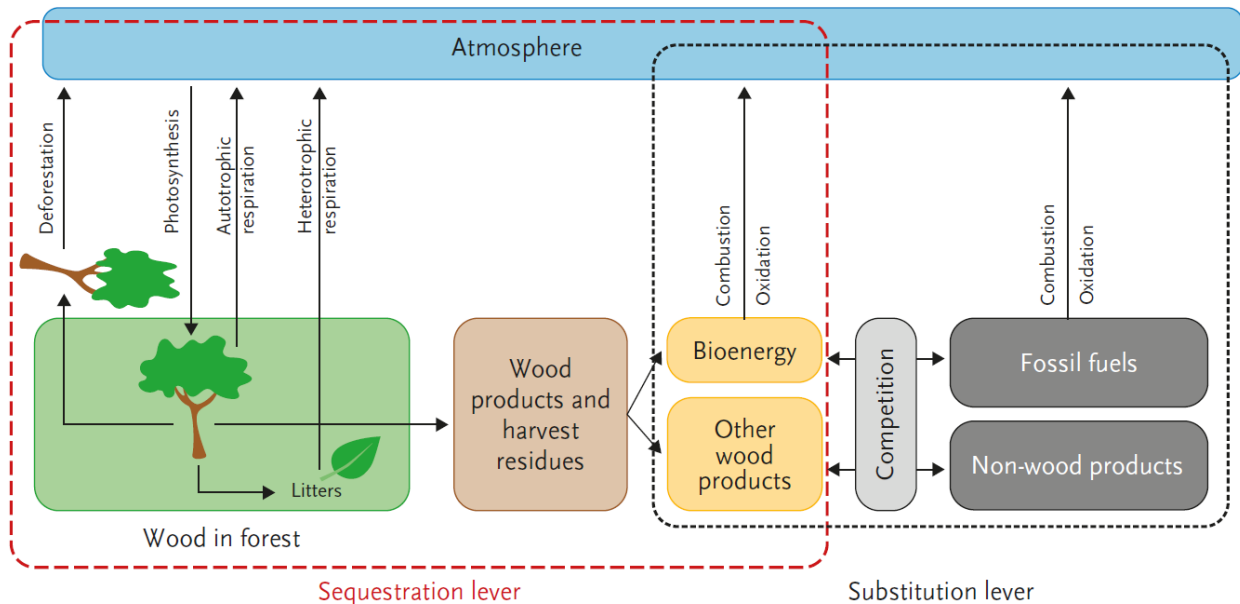
Geogste houtproducten (HWP's) zijn materialen op houtbasis, gemaakt van gekapt hout uit bossen, die worden gebruikt voor producten zoals: houten constructiematerialen, meubels, multiplex, papier en papierachtige producten. Het HWP wordt beschouwd als een koolstofreservoir omdat de in bomen vastgelegde en opgeslagen koolstof in het geogste hout aanwezig blijft totdat de uit dit hout vervaardigde producten vergaan of worden verbrand. (Ruter S., et al., 2019). Volgens Grassi et al. (2021) vormde het HWP-reservoir in de EU een gemiddelde put van 40 Mt CO₂ eq., bovenop de gemiddelde put van -360 Mt CO₂ in de bossystemen van de EU (zie figuur 1).



Figuur 1 (a) Geschatte gemiddelde netto koolstofputten in de EU gedurende 2016-2018 die samen 400 Mton CO₂eq./jaar verwijderen. (b) De koolstofdynamiek van het HWP-reservoir in 2018 voor de EU (jaarlijkse put HWP ca. -33 Mton CO₂/jaar). (Grassi, G. et al., 2021)

Een verandering in de vraag naar bepaalde houtproducten zou bijgevolg een belangrijke rol kunnen spelen in de bestrijding van klimaatverandering en de doelstelling van klimaatneutraliteit kunnen ondersteunen. Bijvoorbeeld als de houtachtige biomassa wordt gebruikt in producten met een langere levensduur (bv. meer productie van constructiehout in plaats van papier), als het product fossiel en BKG-intensief materiaal vervangt of als de bijproducten (houtafval) worden gebruikt voor de productie van energie. Het vinden van een evenwicht tussen antropogene BKG-emissies en BKG-verwijderingen in de verschillende koolstofreservoirs en -putten is van essentieel belang (UNECE, 2022). Het reservoir van geogste houtproducten draagt via twee mechanismen bij tot de aanpak van de klimaatverandering (zie ook Figuur 2):

- vorming van een koolstofopslagplaats van op hout gebaseerde producten en
- vervanging van BKG-intensieve materialen (beton en staal) en fossiele brandstoffen door energie. (De vermindering van de BKG als gevolg van substitutie moet tot uiting komen in lagere BKG-emissies van andere sectoren)



Figuur 2 **Conceptueel stroomdiagram van koolstof in een beheerde bos-houtproducten-energieketen** (Nabuurs, 2015). **Het kader "other wood products" in het diagram zou het HWP-reservoir vertegenwoordigen zoals opgenomen in de LULUCF-rapportage. Koolstof in hout dat gebruikt wordt voor bio-energie wordt verondersteld onmiddellijk te oxideren.**

Volgens de IPCC-richtsnoeren van 2006 omvat het HWP-reservoir al het houtmateriaal (inclusief schors) dat de oogstplaatsen verlaat. De houtverwijdering wordt in eerste instantie meegerekend als een verlies van koolstof uit de levende biomassa in de categorie Bosgrond (4A) en als zodanig meegeteld als een bron van CO₂-uitstoot. Vervolgens wordt de koolstof in de geogoste bomen toegevoegd aan het HWP-reservoir (4G) waar het wordt meegerekend als een toename van de koolstofvoorraad. De hoeveelheid houtachtige biomassa die aan het HWP-reservoir wordt toegevoegd, wordt berekend op basis van de productiehoeveelheden van half-afgewerkte houtproducten (bv. gezaagd hout, panelen op houtbasis en papier en karton) die door de industrie zijn opgegeven in openbaar toegankelijke databanken van internationale organisaties zoals de Corporate Statistical Database van de Voedsel- en Landbouworganisatie (FAO, 2021).

Het materiaal dat op de oogstlocaties in bosgrond achterblijft, wordt beschouwd als dood organisch materiaal en wordt gerapporteerd in de bijbehorende categorie landgebruik (4.A Bosgrond) en niet als HWP. Geogoste houtbiomassa, met inbegrip van oogstresten die uit het bosgebied zijn verwijderd, die rechtstreeks als energie wordt gebruikt, en de houtachtige biomassa die afkomstig is van ontbossing, komen niet in het HWP-reservoir terecht en worden daarmee gerapporteerd als een instantane emissie (verlies van koolstof in de koolstofreservoirs onder de categorie bosgrond). Het verbruik van houtige biomassa voor energiedoeleinden en de daaruit voortvloeiende emissies worden in het CRF bij de sector Energie gerapporteerd als een promemoriepost. Deze emissies worden niet opgenomen in de UNFCCC-boekhouding onder de Energiesector, aangezien ze reeds in de LULUCF-sector waren meegerekend als een verlies van koolstofvoorraad in bosbiomassa.

De IPCC-richtsnoeren voorzien in vier verschillende benaderingen voor de beoordeling en rapportage van emissies en verwijderingen uit HWP op nationaal niveau (IPCC, 2006) (IPCC, 2019); de "voorraadverandering"-benadering, de "productie"-benadering, de "atmosferische stroom"-benadering, en de "gewoon verval"-benadering. Daarnaast zou gebruik kunnen worden gemaakt van "instantane oxidatie", waarbij alleen rekening wordt gehouden met koolstofvoorraadverliezen in bosbiomassa en geen verdere opbrengsten in het HWP-reservoir.

De "voorraadverandering"- en "productie"-benaderingen richten zich op veranderingen in koolstofvoorraden binnen gedefinieerde HWP-reservoirs en leiden schattingen af voor CO₂-emissies en -verwijderingen daaruit. De "atmosferische stroom"- en "gewoon verval"-benaderingen zijn gebaseerd op een conceptueel kader dat gericht is op het vaststellen en volgen van CO₂-fluxen.

Een verder onderscheid tussen de benaderingen kan worden gemaakt op basis van de definities van de systeemgrenzen en tijdsoverwegingen bij de vastlegging van emissies en verwijderingen (zie Tabel 1). Zowel de "productie"- als de "gewoon verval"-benadering houdt rekening met alle in eigen land geproduceerde HWP binnen het toepassingsgebied van de methodiek voor nationale rapportage, ook als het hout wordt uitgevoerd. Deze benaderingen sluiten daarentegen ingevoerde HWP uit. De "voorraadverandering"- en "atmosferische stroom"-benaderingen houden rekening met alle in eigen land gebruikte HWP binnen het toepassingsgebied van de methodiek voor nationale rapportage. Bij deze benaderingen wordt ingevoerde HWP wel en uitgevoerde HWP niet meegerekend.

Gedetailleerde uitleg over de verschillen is te vinden in Bijlage 12A van deel 4 van de 2019-herzieningen van de IPCC-richtsnoeren van 2006.

Tabel 1 Elke HWP-benadering omvat de in groen weergegeven onderdelen en sluit de in wit weergegeven onderdelen uit. (Sato, 2019) en (IPCC, 2019).

HWP-benaderingen		Systeemgrenzen			
Reservoir- gebaseerde benadering	Flux- gebaseerde benadering				
Instantane oxidatie	-	Koolstofreservoir bosgrond	Binnenlands geproduceerde HWP in gebruik die in eigen land worden verbruikt	Binnenlands geproduceerde HWP die worden uitgevoerd en in andere landen worden gebruikt	Ingevoerde HWP in gebruik
"Productie"-benadering	"Gewoon verval"- benadering	Koolstofreservoir bosgrond	Binnenlands geproduceerde HWP in gebruik die in eigen land worden verbruikt	Binnenlands geproduceerde HWP die worden uitgevoerd en in andere landen worden gebruikt	Ingevoerde HWP in gebruik
"Voorraadverandering"- benadering	"Atmosferische stroom"- benadering	Koolstofreservoir bosgrond	Binnenlands geproduceerde HWP in gebruik die in eigen land worden verbruikt	Binnenlands geproduceerde HWP die worden uitgevoerd en in andere landen worden gebruikt	Ingevoerde HWP in gebruik

Met deze verschillende grenzen en de mix van op reservoirs en fluxen gebaseerde benaderingen bestaat het risico dat emissies en verwijderingen op internationaal niveau dubbel worden geteld of ontbreken. Om te voorkomen dat emissies en verwijderingen dubbel worden geteld of ontbreken was het gebruik van de "productie"-benadering bij de boekhouding in het kader van het Kyoto Protocol verplicht gesteld. In het kader van het transparantie mechanisme ingevolge het Akkoord van Parijs moeten alle partijen de resultaten van de toepassing van de "productie"-benadering als gemeenschappelijke informatie verstrekken teneinde geharmoniseerde vergelijkingen tussen de partijen mogelijk te maken en dubbeltellingen te voorkomen. Voor hun formele BKG-inventarissen mogen de partijen echter andere benaderingen gebruiken. Voor de EU-lidstaten is het gebruik van de "productie"-benadering verplicht voor rapportage en boekhouding in het kader van het Akkoord van Parijs, zoals vastgelegd in de EU-verordening inzake LULUCF en de EU-Governance verordening (zie Tabel 2).

Tabel 2 Samenvatting van de HWP-behandeling binnen verschillende UNFCCC-regelingen (Sato, 2019)

Regeling	HWP-benadering	Toegepaste IPCC-richtsnoeren
BKG-inventaris vóór Akkoord van Parijs		
Voor UNFCCC Bijlage I-partijen	"Productie"-benadering, "voorraadverandering"-benadering, "atmosferische stroom"-benadering, "gewoon verval"-benadering	IPCC-richtsnoeren van 2006
Voor niet-Bijlage I partijen	Geen specifieke regeling	Herziene richtsnoeren van 1996
Kyoto Protocol		
Eerste verbintenisperiode	Instantane oxidatie	GPG-LULUCF
Tweede verbintenisperiode	Op productie gebaseerde benadering/instantane oxidatie	IPCC-richtsnoeren van 2006, aanvulling IPCC KYOTO PROTOCOL 2013
Akkoord van Parijs		
BKG-inventaris	"Productie"-benadering (of instantane oxidatie) - als gemeenschappelijke informatie en om het even welke benadering voor de raming van nationale BKG-inventarissen	IPCC-richtsnoeren van 2006 en alle latere IPCC-richtsnoeren (momenteel is het gebruik van de herziening van 2019 toegestaan)
NDC-boekhouding	Om het even welke benadering. De EU-lidstaten moeten de "productie"-benadering toepassen, aangezien deze wordt voorgeschreven door de EU-verordening inzake governance en de EU-verordening inzake landgebruik, verandering van landgebruik en bosbouw (LULUCF).	IPCC-richtsnoer (= alle IPCC-richtsnoeren en adviezen) EU MS: IPCC-richtsnoeren van 2006 en latere goedgekeurde IPCC-richtsnoeren

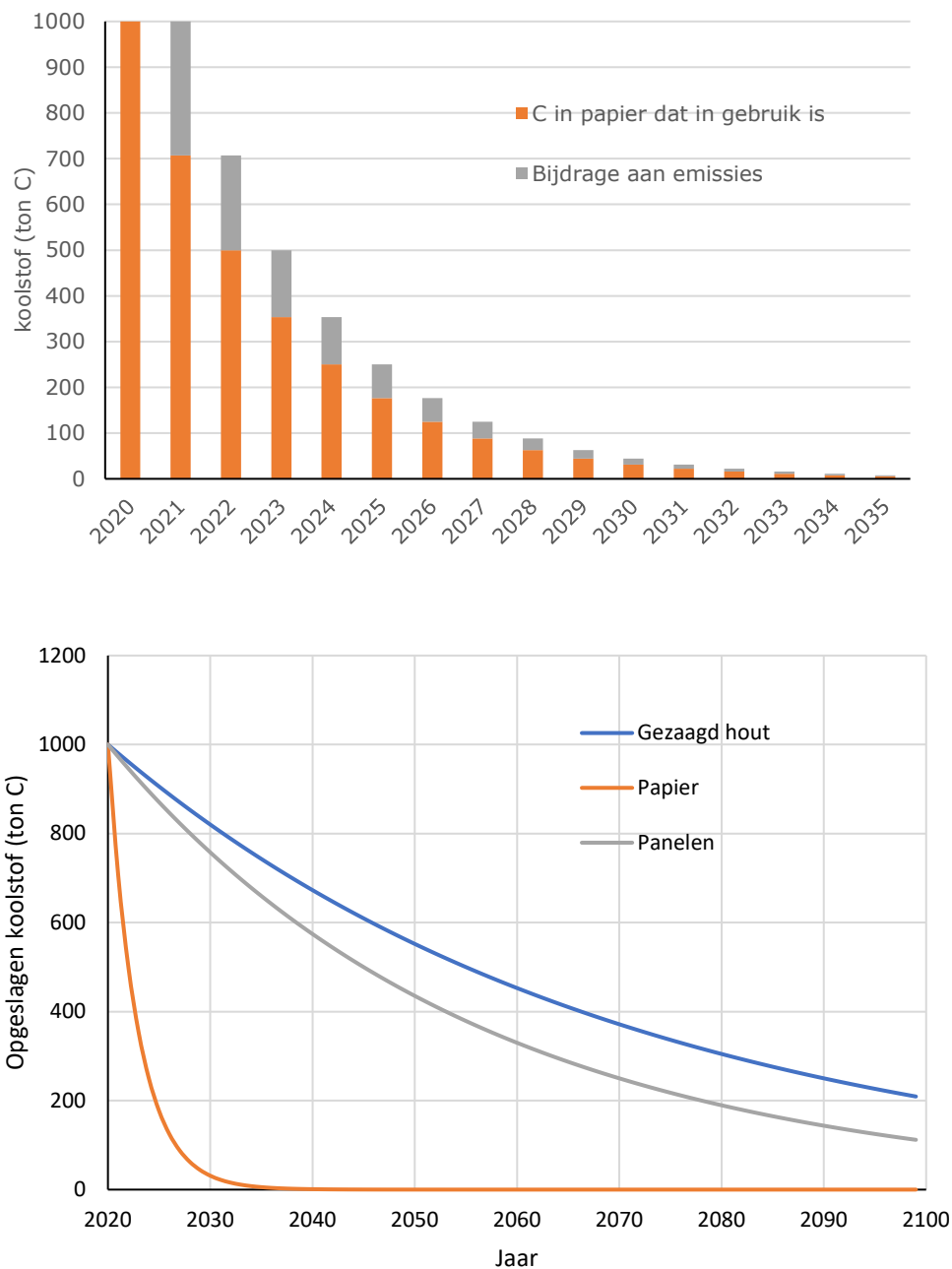
Daarom gebruikt Nederland, zoals alle EU-lidstaten, om CO₂-fluxen voor HWP te kwantificeren, de "productie"-benadering en de eerste-orde-vervalmethode op basis van de halfwaardetijden van de HWP-categorie. (Arets, E.J.M.M., et al., 2022). Dit betekent dat de koolstof in hout dat uit bossen in Nederland wordt geoogst en wordt gebruikt om producten te maken, wordt verwijderd uit de koolstofvoorraad van bosgrond en vervolgens resulteert in een instroom van koolstof in de HWP-pool in het jaar van oogst. In de daaropvolgende jaren komt de koolstof weer vrij, uitgaande van een constante snelheid van verval uit de HWP-pool.

De snelheid van deze uitstroom en emissie naar de atmosfeer hangt af van de veronderstelde halfwaardetijden voor de HWP-categorie (zie Tabel 3 voor de standaard koolstofconversiefactoren en halfwaardetijden die Nederland gebruikt voor het berekenen van koolstofvoorraadveranderingen van HWP). Een halfwaardetijd van 35 jaar houdt in dat de hoeveelheid koolstof die in de HWP-pool achterblijft elke 35 jaar halveert. Dat betekent dat na 35 jaar na de instroom in de HWP-pool nog maar 50% in de pool overblijft en dat na de volgende 35 jaar (70 jaar na instroom) nog maar 50% van deze 50% (d.w.z. 25% van de oorspronkelijke koolstofinstroom in het HWP reservoir overblijft en dat 75% weer in de atmosfeer terecht komt) en zo verder. Voor producten met een kortere levensduur, en dus halfwaardetijden, komt de in HWP opgeslagen koolstof sneller vrij. Bij papieren producten komt de helft van de koolstof weer vrij binnen 2 jaar, en binnen 4 jaar komt 75% van de koolstof vrij als CO₂. Figuur 3a hieronder illustreert dit voor een instroom van 1000 ton koolstof (C) in de HWP papiercategorie en Figuur 3b illustreert het verschil in vervalsnelheden tussen de verschillende HWP-categorieën. Merk op dat dit voorbeeld alleen de koolstofontwikkeling van een eenmalige koolstofinput weergeeft. In werkelijkheid komt er elk jaar extra koolstof in de HWP-pool van nieuwe oogsten en producten. In het jaar van instroom resulteert dit in koolstofwinsten waarna het daaropvolgende verval bijdraagt aan koolstofverliezen in de jaren erna jaren.

Tabel 3 Standaard koolstofomrekeningsfactoren en halfwaardetijden voor HWP-categorieën (Niveau 1) voor Nederland.

HWP-categorie	Koolstofomrekeningsfactor (Mg C per m ³ droog volume)	Halfwaardetijden (jaren)
Gezaagd hout	0,229	35
Panelen op houtbasis	0,269	25
Overige	0,229	35
Papier en karton	0,386	2

Gekapt hout als brandstof is opgenomen, rekening houdend met instantane oxidatie. Dit betekent dat de koolstof in de houtbrandstof wordt beschouwd als een verlies aan biomassa uit bosgrond en niet in het HWP-reservoir terecht komt, wat betekent dat deze als CO₂-uitstoot van bosgrond wordt beschouwd.



Figuur 3 a) Verval van een instroom van 1000 ton koolstof in 2020 in de categorie HWP-papier met een halfwaardetijd van 2 jaar met voor elk jaar de nog in gebruik zijnde hoeveelheid en de uitgestoten hoeveelheid; en b) Ontwikkeling van de resterende koolstof opgeslagen in HWP (gezaagd hout, panelen en papier) van 1000 ton koolstof die in 2020 de HWP-pool binnenkomt met behulp van de eerste orde verval functie beschreven in de IPCC-richtlijn in combinatie met de standaard halfwaardetijden voor gezaagd hout, panelen op houtbasis en papier en karton (zie tabel 3 hierboven). Let op het tijdsverschil op de x-as.

Een korte blik op de door andere EU-lidstaten toegepaste methodologieën leert dat momenteel in de EU alleen Frankrijk land specifieke ramingen voor halfwaardetijden gebruikt, terwijl de andere lidstaten de standaard halfwaardetijd van 2 jaar toepassen op papier, die van 25 jaar op houtpanelen en die van 35 jaar op gezaagd hout. Zoals kan worden afgeleid uit Figuur 3, zijn de halfwaardetijden een belangrijk element voor het bepalen

van de emissies en verwijderingen van HWP, terwijl momenteel de meeste landen, waaronder Nederland, voor deze parameters standaardwaarden gebruiken voor het beoordelen van emissies en verwijderingen van HWP. Dit betekent dat de klimaateffecten van beleidsmaatregelen en technologische verbeteringen in de houtindustrie die de omvang van de HWP-koolstofreservoirs¹⁰ mogelijk vergroten, momenteel niet worden meegenomen in de nationale rapportage van BKG-emissies en -verwijderingen. Om de effecten van beleidsmaatregelen voor het gebruik van hout in de bio-economie te kunnen opnemen in nationale broeikasgasinventarissen is daarom betere land specifieke informatie nodig over HWP en de halfwaardetijden daarvan.

Momenteel worden in de nationale broeikasgasinventarissen voor het UNFCCC alleen houtproducten in aanmerking genomen. Producten uit andere biomassa-bronnen worden momenteel helemaal niet opgenomen in het rapportage- en boekhoudsysteem. Bij het gebruik van biobased producten ter vervanging van fossiele producten of producten die gepaard gaan met grote BKG-emissies, wordt alleen het substitutie-effect impliciet opgenomen in de nationale BKG-inventarissen. De reden voor deze omissie van andere biobased producten moet worden gezocht in de eerdere nadruk op bosgerelateerde activiteiten in het boekhoudmechanisme op basis van het Kyoto Protocol. Ook was er in het verleden minder aandacht voor andere biobased producten die als koolstofreservoir kunnen dienen. Zo zijn de methodologische richtsnoeren die momenteel voor de rapportage worden gebruikt de IPCC-richtsnoeren van 2006, die 16 jaar geleden zijn opgesteld en pas sinds 2013 zijn goedgekeurd voor gebruik in de BKG-inventarissen.

De Europese Commissie werkt momenteel aan voorstellen voor koolstoflandbouw, waarbij voorstellen zijn gedaan voor een nieuwe categorie "koolstofopslagproducten" voor gebruik binnen het EU-klimaatkader. Meer informatie hierover zal naar verwachting worden opgenomen in de voorgestelde EU-verordening inzake de certificering van koolstofverwijderingen, maar het voorstel werd te laat gepubliceerd om volledig te worden meegenomen in dit onderzoek.

2.2.3 Akkoord van Parijs – (2015)

Het Akkoord van Parijs werd in december 2015 aangenomen in het kader van het UNFCCC en trad in november 2016 in werking; zij biedt een duurzaam kader dat de wereldwijde inspanningen voor de komende decennia in goede banen leidt en markeert het begin van een verschuiving naar een wereld met netto-nul-emissies. De partijen zijn overeengekomen om de stijging van de wereldwijde gemiddelde temperatuur onder 2 °C boven het pre-industriële niveau te houden en zich te blijven inspannen om de temperatuurstijging te beperken tot 1,5 °C boven het pre-industriële niveau. Tot dusver zijn 193 partijen (192 landen plus de Europese Unie) toegetreden tot het Akkoord van Parijs. (Verenigde Naties, 2021), (IRENA, 2022)

Het Akkoord van Parijs vraagt alle landen hun klimaatmaatregelen voor de periode na 2020 aan te geven in hun nationaal vastgestelde bijdragen (Nationally Determined Contributions, of NDC's). De NDC's zijn nationale plannen waarin klimaatmaatregelen worden belicht, waaronder streefcijfers, beleid en maatregelen die overheden willen uitvoeren als reactie op de klimaatverandering en als bijdrage aan wereldwijde klimaatactie. NDC's worden om de vijf jaar ingediend bij het secretariaat van het UNFCCC. De partijen wordt verzocht de volgende ronde NDC's (nieuwe NDC's of geactualiseerde NDC's) in 2020 in te dienen en vervolgens om de vijf jaar (bv. 2020, 2025 en 2030), ongeacht hun respectieve uitvoeringstermijnen. (UNFCCC, 2022)

¹⁰ Zoals de bevordering van het gebruik van hout in toepassingen met een langere levensduur of de toepassing van nieuwe innovatieve houtproducten die bijvoorbeeld het gebruik van stammen van lage kwaliteit en met een kleine diameter bevorderen, of de efficiëntie van de verwerking van houtproducten verbeteren, innovatieve houtproducten met een langere levensduur ontwikkelen en/of het recyclingpercentage verhogen.

2.3 De verplichtingen van de Europese Unie uit hoofde van het Akkoord van Parijs

2.3.1 Emissierapportage en -boekhouding in de EU

De in het Akkoord van Parijs vastgestelde emissiereducties gelden voor de periode 2021-2030. Partijen bij het Akkoord van Parijs zijn verplicht hun prestatiedoelstellingen te vermelden in nationaal vastgestelde bijdragen (NDC's). Het uiteindelijke doel van het Akkoord van Parijs is om in de tweede helft van deze eeuw een evenwicht te bereiken tussen broeikasgasemissies en -verwijderingen. De partijen bij het Akkoord van Parijs hebben een zekere keuzevrijheid met betrekking tot de maatregelen die zij daartoe kunnen nemen. De prestaties zullen worden getoetst aan het NDC, maar ook hier hebben de partijen een zekere keuzevrijheid in de wijze waarop zij de LULUCF-sector beoordelen en er rekenschap over afleggen. De EU-lidstaten hebben een gezamenlijk NDC, waarvan de drie belangrijkste elementen zijn: de EU-regeling voor het verhandelen van emissierechten (voor energie en zware industrie), de "inspanningsverdeling" en LULUCF. In de verordening inzake de verdeling van de inspanningen (Effort Sharing Regulation, of ESR) hebben de lidstaten een gemeenschappelijke doelstelling voor de betrokken categorieën vastgesteld, maar de toewijzing van de te realiseren reducties is voor elke lidstaat verschillend, afhankelijk van de eerder overeengekomen criteria. In 2018 zijn ook afspraken gemaakt over hoe de EU-lidstaten verantwoording moeten afleggen over de vermindering van de uitstoot van broeikasgassen.

In het kader van de Green Deal van de EU (zie hoofdstuk 2.3.2) zijn ambitieuzer doelstellingen vastgesteld en zijn ook aanvullende strategieën opgenomen die de ambitie om deze doelstellingen te bereiken moeten ondersteunen.

2.3.2 De Green Deal van de EU

De Green Deal van de EU is in december 2019 door de Europese Commissie gelanceerd als het masterplan om de Europese Unie om te vormen tot een moderne, hulpbronnenefficiënte en concurrerende economie, die ervoor zorgt dat: economische groei wordt losgekoppeld van het gebruik van hulpbronnen, er geen persoon en geen plaats achterblijft en er tegen 2050 geen netto-uitstoot van broeikasgassen is (Europese Raad-GD, 2022).

Om in 2050 klimaatneutraliteit te bereiken, moeten de huidige BKG-emissieniveaus in de komende decennia aanzienlijk dalen, als tussenstap naar klimaatneutraliteit. De Europese klimaatwet is op juli 2021 in werking getreden en bepaalt dat de EU haar klimaatambitie voor 2030 heeft opgehoogd en zich ertoe heeft verbonden de netto-uitstoot **tegen 2030 met ten minste 55%** te verminderen. Deze doelstelling is in overeenstemming met de doelstelling van het Akkoord van Parijs om de wereldwijde temperatuurstijging ruim onder de 2°C te houden en de inspanningen voort te zetten om deze tot 1,5°C te beperken.

Om de ambitie van de Europese klimaatwet te verwerklijken, moeten de huidige Europese wetten structureel worden aangepast. Daarom is het pakket "**Fit for 55**" in het leven geroepen (september 2020). (Europese Commissie, 2021) Dit pakket bevat voorstellen om de EU-wetgeving te herzien en te actualiseren en nieuwe initiatieven te nemen om ervoor te zorgen dat het EU-beleid in overeenstemming is met de door de Raad en het Europees Parlement overeengekomen klimaat- en energiedoelstellingen.

Het "Fit for 55 Package" omvat alles van hernieuwbare energiebronnen tot energie-efficiëntie, energiebelasting, nieuwe gebouwen, alsook landbouw, bosbouw, landgebruik en veranderingen in het landgebruik, verdeling van de inspanningen en het verhandelen van emissierechten en een hele reeks andere wetteksten.

Andere initiatieven van de Commissie die nauw verband houden met de Green Deal van de EU ter bescherming en verbetering van de weerstand van de bossen in de EU tegen klimaatverandering, zijn:

- De EU-biodiversiteitsstrategie (Biodiversity Strategy, BDS) voor 2030. (Europese Commissie-BDS, 2022)
- De "Van boer tot bord"-strategie (Farm to Fork Strategy, F2F). (Europese Commissie-F2F, 2020)
- Het 'Koolstoflandbouw'-initiatief (Carbon Farming Initiative, CFI) (Europese Commissie-CFI, 2021)

- De EU-bossenstrategie 2030 (European Parliamentary Research Service, 2022)
- EU-strategie voor aanpassing aan de klimaatverandering (Adaptation to Climate Change, ACC). (Europese Commissie- ACC, 2021)
- EU-strategie ter vermindering van de methaanemissies (Reduce Methane Emissions, RME). (Europese Commissie-RME, 2020)
- De EU-bodemstrategie (Soil Strategy, SS). (Europese Commissie-SS, 2021)
- Actieplan voor nulvervuiling (Zero Pollution Action Plan, ZPAP). (Europese Commissie-ZPAP, 2021)
- EU-actieplan voor de circulaire economie (Action Plan for the Circular Economy, of CEAP) II. (Europese Commissie-CEAP, 2022)
- Voorstel voor een verordening inzake ecologisch ontwerp voor duurzame producten (Ecodesign for Sustainable Products, ED). (Europese Commissie-ED, 2022)
- Het nieuwe gemeenschappelijk landbouwbeleid: 2023-27 (common agricultural policy). (Europese Commissie-CAP, 2021)
- Strategie voor schone energie (Clean Energy Strategy, CEE). (Europese Commissie-CEE, 2022)

Voor de LULUCF-sector in de Europese Unie is het oorspronkelijke regelgevingskader vastgelegd in **Verordening (EU) 2018/841** (2018) wat betreft het toepassingsgebied, de vereenvoudiging van de nalevingsregels, de vaststelling van de doelstellingen van de lidstaten voor 2030 en de verbintenis om tegen 2035 collectief klimaatneutraliteit te bereiken in de sector landgebruik, bosbouw en landbouw, en Verordening (EU) 2018/1999 wat betreft de verbetering van de monitoring, de verslaglegging, het volgen van de vooruitgang en de toetsing. De verordeningen omschrijven de verbintenissen van de lidstaten voor de LULUCF-sector die bijdragen tot het bereiken van de doelstellingen van het Akkoord van Parijs en het halen van de BKG-emissiereductiedoelstelling voor de EU voor de periode 2021-2030. Er worden ook regels vastgesteld voor het administreren van emissies en verwijderingen uit LULUCF en voor de controle op de naleving door de lidstaten. (Europese Commissie, 2018)

De LULUCF-sector is verbonden met alle ecosystemen en economische activiteiten die afhankelijk zijn van het land en de diensten die het levert. Daarom biedt de LULUCF-verordening synergieën met ander EU-beleid dat betrekking heeft op grondgerelateerde activiteiten, voornamelijk het gemeenschappelijk landbouwbeleid en het energiebeleid, met name met betrekking tot hernieuwbare energie.

Het voorstel tot wijziging van Verordening (EU) 2018/841 als onderdeel van het "Fit for 55"-pakket heeft tot doel de bijdrage van de LULUCF-sector aan de opgehoogde klimaatambitie voor 2030 te versterken en de huidige dalende trend van koolstofverwijdering om te buigen en de natuurlijke koolstofput in de hele EU te versterken. Meer in het bijzonder wordt bij de herziening van de huidige wetgeving voorgesteld om:

- een doelstelling op EU-niveau te formuleren voor de nettoverwijdering van broeikasgassen van ten minste 310 miljoen ton CO₂-equivalent in 2030, die als bindende streefcijfers over de lidstaten wordt verdeeld;
- de regels wat betreft boekhouding en naleving te vereenvoudigen en de controle te verbeteren.

Op 29 juni 2022 zijn de voorstellen van het Europees Parlement en de Raad voor de herziening en wijziging van Verordening (EU) 2018/841 en Verordening (EU) 2018/1999, als onderdeel van het "Fit for 55"-pakket (A9-0161-2022), aangenomen als onderhandelingsstandpunt in de trialogen. Dit amendement heeft betrekking op enkele aspecten in verband met het gebruik van biomassa uit bosbouw en landbouw in duurzame biobased producten, die in hoofdstuk 3 nader worden besproken.

2.3.3 Duurzame koolstofkringlopen en koolstoflandbouw in de EU

In het kader van de Green deal van de EU heeft de Europese Commissie in december 2021 haar aanpak voor duurzame koolstofkringlopen bekendgemaakt. (Europese Commissie-SCC, 2022) De aanpak omvat alle aspecten (bv. vermindering, recycling, hergebruik) van het loskoppelen van productiesystemen van fossiele koolstof en het overschakelen op hernieuwbare en biobased koolstofbronnen. Een belangrijk element van deze aanpak is de koolstoflandbouw. Koolstoflandbouw moet een zeer belangrijke rol gaan spelen bij het halen van de klimaatveranderingsdoelstellingen van de EU. Het staat momenteel volop in de belangstelling, nu de Europese Raad in november 2022 een voorstel voor EU-certificering voor koolstofverwijdering heeft uitgebracht

(Europese Commissie - Persbericht, 2022). Binnen de context van dit rapport concentreren we ons op de relevante elementen van koolstoflandbouw voor de materiële omschakeling.

"Koolstoflandbouw kan worden gedefinieerd als een groen bedrijfsmodel dat grondbeheerders beloont voor het toepassen van verbeterde landbeheerpraktijken, resulterend in een toename van de koolstofvastlegging in levende biomassa, dood organisch materiaal en bodems door het verbeteren van de koolstofafvang en/of het verminderen van de afgifte van koolstof aan de atmosfeer, met inachtneming van ecologische beginselen die gunstig zijn voor de biodiversiteit en het natuurlijke kapitaal in het algemeen" (Europese Commissie-CF, 2021).

De EU wil tegen 2028 toegang hebben tot geverifieerde emissie- en verwijderingsgegevens voor alle grondbeheerders en wil tegen 2030 bijdragen aan het bereiken van de LULUCF-doelstelling van 310 miljoen ton CO_{2eq}¹¹ aan verwijderingen. Het actieplan van de EU bestaat dan ook uit verschillende activiteiten ter ondersteuning van koolstoflandbouw, waarbij tevens de nodige informatie wordt verzameld om passende infrastructuur te ontwikkelen voor adequate MRV (monitoring, rapportage, validatie) van alle koolstoflandbouwinitiatieven die in de EU worden ontplooid. Voorbeelden van deze activiteiten zijn: 1) financiering van lopende en toekomstige EU-projecten met betrekking tot koolstoflandbouw, 2) een lopend project waarin wordt gekeken naar het beginsel "de vervuiler betaalt" en 3) een deskundigengroep voor koolstoflandbouw die advies moet uitbrengen over hoe (in detail) een systeem van certificaten voor koolstofverwijdering kan worden opgezet. (Forlin V. DG CLIMA, 2022).

De Commissie zal met steun van de deskundigengroep de certificeringsmethoden voor koolstofverwijdering ontwikkelen. Met het voorstel tot vaststelling van een certificeringskader voor koolstofverwijdering wordt beoogd de transparantie en geloofwaardigheid van het certificeringsproces te waarborgen, en wel door regels vast te stellen voor: 1) de onafhankelijke verificatie van koolstofverwijderingen en 2) de erkenning van certificeringsregelingen die kunnen worden gebruikt om de naleving van het EU-kader aan te tonen. Voorts is de noodzaak om de kwaliteit en de vergelijkbaarheid van koolstofverwijdering te waarborgen van het grootste belang, en daarom worden in de voorgestelde verordening vier kwaliteitscriteria (QU.A.L.I.T.Y criteria) vastgesteld:

1. Kwantificering: Koolstofverwijderingsactiviteiten moeten nauwkeurig worden gemeten en ondubbelzinnige voordelen voor het klimaat opleveren.
2. Additionaliteit: Koolstofverwijderingsactiviteiten moeten verder gaan dan de bestaande praktijken en wat wettelijk verplicht is.
3. Langetermijnopslag: De certificaten zijn gekoppeld aan de duur van de koolstofopslag om permanente opslag te waarborgen.
4. Duurzaamheid: Koolstofverwijderingsactiviteiten moeten duurzaamheidsdoelstellingen zoals aanpassing aan de klimaatverandering, circulaire economie, water- en mariene hulpbronnen en biodiversiteit in stand houden of daartoe bijdragen.

Naast deze criteria is de verordening ook bedoeld om de invoering van op de markt gebaseerde oplossingen voor koolstofverwijdering te bevorderen. Tevens wordt erkend dat er, om aan al deze eisen te voldoen, een effectief bestuurskader voor een doeltreffende, kostenefficiënte en transparante uitvoering moet worden opgezet.

Momenteel kent de koolstofmarkt twee belangrijke soorten regelingen. De op activiteiten gebaseerde koolstoflandbouwregelingen, waarbij betalingen worden gedaan indien bepaalde koolstoflandbouwmaatregelen worden uitgevoerd (onafhankelijk van de resulterende impact van die maatregelen). De op resultaten gebaseerde koolstoflandbouw: Als wordt betaald voor verminderde netto BKG-stromen uit het land van een koolstofboer (bv. vastlegging van koolstof), moet er een rechtstreeks verband zijn tussen de geleverde resultaten en de betaling. (Thorsøe, 2022)

Bij nadere beschouwing van het ontwerp van deze regelingen lijken er tot dusver drie ontwerp-opties in het spel te zijn, die voornamelijk betrekking hebben op de financier van de certificaten. De eerste is de

¹¹ Koolstofdioxide-equivalent (CO_{2eq}) staat voor een eenheid gebaseerd op het aardopwarmingspotentieel (global warming potential, of GWP) van verschillende broeikasgassen. De eenheid CO_{2eq} meet het milieueffect van één ton van deze broeikasgassen in vergelijking met het effect van één ton CO₂.




















rechtstreekse betalingen aan de landeigenaar of landbouwer via de GLB-pijler van het Europees Landbouwfonds voor Plattelandsontwikkeling (ELFPO). De tweede is door het terugdringen¹² van emissies langs de toeleveringsketen van de agrovoedingssector (Di Virgilio N.-DG AGRI, 2022). De laatste zijn de vrijwillige koolstofmarkten, waar particuliere bedrijven gecertificeerde koolstofkredieten verhandelen tussen landbouwers en andere sectoren/industrieën die hun BKG-emissies willen compenseren. Om mogelijke conflicten tussen particuliere en publieke (door de EU gefinancierde) betalingen te voorkomen, stelt de EU-commissie voor dat elk koolstofkrediet een unieke identificatiecode krijgt wanneer het in het EU-register voor koolstofkredieten wordt geregistreerd. Op deze manier kan een dergelijk krediet maar een keer worden verhandeld. Dit zou ervoor zorgen dat er geen dubbele betalingen worden verricht, maar ook dat de verhandelde emissies worden gemonitord, om ook dubbele registraties bij de verschillende NIR (nationale rapportage van emissie-inventarissen) -sectoren te voorkomen.





Momenteel zijn er nog veel uitdagingen bij de invoering van een doeltreffende koolstofkredietregeling die goed kan worden gecontroleerd, transparant kan worden gerapporteerd en effectief kan worden gevalideerd. Op EU-niveau wordt momenteel hard gewerkt aan oplossingen voor deze uitdagingen. De publicatie van het voorstel tot vaststelling van een kader is een belangrijke stap om het vinden van mogelijke oplossingen te versnellen.

2.4 Verschillen tussen de rapportage-boekhoudmethoden

In het kader van de UNFCCC-rapportage over emissies en verwijderingen van broeikasgassen rapporteren de partijen over door de mens veroorzaakte emissies en verwijderingen. Als onderdeel van de overeenkomsten krachtens het Kyoto Protocol, en nu in het kader van het Akkoord van Parijs, zijn aanvullende doelstellingen voor emissiebeperking en toenemende verwijderingen van CO₂ overeengekomen. Voor het Akkoord van Parijs zijn deze partijspecifieke doelstellingen vastgelegd in de nationaal vastgestelde bijdragen (NDC: Nationally Determined Contributions). Voor de meeste emissiesectoren stellen de doelstellingen een bepaalde (relatieve) emissiereductie vast ten opzichte van de emissies in een referentiejaar, meestal 1990. Aangezien de tweede verbintenisperiode van het Kyoto Protocol in 2020 afliep, zullen wij geen gedetailleerde informatie verstrekken over de grondslagen van het boekhoudsysteem van het Kyoto Protocol. Gedetailleerde informatie is te vinden in Iversen et al., 2014 (Iversen P., 2014) en (Hendriks, 2021). Het paste verschillende boekhoudregels toe voor verschillende activiteiten op het gebied van landgebruik, die niet noodzakelijkerwijs één op één gebaseerd waren op de UNFCCC-categorieën voor landgebruik. De definitieve boekhouding van de tweede verbintenisperiode van het Kyoto Protocol is gebaseerd op de in het NIR 2022 gerapporteerde boekhoudwaarden. Alleen bosgerelateerde activiteiten (bebossing/herbebossing, ontbossing en bosbeheer) werden verplicht in de boekhouding opgenomen. De andere activiteiten konden op vrijwillige basis in de boekhouding worden opgenomen, maar dit moest vóór het begin van de tweede verbintenisperiode worden meegedeeld. Figuur 4 geeft een overzicht van de bepalingen inzake rapportage en boekhouding.

¹² 'Insetting'-projecten zijn interventies in de waardeketen van een bedrijf die zijn ontworpen om BKG-emissiereducties en koolstofopslag te genereren, en tegelijkertijd positieve effecten te creëren voor gemeenschappen, landschappen en ecosystemen. (IPI, 2022)

UNFCCC	Kyoto Protocol (2013-2020)		EU 2018/841	
Categories	Categories	Accounting rules	Categories	Accounting rules
<ul style="list-style-type: none">  Forest Land 	<ul style="list-style-type: none">  Aff/Reforestation  Deforestation  Forest management 	<ul style="list-style-type: none"> Mandatory, gross-net Mandatory, related to reference level 	<ul style="list-style-type: none">  Afforested land  Deforested land  Managed forest land 	<ul style="list-style-type: none"> Mandatory, gross-net Mandatory, related to reference level
<ul style="list-style-type: none">  Cropland  Grassland  Wetlands  Settlements  Other Land 	<ul style="list-style-type: none">  Cropland management  Grazing land management  Wetland drainage/rewetting  Revegetation 	<ul style="list-style-type: none"> Voluntary, relative to 1990 	<ul style="list-style-type: none">  Managed cropland  Managed grassland  Managed wetlands 	<ul style="list-style-type: none"> Mandatory, relative to baseline period 2005-2009 Voluntary, relative to baseline period 2005-2009 (mandatory from 2026)

-  Total land-related greenhouse gas emissions in a country
-  LULUCF greenhouse gas emissions reported under UNFCCC (managed land)
-  LULUCF greenhouse gas emissions reported and accounted under EU 2018/841
-  LULUCF greenhouse gas emissions reported and accounted under Kyoto Protocol

Figuur 4 *Overzicht van de rapportageverplichtingen (UNFCCC) en boekhoudkundige bepalingen krachtens de tweede verbintenisperiode van het Kyoto Protocol en volgens de LULUCF-verordening van de EU (voordat de wijziging werd voorgesteld - deze moet worden bijgewerkt nu de wijzigingen door de Commissie, het Europees Parlement en de Raad van de EU zijn goedgekeurd).*

In het kader van de boekhouding voor het Akkoord van Parijs worden in de LULUCF-verordening van de EU opnieuw verschillende boekhoudcategorieën met verschillende boekhoudregels onderscheiden. Het voordeel ten opzichte van de onder het Kyoto Protocol gebruikte boekhoudcategorieën is dat de boekhoudcategorieën nu rechtstreeks gebaseerd zijn op de UNFCCC-categorieën voor landgebruik (Hendriks, 2021). Beboste en ontboste gebieden (artikel 6) worden bruto-netto geboekt: de totale emissies en verwijderingen voor de perioden 2021-2025 en 2026-2030 worden opgenomen. Beheerd akkerland, grasland en wetland (artikel 7) worden netto-netto meegerekend: emissies en verwijderingen voor de twee perioden minus vijf keer de waarde van de gemiddelde jaarlijkse emissies in de basisperiode (2005-2007). Beheerde bosgebieden, met inbegrip van geogste houtproducten (artikel 8), worden meegerekend als de emissies en verwijderingen voor de twee perioden minus vijf maal het referentieniveau voor bossen van de lidstaat. Dit bosreferentieniveau (Forest Reference Level, of FRL) is een raming van de verwijdering van CO₂ (door koolstofvastlegging in bossen). Het houdt rekening met de leeftijdsgebonden groei van het bestaande bos in de veronderstelling dat het bosbeheerregime een voortzetting is van het beheer tijdens de historische referentieperiode (2000-2009). De FRL en de ondersteunende argumentatie voor de bepaling ervan worden vastgelegd in een nationaal boekhoudplan voor de bosbouw (National Forestry Accounting Plan, of NFAP). Het gebruik van de FRL biedt een zekere garantie dat alleen extra beperkingsinspanningen van de lidstaten in aanmerking worden genomen bij de geregistreerde verwijderingen en dat verwijderingen die louter het resultaat zijn van "business as usual"-bosgroei, -beheer en -kap niet worden beloond.

2.5 Nederland (Nationaal Kader): Het Klimaatakkoord.

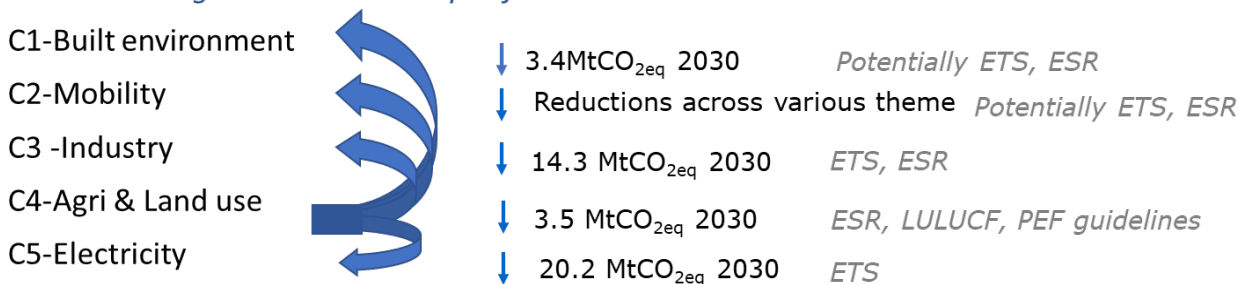
Het Klimaatakkoord is gesloten tussen meer dan 100 maatschappelijke partijen (zowel publiek als privaat) en bevat een pakket maatregelen ter actieve ondersteuning van het hoofddoel om de nationale uitstoot van broeikasgassen tegen 2030 met 49% te verminderen ten opzichte van het niveau van 1990. (Nederlandse regering, 2019). Het Klimaatakkoord heeft 5 sectorale platforms: (C1) Gebouwde omgeving, (C2) Mobiliteit, (C3) Industrie, (C4) Landbouw en landgebruik en (C5) Elektriciteit. Elk met specifieke doelstellingen die niet alleen gebaseerd zijn op een kosteneffectieve maatregel tot 2030, maar ook rekening houden met de wenselijkheid van maatregelen op langere termijn om de overgang tot 2050 te ondersteunen.

Het Nederlandse Klimaatakkoord bestaat in grote lijnen uit drie onderdelen:¹³.

- In Deel B worden de doelstellingen van het Klimaatakkoord uiteengezet en worden de beginselen voor toezicht en governance uiteengezet.
- Deel C bevat de verbintenissen die in vijf sectorale platforms zijn aangegaan.
- Deel D bevat de afspraken die zijn gemaakt over onderwerpen die meerdere sectoren aangaan. Deze overeenkomsten hebben betrekking op de volgende tien onderwerpen: (D1) Systeemintegratie, (D2) Biomassa, (D3) Geïntegreerde kennis- en innovatieagenda, (D4) Arbeidsmarkt en training, (D5) Creëren van draagvlak in de samenleving, (D6) Ruimtelijke opgave, (D7) Regionale energiestrategieën, (D8) Kansen voor marktfinanciering, (D9) Uitgangspunten voor uitbreiding van de SDE+ regeling, (D10) De voorbeeldfunctie van de rijksoverheid.

In 1990 bedroegen de totale BKG-emissies in Nederland ongeveer 228 miljoen ton CO₂ (alle andere broeikasgassen zoals methaan en distikstofoxide zijn omgerekend naar CO₂-equivalenten). In 2030 moet die uitstoot 49% lager zijn, wat neerkomt op 116 Mton CO₂. Zonder het Klimaatakkoord zou de uitstoot in 2030 165 Mton CO₂ bedragen. Het Klimaatakkoord moet daarom zorgen voor een reductie van 49 Mton broeikasgassen in het jaar 2030. De verbintenissen per sectoraal platform voor 2030 in het Klimaatakkoord zijn weergegeven in Figuur 5.

The Climate Agreement 5 sector platforms:



Source: <https://www.klimaatakkoord.nl/klimaatakkoord/vraag-en-antwoord/wat-is-het-doel-van-het-klimaatakkoord>
ESD: Effort Sharing Decision, ETS Emission Trading Systems

Figuur 5 De streefdoelen van het Klimaatakkoord voor 2030 per sectoraal platform (-49 Mton CO_{2eq}).

Sector C4. Landbouw en landgebruik zijn een relevante leverancier van grondstoffen voor de productie van biobased producten. De verbintenissen in deze sector zijn gericht op de overgang naar natuurinclusieve en circulaire landbouw. Voor de veehouderij zullen de inspanningen vooral gericht zijn op het emissievrij maken van stallen, het aanpassen van veevoer en het verbeteren van de mestverwerking. In de glastuinbouw wordt verder gewerkt aan energiebesparing, het opwekken van duurzame energie en het gebruik van door derden geleverde warmte en CO₂. Ook zullen inspanningen worden geleverd om het gedragspatroon van voedselconsumenten te veranderen, zodat voedselverspilling wordt tegengegaan en op duurzamer, plantaardige voedingsmiddelen wordt overgestapt. Slimme oplossingen met betrekking tot landgebruik, waaronder proefprojecten om het waterniveau in veenweidegebieden te verhogen. Daarnaast zullen diverse maatregelen worden ingevoerd die ertoe zullen bijdragen dat op termijn meer koolstof wordt vastgelegd. Dit omvat uitbreiding van het natuurgebied, herstel van landschapsstructuren, beperking van de ontbossing, aanplant van nieuwe bomen en meer koolstofvastlegging in landbouwbodems door slim en duurzaam gebruik. Binnen sector C4 moeten echter nog vragen worden beantwoord, zoals:

- Hoe kan de distributie, het gebruik en de toepassing van biomassa worden verbeterd?
- Hoe kan de reductie van BKG-emissies als gevolg van de vervanging van fossiele producten door biobased producten in andere sectoren worden berekend?

Daarnaast is er sprake van een 'Routekaart Nationale Biomassa' (C.4.3.5); dit document is in juni 2020 gepubliceerd en tracht de hoeveelheden biomassa te schetsen die beschikbaar zouden kunnen zijn als grondstof voor hoogwaardig gebruik, zoals biobased materialen met langdurige koolstofopslag en chemicaliën.

¹³ Deel A is een beknopte inleiding op het document.

Volgens de routekaart kan de beschikbaarheid van Nederlandse biobased grondstoffen aanzienlijk toenemen. Samenwerking tussen overheid en bedrijfsleven is echter cruciaal. De vraag van de industrie naar grondstoffen moet duidelijk zijn voordat de productie van biograndstoffen kan toenemen.

De Nederlandse regering is ervan overtuigd dat het gebruik van biomassa cruciaal is voor de duurzaamheid van de nationale economie en de verwezenlijking van de klimaatdoelstellingen voor 2030 en 2050. Daarom is het belangrijk op te merken dat in het Klimaatakkoord, sectie D2. Biomassa, wordt vermeld dat de duurzaamheidscriteria voor het prioriteren van toepassingen, toegepaste cascadering (stroomafwaarts gebruik van biomassa) en het in aanmerking nemen van potentiële stromen van biomassa naar de meest relevante sectoren nog in ontwikkeling zijn. Op lange termijn streven de partijen (overheid, natuurbeheerders, ngo's en industrieën) naar het gebruik van duurzame biomassa voor hoogwaardige toepassingen in commerciële sectoren waar weinig alternatieven zijn voor grondstof.

2.6 Productniveau - Relevante standaarden en richtsnoeren voor biogene-koolstofboekhouding

Voor de berekening van BKG-emissies gedurende de levenscyclus van biobased producten zijn specifieke overwegingen vereist voor de boekhouding van de opname van biogene koolstof tijdens de groei van de biomassa en het vrijkomen ervan gedurende de levenscyclus van het product, alsook voor de boekhouding van elke vorm van tijdelijke of "permanente" (langetermijn)opslag van biogene koolstof in producten. In dit hoofdstuk wordt nagegaan hoe methodologische aspecten die relevant zijn voor biogene koolstof worden behandeld in standaarden en richtsnoeren voor levenscyclusanalyse (LCA; Life Cycle Analysis).

Boekhouding van biogene koolstof (opname en afgifte)

Biogene koolstof is de koolstof die is opgeslagen in biologische materialen. Biogene koolstof kan worden vastgelegd als CO₂ uit de atmosfeer via fotosynthese tijdens de groei van biomassa, een proces dat gewoonlijk wordt aangeduid als vastlegging. Biogene koolstof kan vervolgens in de lucht worden uitgestoten als CO₂, CO of CH₄ als gevolg van de oxidatie en/of reductie van biomassa door omzetting of afbraak (bv. verbranding, vergisting, compostering, storten). (Breton C., 2018), (Hoxha et al., 2020).

In traditionele LCA's kunnen twee hoofdbenaderingen worden onderscheiden bij de beoordeling van het effect van opname en afgifte van biogene koolstof. De eerste benadering, die wordt aangeduid met de "0/0-benadering" of "koolstofneutrale benadering", veronderstelt dat het vrijkomen van CO₂ uit een biogebaseerd product aan het einde van de levensduur wordt gecompenseerd door de opname van CO₂ tijdens de groei van de biomassa (Hoxha et al., 2020). Bijgevolg is er geen boekhouding van opname of afgifte van biogene CO₂. De neutrale benadering (0/0) kan van toepassing zijn op energetisch gebruik van biomassa, waarbij alle vastgelegde koolstof vrijkomt door verbranding.

Bij de tweede benadering, die de "-1/+1"-benadering wordt genoemd, worden alle biogene koolstofstromen gedurende de levenscyclus van het product gevolgd (Hoxha et al., 2020). In deze benadering worden zowel de biogene-CO₂-opname (-1) als het vrijkomen ervan (+1) in aanmerking genomen. Het belangrijkste voordeel van de -1/+1-benadering is de grotere transparantie van de biogene koolstofstromen gedurende de hele levenscyclus.

Wat biobased producten betreft, ligt de situatie ingewikkelder. De biogene koolstof kan langere tijd in producten worden opgeslagen en verbranding is niet de enige optie aan het einde van de levenscyclus. Aan het einde van de levenscyclus kan biogene koolstof worden uitgestoten in de vorm van CO₂ indien deze volledig of gedeeltelijk is geoxideerd en CO en/of CH₄ vormen. De biogene koolstof kan door recycling ook in andere producten terecht komen. Hieronder volgt een overzicht van de benaderingen die in relevante standaarden en richtsnoeren inzake levenscyclusanalyse (LCA) en koolstofvoetafdruk worden aanbevolen voor het (boekhoudkundig) registreren van biogene koolstof in biobased producten.

Vertraagde emissies - Tijdelijke of permanente biogene-koolstofopslag

Naast de beoordeling van de biogene-koolstofopname en -afgifte is een ander aandachtspunt de beoordeling van het effect van biogene-koolstofopslag. Koolstofopslag kan worden gedefinieerd als de vastlegging van koolstof in producten gedurende een bepaalde periode, resulterend in een (tijdelijke) vermindering van de CO₂-concentratie in de atmosfeer (Brandão et al. 2013). De toepassing van biobased producten heeft het potentieel om de klimaatverandering (in de tijd) te matigen, ook al zijn de koolstofopslag en de bijbehorende voordelen wellicht tijdelijk. Voor de duur van de opslag oefent het CO₂ geen stralingsforcering uit, d.w.z. het heeft geen aardopwarmingspotentieel. De biogene koolstof wordt gedurende een bepaalde tijd opgeslagen waardoor de stralingsforcering wordt uitgesteld. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen koolstof die vrijkomt op korte termijn (tijdelijke opslag) en op lange termijn (na een bij overeenkomst vastgestelde langere en gespecificeerde tijdshorizon, die dan als "permanente" opslag wordt aangemerkt).

Om de voordelen van vertraagde emissies in aanmerking te nemen, zijn verschillende benaderingen voorgesteld. De voordelen die kunnen worden behaald door rekening te houden met biogene koolstofopslag hangen af van de tijdshorizon waarin het aardopwarmingspotentieel van de emissies wordt beschouwd, alsook van externe factoren zoals de toekomstige niveaus van antropogene BKG-emissies en atmosferische CO₂- en CH₄-concentraties en de verzadiging van de verschillende putten (bv. oceanen, land). Dit is een veelbesproken en controversieel onderwerp en daarom is het in de huidige standaarden en richtsnoeren niet toegestaan rekening te houden met potentiële voordelen als gevolg van biogene-koolstofopslag. Sommigen kijken afzonderlijk naar de rapportage ervan. In het onderstaande overzicht wordt hier nader op ingegaan.

Er zijn verschillende standaarden en richtsnoeren beschikbaar met betrekking tot de levenscyclusanalyse (LCA) en koolstofvoetafdruk van producten, die in Tabel 4 worden opgesomd. Ze zijn gebaseerd op de internationale standaarden inzake LCA (ISO 14040 en ISO 14044). De laatste twee zijn specifiek voor de bouwproducten (ISO, 2006).

Tabel 4 Herziene standaarden en richtsnoeren

Naam van standaard/richtsnoer	Korte omschrijving
ISO 14067:2018 Broeikasgassen – Koolstofvoetafdruk van producten– Vereisten en richtsnoeren voor kwantificering. (ISO, 2018)	Deze internationale norm specificeert beginselen, vereisten en richtsnoeren voor de kwantificering en rapportage van de koolstofvoetafdruk van een product (Carbon Footprint, of CFP). In dit document wordt slechts één impactcategorie behandeld: klimaatverandering.
EN 16760:2015 Biobased producten – Levenscyclusbeoordeling. (Europese Standaard EN 16760, 2015)	Deze Europese standaard biedt richtsnoeren en vereisten voor de beoordeling van de effecten gedurende de levenscyclus van biobased producten, met uitzondering van levensmiddelen, diervoeders en energie, waarbij de nadruk ligt op de wijze waarop de specifieke kenmerken van het biobased deel van het product moeten worden behandeld.
Product Environmental Footprint guide (PEF)-gids, 2013. (Europese Commissie PEF, 2013), (Zampori L. en Pant R., 2019)	De door het Gemeenschappelijk Centrum voor Onderzoek (GCO) van de Europese Commissie (EC) ontwikkelde PEF-gids biedt een geharmoniseerde methode voor de berekening van de ecologische voetafdruk van een product. De PEF-gids biedt gedetailleerde en uitgebreide technische richtsnoeren voor het uitvoeren van een PEF-studie en voor het opstellen van productcategoriespecifieke methodologische vereisten voor gebruik in Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR's). (Europese Commissie, 2018)
PAS 2050, 2011 - Specificatie voor de beoordeling van de BKG-emissies gedurende de levenscyclus van goederen en diensten. (British Standards Institution (BSI), 2011)	De door de British Standards Institution (BSI) ontwikkelde PAS 2050 heeft tot doel een consistente, internationaal toepasbare methode te bieden voor de beoordeling van de BKG-emissies gedurende de levenscyclus van goederen en diensten. Organisaties kunnen deze standaard gebruiken om het effect op klimaatverandering te beoordelen van de goederen en diensten die zij aanbieden.
GHG Protocol, 2011 - Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard. (Greenhouse Gas (GHG) Protocol, 2011)	De GHG Protocol Product Standard is een van een reeks boekhoudkundige instrumenten die door het GHG Protocol zijn ontwikkeld om gebruikers aan te moedigen de uitstoot van broeikasgassen te begrijpen, te kwantificeren en te beheren. Het bevat vereisten en richtsnoeren voor bedrijven en andere organisaties om publiekelijk verslag uit te brengen over de BKG-uitstoot die verband houdt met een specifiek product.
ILCD Handbook, 2010. (Europese Commissie - JRC, 2010)	Het ILCD Handbook biedt technische richtsnoeren voor gedetailleerde LCA-studies en vormt de technische basis om productspecifieke criteria, richtsnoeren en vereenvoudigde instrumenten af te leiden. De algemene doelstelling van het ILCD Handbook is een gemeenschappelijke basis te bieden voor consistente en kwaliteitsgegarandeerde levenscyclusgegevens en degelijke onderzoeken.
ISO 21930:2017. Duurzaamheid in gebouwen en civiele werken. (ISO, 2017)	Deze mondiale standaard biedt beginselen, specificaties en vereisten voor het opstellen van een milieuproductverklaring (environmental product declaration, of EPD) voor bouwproducten en -diensten, bouwelementen en geïntegreerde technische systemen die bij alle soorten bouwwerken worden gebruikt.
EN 15804:2019 Duurzaamheid van bouwwerken - Milieuproductverklaringen. (Europese Standaard EN-15804, 2019)	Deze Europese standaard voorziet in kernregels voor productcategorieën (Product Category Rules, of PCR) voor milieuproductverklaringen voor alle bouwproducten en bouwdiensten.

2.6.1 Evaluatie van standaarden en richtsnoeren betreffende de boekhouding van biogene koolstof

Er bestaat momenteel geen consensus binnen deze verschillende standaarden en richtsnoeren over de wijze waarop biogene-koolstofemissies en -verwijderingen uit producten en de daaruit voortvloeiende opslag van biogene koolstof moeten worden behandeld. Een overzicht van de in deze relevante standaarden en richtsnoeren gehanteerde methoden voor de boekhouding van biogene koolstof en de belangrijkste aspecten daarvan wordt gegeven in Tabel 5 en zal in dit hoofdstuk worden toegelicht.

Tabel 5 Overzicht van de belangrijkste aspecten van de in relevante standaarden en richtsnoeren gehanteerde benaderingen voor de boekhouding van biogene koolstof. CF: Karakterisatiefactor (Characterisation Factor)

Kernaspect	ISO 14067	EN 16760	PEF	PAS 2050	BKG Protocol	ILCD Handbook	ISO 21930 EN 15804
1 Boekhouding van biogene koolstof (opname en afgifte)							
In de inventarisatie/modellering op te nemen biogene-koolstofverwijderingen en -emissies	Ja	Ja	Ja ^(a)	Ja, behalve voor voedsel en voeder	Ja	Ja	Ja
Effectbeoordeling van biogene-koolstofemissies en -verwijderingen	CF's = -1/+1	CF's kunnen worden vastgesteld op -1/+1 of 0/0	CF's = 0/0	n.s. (-1/+1) ^(b)	CF's = -1/+1	CF's = -1/+1	CF's = -1/+1
Afzonderlijk te rapporteren (of inventariseren) biogene-koolstofverwijderingen en -emissies	Ja	Ja	Ja ^(c)	n.s.	Ja	Ja	Ja
2 Vertraagde emissies als gevolg van tijdelijke koolstofopslag							
Vertraagde emissies als gevolg van tijdelijke koolstofopslag opgenomen in de beoordeling	Nee, kan afzonderlijk worden gerapporteerd, er wordt rekening gehouden met een minimale opslagtijd van 10 jaar.	Nee, moet in voorkomend geval in aanmerking worden genomen, maar moet afzonderlijk worden gerapporteerd.	Nee	Nee, kan samen met de belangrijkste resultaten afzonderlijk worden gerapporteerd.	Nee, kan afzonderlijk worden gerapporteerd.	Nee, kan in aanmerking worden genomen indien het doel van het onderzoek dat rechtstreeks vereist.	Nee, de ISO 21930-status kan afzonderlijk worden gerapporteerd.
Berekeningsmethode om het effect van vertraagde emissies op te nemen wordt gespecificeerd.	Nee	Ja, de in het ILCD Handbook vermelde berekeningsmethode kan worden gevolgd.	Nee	Ja	Nee	Ja	Nee
3 Vertraagde emissies als gevolg van "permanente" koolstofopslag							
"Permanente" koolstofopslag opgenomen in de beoordeling	n.s. ^(d)	Nee, kan afzonderlijk worden gerapporteerd.	Nee	Ja, koolstofopslag van >100 jaar wordt als permanent beschouwd	Ja, een minimale periode van 100 jaar in aanmerking genomen. ^(e)	Ja, afzonderlijk geïnventariseerd op basis van een tijdsbestek van 100 jaar; emissies na 100.000 jaar worden niet meegerekend.	Nee

Opmerkingen: n.s. = niet gespecificeerd

^(a) Tenzij in een specifieke PEFCR wordt gekozen voor een vereenvoudigde modelbenadering (waarbij alleen biogene CH₄-emissies worden gemodelleerd).

^(b) Niet expliciet vermeld in de standaard, maar af te leiden uit bepalingen betreffende andere relevante aspecten.

^(c) De bepaling in de PEF-methode heeft betrekking op de modellering, niet op de rapportage. Biogene-koolstofemissies en -verwijderingen worden in de inventaris afzonderlijk gemodelleerd, maar niet (afzonderlijk) gerapporteerd in de PEF-resultaten. Dit geldt tenzij in een specifieke PEFCR wordt gekozen voor een vereenvoudigde modelbenadering.

^(d) De standaard vermeldt geen specifieke tijdshorizon (of beoordelingsperiode) waarna koolstof die uit de atmosfeer is verwijderd (bv. tijdens de groei van biomassa) geacht wordt niet langer te zijn vrijgekomen, en dus als "permanent" opgeslagen. Hieruit kan worden afgeleid dat bij de beoordeling geen rekening wordt gehouden met permanente koolstofopslag.

^(e) Bedrijven moeten de tijdsperiode van de inventarisatie rapporteren. De bedrijven rapporteren de hoeveelheid koolstof in het product of de bestanddelen ervan die tijdens de afvalverwerking niet in de atmosfeer vrijkomen en derhalve als opgeslagen wordt beschouwd

Boekhouding van biogene koolstof (opname en afgifte)

De meeste standaarden en richtsnoeren (d.w.z. ISO 14067, PAS 2050, GHG Protocol, ILCD Handbook, ISO 21930 en EN 15804) gaan expliciet of impliciet uit van de -1/+1-benadering (Hoxha et al., 2020), hetgeen inhoudt dat alle biogene koolstofstromen gedurende de levenscyclus worden gevolgd, om vervolgens te worden gekenmerkt met kenmerkingsfactoren die gelijk zijn aan -1 voor CO₂-verwijderingen en +1 voor CO₂-emissies. De PEF-methode maakt ook een inventaris van biogene-koolstofverwijderingen en -emissies, maar past de 0/0-benadering toe (aangezien de karakterisatiefactoren voor biogene CO₂-opnames en -emissies op nul worden gesteld). EN 16760:2015 staat de keuze voor beide benaderingen toe. EN 16760 specificeert ook dat een vereenvoudigde benadering kan worden gebruikt om de netto hoeveelheid atmosferische koolstofdioxide die in een product is vastgelegd, te bepalen op basis van de stoichiometrie of het biogene-koolstofgehalte van het product zelf.

Alle standaarden en richtsnoeren (inclusief PEF) vereisen een afzonderlijke rapportage (of inventaris) van de biogene-koolstofverwijderingen en -emissies.

Vertraagde emissies als gevolg van tijdelijke koolstofopslag

Wat tijdelijke koolstofopslag en de daaruit voortvloeiende vertraagde koolstofemissies betreft, wordt in geen van de LCA-standaarden en -richtsnoeren overwogen de effecten van eventuele vertraagde emissies ten gevolge van tijdelijke koolstofopslag op te nemen. Indien relevant staan sommige richtsnoeren toe dat dergelijke effecten afzonderlijk worden gedocumenteerd, maar niet dat ze worden opgenomen in de koolstofvoetafdruk. ISO 14067 schrijft voor dat BKG-emissies en -verwijderingen moeten worden gemodelleerd alsof zij aan het begin van de beoordelingsperiode, d.w.z. op hetzelfde tijdstip, zijn vrijgekomen of verwijderd, en dus niet moeten worden opgenomen in de berekening van de koolstofvoetafdruk. Indien deze effecten worden gekwantificeerd, moeten zij afzonderlijk worden gedocumenteerd. Voorts wordt in ISO 14067 een minimale opslagtijd van 10 jaar in aanmerking genomen. In andere standaarden of richtsnoeren wordt geen minimale opslagtijd gespecificeerd. EN 16760 schrijft voor dat wanneer de berekening van BKG-emissies in de tijd relevant is (bv. als gevolg van tijdelijke koolstofopslag), daarover afzonderlijk kan worden gerapporteerd. Er wordt een voorbeeld van een dergelijke berekeningsmethode gegeven (in Bijlage B.3 van de standaard), die gebaseerd is op discontering van emissies over een periode van 100 jaar, zoals gespecificeerd in de ILCD-richtsnoeren. Ook PAS 2050 gaat uit van een tijdsperiode van 100 jaar om de BKG-emissies van producten te evalueren. Elke evaluatie van de effecten van vertraagde emissies moet afzonderlijk worden uitgevoerd. Hiervoor wordt een specifieke kwantificeringsaanpak voorgeschreven (Bijlage E bij de standaard). Met betrekking tot tijdelijke koolstofopslag en vertraagde emissies stelt ISO 21930: *"Er zijn verschillende methodologische benaderingen voorgesteld om met vertraagde emissies om te gaan bij de kwantificering van het aardopwarmingspotentieel - GWP, bijvoorbeeld benaderingen op basis van verdiscontering of benaderingen op basis van tijdsafhankelijke kenmerkingsfactoren binnen een vooraf bepaalde referentiestudieperiode. Aangezien deze benaderingen niet algemeen worden aanvaard, maken dergelijke berekeningen geen deel uit van de kwantificering van het GWP. Indien een fabrikant kwantitatieve of kwalitatieve informatie over vertraagde emissies wil vermelden in de milieuproductverklaring - EPD, moet de informatie worden gerapporteerd onder "Aanvullende milieu-informatie die niet is afgeleid van de LCA", en moet worden verwezen naar de onderliggende methodologie".* EN 15804 is afgestemd op PEF, waarbij geen rekening kan worden gehouden met permanente en/of tijdelijke koolstofopslag, en ook niet als aanvullende informatie kan worden gerapporteerd.

Vertraagde emissies als gevolg van "permanente" koolstofopslag

In PAS 2050 wordt uitdrukkelijk bepaald dat het gedeelte van de verwijderde koolstof dat tijdens de standaardbeoordelingsperiode van 100 jaar niet in de atmosfeer wordt uitgestoten, moet worden behandeld alsof het niet meer in de atmosfeer terechtkomt (d.w.z. als "permanent" opgeslagen koolstof). Behalve in PAS 2050 wordt in geen van de genoemde standaarden uitdrukkelijk een vaste tijdshorizon (of beoordelingsperiode) gespecificeerd waarna koolstof die uit de atmosfeer wordt verwijderd (bv. tijdens de groei van biomassa) geacht wordt niet langer te zijn vrijgekomen, en dus als "permanent" opgeslagen. In het ILCD Handbook worden vertraagde emissies na een periode 100 jaar afzonderlijk geïnventariseerd als "Koolstofdioxide, biogeen (lange termijn)".

Nieuwe Europese standaard voor richtsnoeren betreffende vergelijkende LCA's

Werkgroep 4 (Duurzaamheidscriteria, levenscyclusanalyse en aanverwante kwesties) van het Technisch Comité TC411 (Biobased producten) van het Europese Comité voor Normalisatie (CEN) werkt momenteel aan een nieuwe Europese standaard betreffende vergelijkende LCA's voor biobased producten met hun fossiele tegenhangers. Deze standaard "*Bio-based Products - Life Cycle Assessment - Additional requirements and guidelines for comparing the life cycles of bio-based products with their fossil-based equivalents*" is nodig om tot harmonisatie te komen en een ongelijk speelveld tussen fossiele en biobased producten te voorkomen. De Taxonomieverordening van de EU vereist dat LCA-prestaties moeten worden aangetoond om biobased producten als milieuvriendelijker dan fossiele alternatieven te kunnen beschouwen. Deze standaard zal wat dit betreft zeer relevant gaan worden. Deze standaard zal onder meer betrekking hebben op de boekhouding van biogene koolstof en vertraagde emissies.

2.6.2 Dynamische LCA

Een van de grootste uitdagingen voor LCA met betrekking tot koolstofopslag in biobased producten is het in aanmerking nemen en opnemen van het tijdselement. In de wetenschappelijke literatuur zijn dynamische benaderingen ontwikkeld om het effect van de tijd beter weer te geven, waarbij gebruik wordt gemaakt van tijdsafhankelijke kenmerkingsfactoren voor de berekening van het aardopwarmingspotentieel (GWP). (Breton C., 2018), (Hoxha et al., 2020), (Levasseur, A., et al., 2010)

Breton et al. (2018) en Hoxha et al. (2020) bieden zeer uitgebreide overzichten van de huidige LCA-benaderingen voor het in aanmerking nemen van de levensloop van biobased producten. Hoxha et al. (2020) hebben de dynamische aanpak van Levasseur et al. (2010) getypeerd als de meest geschikte benadering (DLCA), terwijl Breton et al. (2018) zowel de dynamische benadering van Levasseur et al. (2010) als de benadering van Cherubini et al. (2011) met GWP_{bio} als de twee meest veelbelovende benaderingen beschouwden. Het onderliggende rekenkader van beide benaderingen is gebaseerd op de IPCC-statistieken betreffende GWP en ramingen van stralingsforcering en atmosferische vervalpercentages. Cherubini et al. (2011) richten zich op de boekhouding van de biogene koolstofstromen in biobased producten, waarbij alleen rekening wordt gehouden met de rotatietijden van de biomassa voor de koolstofopslag, terwijl de benadering van Levasseur et al. (2010) het mogelijk maakt rekening te houden met zowel biogene als niet-biogene koolstofstromen in het gemodelleerde systeem. Het nadeel van beide benaderingen is dat ze vrij ingewikkeld te berekenen zijn en bovendien tijdrovend zijn. De dynamische levenscyclusinventarisgegevens worden in de tijd gespreid, waardoor alle emissies en verwijderingen voor alle broeikasgassen en voor elk jaar van de levenscyclus moeten worden bijgehouden. Onlangs zijn in Frankrijk gesprekken gevoerd over de integratie van een dynamische GWP-indicator in de 2020-verordening (RE2020) inzake nieuwe gebouwen. De Franse minister van Ecologische Transitie stelde voor op Europees niveau besprekingen te starten om een standaard voor een dynamische GWP-indicator op te stellen. De in de Franse verordening voorgestelde dynamische indicator is een vereenvoudigde benadering van de dynamische LCA-methode van Levasseur et al. (2010) door toepassing van een tijdsafhankelijke correctiefactor voor omzetting naar een statische indicator. (Ventura, A., 2022)

2.7 BKG-boekhoudingsperspectieven

Na de voorgaande hoofdstukken kan samengevat worden gesteld dat er twee grote referentieschalen zijn voor de boekhouding. Deze benaderingen hebben verschillende perspectieven (zie Figuur 6):

- Productboekhoudingsniveau: opgenomen koolstof gedurende de levenscyclus van het biobased materiaal. Over het algemeen wordt niet gekeken naar de timing van de koolstoffluxen, tijdelijke biogene-koolstofopslag in de bodem en het product, of waar de emissies plaatsvinden. In veel gevallen wordt aangenomen dat biomassa koolstofneutraal is.
- Nationale inventarisatieboekhouding: emissies en verwijderingen per land, inclusief koolstofput in de bodem, koolstofreservoir voor HWP en rekening houdend met de halfwaardetijden van halffabricaten.

In de productboekhouding worden in het kader van de levenscyclus-BKG-boekhouding de BKG-emissies geëvalueerd en gerapporteerd die samenhangen met de winning, de fabricage of verwerking van grondstoffen, het vervoer, het gebruik en het beheer aan het eind van de levenscyclus van een product of dienst. Een

levenscyclusperspectief houdt rekening met alle emissies die verband houden met het product of de dienst, ongeacht welke industriële, economische activiteiten of sectoren deze emissies produceren (bv. energie, mijnbouw, vervoer, productie of afval) of waar en wanneer deze voordelen of lasten zich in de loop van de tijd voordoen. Met andere woorden, levenscyclusbeoordeling is ontworpen als een globaal beoordelingsinstrument, aangezien alle emissies voor de volledige levenscyclus worden samengevoegd, waarbij alle ruimtelijke of temporele details met betrekking tot de productie of distributie van effecten worden weggelaten. (O’Keeffe, S., et al., 2016)

In tegenstelling tot de boekhouding op productniveau worden in een nationale BKG-boekhouding of nationale inventarisatie door de mens veroorzaakte BKG-bronnen en -putten geïdentificeerd en gekwantificeerd om een boekhouding van de totale BKG-emissies voor een specifieke entiteit (bv. industrie, regio, gemeenschap of land) te ontwikkelen. De BKG-inventarissen worden gebruikt om referentiepunten vast te stellen, BKG-emissies te volgen en reducties in de tijd voor die entiteit te meten. Het perspectief van de inventarissen hangt af van de tijdsperiode die wordt gebruikt om de BKG-emissies te evalueren. In sommige gevallen kunnen inventarissen een beperktere boekhouding van BKG-emissies bieden. Een jaarlijkse inventaris waarin de emissies in verband met de productie van materialen zijn opgenomen, omvat bijvoorbeeld niet de emissies in verband met het beheer van die materialen aan het einde van de levensduur, aangezien de materialen nog in gebruik kunnen zijn. Dit belet besluitvormers inventarissen te gebruiken om de voordelen van materiaalbehoefte over de gehele levenscyclus te beoordelen. Het fundamentele verschil is dat de nationale boekhoudkundige benaderingen de BKG-emissies van verschillende industriële of economische sectoren en regio's of landen op jaarbasis kwantificeren (EPA, 2016). Ze zijn dus uitgesplitst.

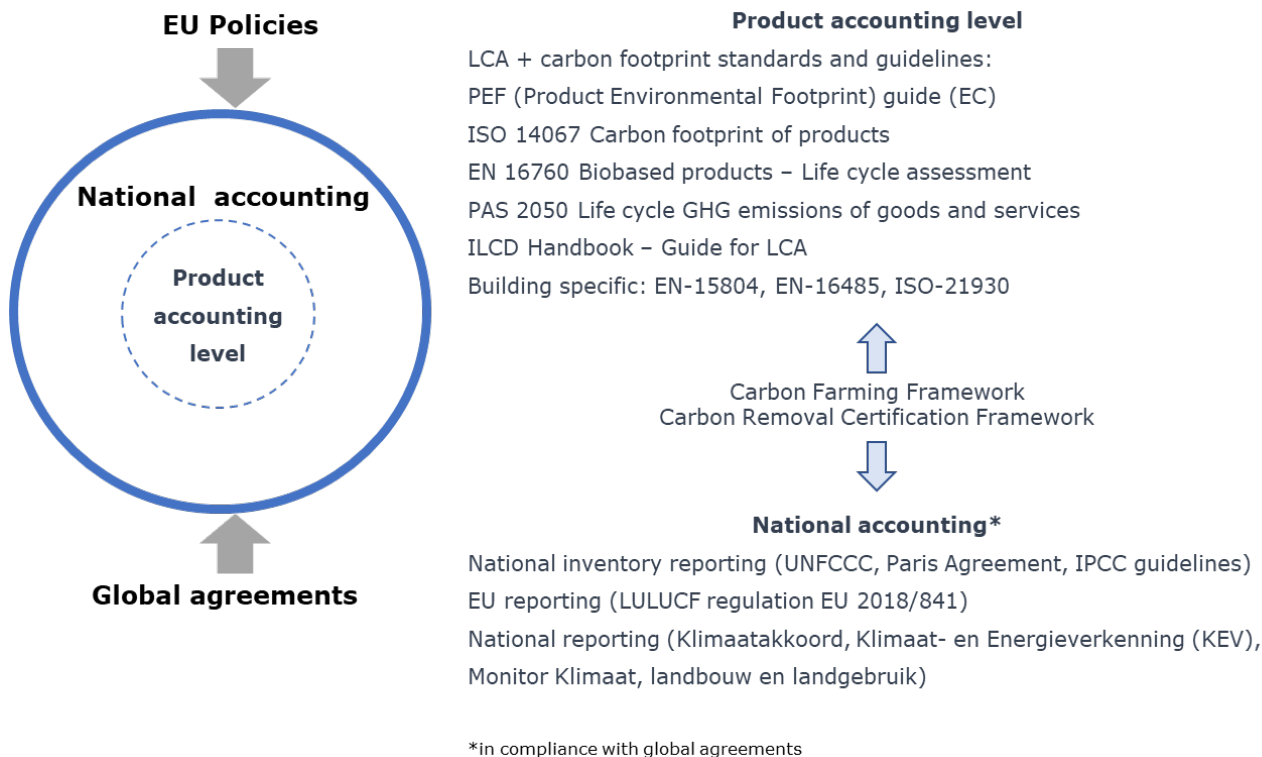
Daarnaast zijn er initiatieven zoals het Carbon Farming Framework en het onlangs voorgestelde Carbon Removal Certification Framework, die een rol kunnen spelen op beide boekhoudniveaus. Voor koolstoflandbouw zullen het bijhouden van de koolstofvoetafdruk van een landbouwbedrijf en het overschakelen op duurzame landbouwpraktijken die de bodem verbeteren om meer koolstof op te slaan, waarschijnlijk een sterke invloed hebben op de productboekhouding. Deze informatie zal echter worden gebruikt om het vastleggingspotentieel te schatten van delen van de landbouwbedrijven die bijvoorbeeld voor grasland- of agrobosbouwproductie bestemd zijn, wat helpt om de koolstofkredieten of -certificaten voor de landbouwer of landeigenaar te ramen. De EU hoopt twee dingen te bewerkstelligen:

- Op korte termijn - ervoor zorgen dat er geen dubbele boekhouding tussen sectoren is (op nationaal niveau of versterking van internationale mechanismen)
- Op lange termijn – het gebruiken om hun nationale inventarisrapportage te verbeteren.

Als dit het geval is, zal er een verband zijn met de rapportage op EU-niveau over het behalen van de GLB- en Green Deal-doelstellingen. (Forlin V. DG CLIMA, 2022).

Wat het Carbon Removal Certification Framework betreft, dit kader bevordert een eerste EU-breed vrijwillig kader voor betrouwbare certificering van koolstofverwijderingen van hoge kwaliteit. Het voorstel is bedoeld om innovatieve technologieën voor koolstofverwijdering en duurzame oplossingen voor koolstoflandbouw te stimuleren en bij te dragen tot de doelstellingen van de EU op het gebied van klimaat, milieu en 'zero pollution' (nulvervuiling). (Europese Commissie - Persbericht, 2022)

De verwijdering, opslag en recycling van kooldioxide zijn belangrijke aspecten van dit voorstel, waarbij verschillende oplossingen, op basis van zowel technologie als natuur, worden overwogen en de uitdaging zal zijn voor permanente kooldioxideverwijdering te zorgen, hetzij in een ondergrondse geologische opslag, hetzij via actief beheerde natuurlijke processen, zoals koolstoflandbouw en beheerspraktijken in de sectoren landgebruik, verandering in landgebruik en bosbouw. De Commissie wil daarom aandringen op product- en procesinnovatie om de huidige fossiele grondstoffen te vervangen door duurzaam gewonnen grondstoffen van biologische oorsprong, of om er via de kringloopeconomie voor te zorgen dat de in producten geïntegreerde koolstof wordt gerecycled en opgeslagen blijft.

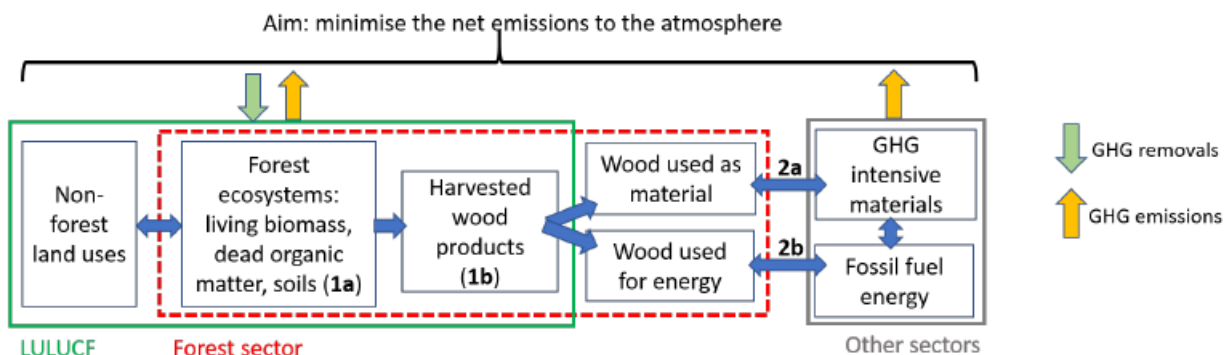


Figuur 6 Twee verschillende benaderingen van BKG-boekhouden: Boekhouding op product- en op nationaal niveau

3 Rol van biobased producten bij het halen van de klimaatdoelstellingen

De bio-economie kan bijdragen tot beperking van de klimaatverandering door: (Grassi, G. et al., 2021):

1. De koolstofvoorraden te vergroten (waardoor een "netto-put" voor CO₂ ontstaat):
 - a. In het bos of de landbouwgrond als koolstofreservoirs (vastlegging);
 - b. In de HWP of het koolstofopslagproducten-reservoir (opslag);
2. Substitutie-effecten (ter voorkoming van het vrijkomen van broeikasgassen), d.w.z. het gebruik van hout ter vervanging van:
 - a. Functioneel gelijkwaardige materialen (bv. cement, staal enz.),
 - b. Fossiele brandstoffen voor energie.



Figuur 7 De rol van de bio-economie bij de beperking van klimaatverandering: toename van de koolstofvoorraden (1a en 1b) en substitutie-effecten (2a en 2b). Met als voorbeeld een bos en de geogste houtproducten daarvan.

Tussen deze mogelijke bijdragen is sprake van trade-offs en synergieën. De eerste trade-off is tussen het vergroten van de koolstofvoorraden van de reservoirs (1a) en het beschikbaar maken van meer biomassa voor de andere opties (1b). Op korte termijn betekent meer houtkap/-oogst een verminderde nettokoolstofput. Binnen de andere opties kan een synergie optreden tussen 1b en 2a, d.w.z. HWP's kunnen op lange termijn koolstof opslaan en tegelijkertijd functioneel gelijkwaardige broeikasgasintensieve materialen vervangen. Tegelijkertijd zijn er echter trade-offs tussen 1b en 2b, d.w.z. dezelfde biomassabron kan niet tegelijkertijd voor zowel materialen als energietoepassingen worden gebruikt, zoals blijkt uit Figuur 7. Ook al kan biomassa die voor materiaaltoepassingen wordt gebruikt, later aan het eind van haar levensduur ook voor energietoepassingen worden gebruikt (zie hoofdstuk 3.2 over het stroomafwaarts gebruik van biomassa (cascading)).

Een manier om de netto in HWP's opgeslagen koolstof te verhogen is een verandering in hoe het gekapte hout, de industriële houtresten en het secundaire hout worden gebruikt voor verschillende goederen. Een verschuiving van energie naar materialen en naar houtproducten met een langere levensduur, bv. van papier naar bouwhout, zou het vrijkomen van koolstof vertragen en helpen om de groei van het HWP-reservoir in stand te houden of te versterken, terwijl de oogst in de loop der tijd stabiel blijft.

Veranderingen in de koolstofvoorraden worden expliciet meegenomen in de LULUCF-sector, terwijl de substitutie-effecten impliciet tot uiting komen in de BKG-emissies van andere sectoren. In overeenstemming met internationaal overeengekomen regels (IPCC) leidt de oogst van biomassa tot directe emissies van koolstof in de atmosfeer (d.w.z. instantane oxidatie), tenzij kan worden aangetoond dat de biomassa in een ander koolstofreservoir terechtkomt, zoals dood hout, strooisel of bodem, of wordt gebruikt om HWP's te produceren. Op deze manier wordt biomassa die wordt geogst voor energiegebruik volledig meegerekend en gerapporteerd als instantane BKG-emissies onder LULUCF. Om dubbeltelling te voorkomen, worden deze emissies in de boeken van de energiesector op nul gezet.

3.1 Substitutie-effecten

Om het specifieke effect van het gebruik van biomassa ter vervanging van energie of materialen te beoordelen, wordt een levenscyclusanalyse (LCA) toegepast. LCA biedt een beoordeling van het potentiële milieueffect van een product of dienst gedurende zijn gehele levenscyclus door alle inputs en outputs van materialen- en energiestromen te kwantificeren en te beoordelen hoe deze stromen het milieu beïnvloeden.

Om de BKG-emissiereducties te evalueren die door vervanging kunnen worden bereikt, moeten de BKG-emissies gedurende de levenscyclus van bio-energie of biobased producten worden berekend. Dit moet worden vergeleken met een vastgesteld referentieproduct (benchmark), waarvoor kennis over de BKG-emissies van dit referentieproduct nodig is. Dit referentieproduct moet functioneel gelijkwaardig zijn.

Hoewel alle levenscycluseffectbeoordelingsmethoden gebaseerd zijn op de ISO 14040/14044-standaarden, is er toch een grote mate van flexibiliteit wat betreft methodologische keuzes bij het uitvoeren van de beoordelingen. De resultaten van de beoordelingen verschillen aanzienlijk van elkaar wanneer verschillende beoordelingsmethoden worden toegepast. Daarom is het niet mogelijk om onderzoeken die op verschillende methodologieën steunen of onafhankelijk van elkaar uitgevoerde onderzoeken te vergelijken (Müller-Langer, F. et al., 2014). Dit beperkt ook de toepasbaarheid van het definiëren van benchmarkwaarden, aangezien de resultaten van één beoordelingskader niet als benchmarks kunnen worden genomen voor een beoordeling die op een andere methodologie is gebaseerd. Dit betekent dat de BKG-emissies van de benchmark volgens dezelfde methodologie moeten worden bepaald om een goede raming van de BKG-emissiereductie te kunnen maken.

Voor bio-energie en biobrandstoffen voorziet de herziene Richtlijn hernieuwbare energie (RED II) (Europese Commissie-RED, 2018) in een specifieke methodologie voor de berekening van de BKG-effecten van bio-energie en biobrandstoffen, alsook in standaardwaarden voor verschillende productieroutes. Voor elektriciteit, warmte en biobrandstoffen zijn fossiele-brandstofvergelijkers gedefinieerd om de BKG-besparingen te berekenen. RED II definieert tevens BKG-emissiereductiecriteria voor bio-energie en biobrandstoffen.

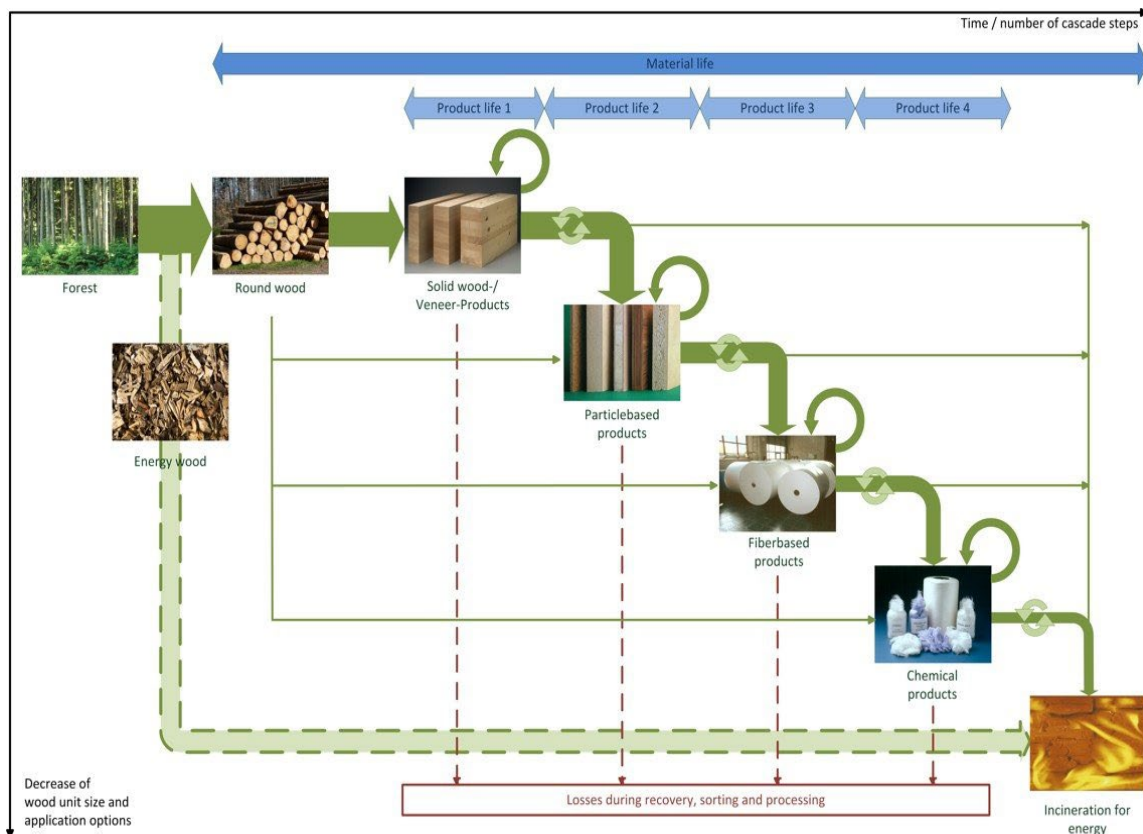
Voor biobased producten bestaat er geen geharmoniseerde methodologie en bestaan er geen referentievergelijkingswaarden. Er zijn enkele nieuwe initiatieven voor de vaststelling van BKG-emissiereductiecriteria voor biobased producten. In het recente Biobased Plastics Action Plan van het Transitie Team Kunststoffen werd een minimale BKG-emissiereductie van 30% (van 'wieg tot graf') geschikt geacht voor biobased plastics. (Bergsma G., Broeren M., 2020). Als we kijken naar vrijwillige duurzaamheidscertificeringsregelingen die momenteel van toepassing zijn op biobased producten, vereist de RSB Advanced Products-regeling (RSB, 2018) dat, wanneer gecertificeerde eindproducten tot doel hebben van fossielen afgeleide producten te vervangen: deze gecertificeerde eindproducten minstens 10% lagere BKG-emissies moeten bereiken gedurende de levenscyclus, berekend van wieg tot graf, dan de BKG-emissies gedurende de levenscyclus van een vergelijkbaar fossiel product. De exploitant moet aantonen dat de vergeleken systemen gelijkwaardig zijn; het systeem moet worden vergeleken aan de hand van dezelfde functionele eenheid en gelijkwaardige methodologische overwegingen, zoals systeemgrens en toewijzingsprocedures. In ISCC Plus (ISCC, 2022) bestaan geen specifieke eisen inzake BKG-reductie voor eindproducten. Ook in Betere Biomassa (NEN, 2018) worden vooralsnog geen eisen gesteld aan de netto BKG-emissiereductie, vanwege het ontbreken van (eenduidige) fossiele referentiesituaties. Uitgelegd wordt dat gevalideerde fossiele referentiewaarden vaak niet beschikbaar zijn en dat in veel gevallen niet eenduidig kan worden vastgesteld wat de fossiele referentie is.

Gedetailleerde voorschriften en regels (bv. ISO- of EN-normen of een verordening tot vaststelling van het berekeningskader naar analogie van de Europese RED-richtlijn en de bijbehorende mededelingen voor bio-energie en biobrandstoffen) voor de berekening van de BKG-reductie-effecten van biobased materialen zouden de berekeningsprocedure helpen harmoniseren.

3.2 Cascadering van gebruik van biomassa

Cascadering wordt gedefinieerd als de strategie om "de biomassa zo lang, vaak en efficiënt mogelijk te gebruiken voor materialen en pas aan het einde van de levenscyclus van het product energie eruit terug te winnen" (UBA, Duits milieuoagentschap, 2017). Cascadering kan zorgen voor een aanzienlijke vermindering in het gebruik van onontgonnen hulpbronnen doordat bij elke toepassingsstap de behoefte aan onontgonnen grondstoffen wordt vervangen, en maakt een zeer hulpbronnefficiënt gebruik van biomassa mogelijk. (Höglmeier, K. et al., 2013), (Risse, M. et al., 2017), (Vis, M. et al., 2016)

Figuur 8, dit wordt geïllustreerd voor hout. Hout wordt in de bouw idealiter eerst gebruikt als balken, kan vervolgens worden gebruikt voor het maken van spaanplaat, papier, chemicaliën en energie als opvolgende producten, waarbij in elk stadium de kringloopsluiting wordt gemaximaliseerd voordat wordt overgegaan op toepassingen van lagere kwaliteit. Cascadering kan in de huidige praktijk worden waargenomen in de materiaalstroom tussen de hout-, papier- en energiesector.



Figuur 8 Cascaderend gebruik van biomassa, met als voorbeeld hout (bron: Hoglmeier, 2015) (Phys.org, 2017)

Momenteel wordt biomassa het meest gebruikt voor energie en gaat daardoor verloren uit de kringlooeconomie. Dit is ook het gevolg van het bestaande beleid inzake hernieuwbare energie, waarbij het rechtstreeks gebruik van biomassa voor energie wordt gestimuleerd (d.w.z. RED). Daarom wordt gestreefd naar wat een "gelijk speelveld" wordt genoemd om te komen tot een efficiëntere verdeling van biomassagrondstoffen over materiaal- en energietoepassingen en de totstandbrenging van effectievere cascades. Nieuwe beleidskaders moeten het cascaderend gebruik van biomassa aanmoedigen, waarbij biomassa wordt gebruikt voor materialen en aan het eind van de levensduur (of het laatste stadium van de cascade) zoveel mogelijk wordt vrijgegeven voor energiegebruik. (Dammer, L., et al., 2016)

De Sociaal Economische Raad (SER) merkt op dat het gebruik van biomassa als basis in chemische stoffen en materialen een noodzakelijke ontwikkeling is voor de totstandbrenging van een koolstofneutrale, circulaire economie en tevens essentieel is voor het behoud van de Nederlandse concurrentiepositie. (SER, 2020) Ze

geven het advies om te focussen op de geleidelijke invoering van biobased chemische stoffen en materialen. Het ontwikkelingstempo wordt beperkt door de snelheid waarmee nieuwe of bestaande toepassingen kunnen worden opgeschaald en de beschikbaarheid van duurzame biomassa. Als de circulaire beginselen worden toegepast, zal de vraag naar nieuwe biomassa afnemen als de marktprikkels gericht zijn op hoogwaardig in plaats van laagwaardig gebruik. Er zijn beleidsmaatregelen nodig om de transitie te versnellen.

3.3 Koolstofopslagproducten volgens de Verordening (EU) 2018/841

Volgens het verslag van de Wijzigingsverordening (EU) 2018/841 (Europees Parlement, 2021) zijn verschillende aanpassingen in verband met de toename van biobased producten en de bijdrage van de biobased economie ter ondersteuning van de Europese doelstelling van klimaatneutraliteit door het Europees Parlement geëvalueerd en aangenomen om over standpunten te onderhandelen tijdens de trialogen¹⁴. Tabel 6 bevat de meest relevante punten met betrekking tot duurzame koolstofopslag in producten. De definitieve versie van de herziene tekst kan eind 2022 klaar zijn en in 2023 worden gepubliceerd, hetgeen buiten het tijdsbestek van dit project valt.

Tabel 6 Punten in verband met het opzetten van het nieuwe reservoir van koolstofopslagproducten.

	Amendementen in verband met de nieuwe categorieën van duurzame koolstofopslagproducten
Amendement-63, Voorstel voor een verordening Art.1 - Lid 1 - punt 7 - punt b Verordening (EU) 2018/841 Artikel 9 - lid 2	De Commissie stelt overeenkomstig artikel 16 gedelegeerde handelingen vast om lid 1 van dit artikel en bijlage V te wijzigen door het toevoegen van nieuwe categorieën geogoste houtproducten met een koolstofvastleggingseffect, op voorwaarde dat de methoden voor nieuwe categorieën wetenschappelijk onderbouwd, transparant en verifieerbaar zijn, dubbel telling voorkomen en gebaseerd zijn op de IPCC-richtsnoeren zoals aangenomen door de Conferentie van de Partijen bij het UNFCCC of de Conferentie van de Partijen waarin de Partijen bij het Akkoord van Parijs bijeenkomen, en het waarborgen van de milieu-integriteit. Teneinde de verwijdering van broeikasgassen te verbeteren, moeten individuele landbouwers, land- en bos eigenaren of bosbeheerders worden aangemoedigd om meer koolstof op hun land en in hun bossen op te slaan.... Dergelijke stimulansen moeten ook de beperking van klimaatverandering en de algemene emissiereductie in alle sectoren van de bio-economie bevorderen, onder meer door het gebruik van duurzame geogoste houtproducten. Duurzaam gekapt hout met een lange levensduur en biobased koolstofopslagproducten kunnen bijdragen aan de circulaire bio-economie door te fungeren als substituuat voor opties op basis van fossiele grondstoffen, maar het potentieel voor koolstofopslag in die producten wordt bepaald door de levensduur van die producten. Het voordeel van het gebruik van hout ter vervanging van concurrerende energiebronnen of grondstoffen met een grotere koolstofvoetafdruk hangt ook af van de oogstmethode, het vervoer en de verwerking. Daarom mogen nieuwe categorieën van koolstofopslagproducten alleen worden ingevoerd als zij een lange levensduur hebben, een netto positief koolstofopslag effect hebben op basis van een levenscyclus evaluatie, met inbegrip van het effect op het landgebruik en de veranderingen in het landgebruik die gepaard gaan met toenemende oogst, en op voorwaarde dat de beschikbare gegevens wetenschappelijk onderbouwd, transparant en verifieerbaar zijn.
Amendement 28 Voorstel voor een verordening Overweging 10	Het potentieel voor koolstofopslag in houtproducten wordt bepaald door de levensduur van die producten, die kan variëren van enkele dagen voor een folder tot tientallen of zelfs honderden jaren voor een houten gebouw. Hoewel een houtproduct wel een koolstofvoorraad vertegenwoordigt, is het werkelijke voordeel van het kappen van een boom afhankelijk van de levensduur van het geproduceerde product, die moet worden vergeleken met die van het hout in het ecosysteem als die boom niet was gekapt.
Amendement 32 Voorstel voor een verordening Overweging 10 d (nieuw)	Het substitutie-effect dat wordt bereikt door het gebruik van land- en bosbouwmaterialen, met name hout en houtproducten, in plaats van fossiele brandstoffen, vertegenwoordigt de klimaatbeschermingsprestatie van de sector en wordt als zodanig erkend en toegerekend tot de sector landgebruik, verandering in landgebruik en bosbouw.
Amendement 3 Voorstel voor een verordening Overweging 4 a (nieuw)	Om bij te dragen tot de verhoogde ambitie om de netto-uitstoot van broeikasgassen te verminderen van ten minste 40% tot ten minste 55% onder het niveau van 1990 (...). De doelstelling voor 2030 moet in overeenstemming zijn met een duurzaam bosbeheer dat de aanpassing van de bossen aan klimaatverandering op lange termijn mogelijk maakt, alsmede bevordering van grote substitutie-effecten door de bio-economie, een toename van koolstofputten en het creëren van koolstofopslag in producten (...).
Amendement 5 Voorstel voor een verordening Overweging 5	Rekening houdend met het feit dat de capaciteit van ecosystemen in landbouw en bosbouw om koolstof vast te leggen afhankelijk is van het duurzame beheer van land, bossen en agrobosbouw, (...) aangezien duurzaam beheer de veerkracht tegen klimaatverandering

¹⁴ Een formele dialoogvergadering, algemeen bekend als een dialoog, is een type vergadering die gebruikt wordt in het wetgevingsproces van de Europese Unie (EU). Onderhandelingen binnen drie partijen: Europese Commissie, de Raad van de Europese Unie en het Europees Parlement.

Amendementen in verband met de nieuwe categorieën van duurzame koolstofopslagproducten

Amendement 15
Voorstel voor een verordening
Overweging 10

vergroot, is duurzaam beheer van bossen een van de instrumenten om ervoor te zorgen dat hun capaciteit om CO₂ te absorberen wordt vergroot. Die positieve effecten kunnen worden versterkt door het koolstofopslagpotentieel van bosopstanden te benutten. Bovendien kan het gebruik van houtproducten met een lange levensduur ervoor zorgen dat de emissies worden uitgesteld.

Teneinde de verwijdering van broeikasgassen te vergroten, moeten individuele landbouwers of bosbeheerders een directe stimulans krijgen om meer koolstof op hun land en in hun bossen op te slaan (...). Nieuwe bedrijfsmodellen gebaseerd op stimulansen voor koolstoflandbouw en op de certificering van koolstofverwijdering moeten in de periode tot 2030 en daarna in toenemende mate worden toegepast (...). Overheidsfinanciering in het kader van het gemeenschappelijk landbouwbeleid (GLB) en andere programma's van de Unie, zoals het LIFE-programma, het Cohesiefonds, het Horizon Europe-programma, (...). De boekhouding moet in overeenstemming zijn met artikel 6 van het Akkoord van Parijs en de resultaten van de top van Glasgow in 2021, teneinde dubbeltelling te voorkomen en de ontwikkeling van een robuuste en geharmoniseerde mondiale boekhouding van koolstofverwijderingen te bevorderen (...). Dergelijke stimulansen en bedrijfsmodellen zullen de beperking van klimaatverandering in een circulaire en duurzame bio-economie bevorderen, onder meer door het gebruik van duurzaam geoogste houtproducten en door de vervanging van grondstoffen op basis van fossiele brandstoffen, met volledige inachtneming van de ecologische beginselen die de biodiversiteit en de circulaire economie bevorderen. Naast houtproducten moet een nieuwe categorie koolstofopslagproducten worden ingevoerd, waaronder relevante biobased producten en innovatieve producten, ook gemaakt van bijproducten en residuen, met een wetenschappelijk bewezen, reëel en verifieerbaar koolstofopslageffect, (...). De Commissie moet ook het substitutiepotentieel van koolstofopslagproducten beoordelen. Het duurzame gebruik van biomassa en de toegenomen vraag naar hernieuwbare producten maken duurzaam bosbeheer onontbeerlijk. (...)

Amendement 41
Voorstel voor een verordening
Art. 1 - Lid 1 - punt 7 - punt b
Verordening (EU) 2018/841
Artikel 9 - lid 2

De Commissie keurt uiterlijk ... [3 maanden na de datum van inwerkingtreding van deze wijzigingsverordening], overeenkomstig artikel 16, gedelegeerde handelingen goed teneinde lid 1 van dit artikel en bijlage V te wijzigen door een nieuwe categorie koolstofopslagproducten toe te voegen, waaronder relevante biobased producten met een wetenschappelijk bewezen, reëel en verifieerbaar koolstofvastleggingseffect met nauwkeurige berekeningsmethoden om de geloofwaardigheid te waarborgen en fraude te voorkomen, en door een holistische levenscyclusbeoordeling van die producten in te voeren, met inbegrip van het potentieel van nevenstromen en residuen, en de opnemings van technologieën voor het afvangen, opslaan en gebruiken van bio-energie voor koolstofopslag in koolstofopslagproducten, gebaseerd op wetenschappelijk bewijs en op de IPCC-richtsnoeren zoals aangenomen door de Conferentie van de Partijen bij het UNFCCC (...).

Amendement 42
Voorstel voor een verordening
Art. 1 - Lid 1 - punt 7 - punt b
Verordening (EU) 2018/841
Art. 9 - Lid 2 a (nieuw)

Voorts berekent de Commissie het substitutie-effect van koolstofopslagproducten aan de hand van wetenschappelijke gegevens. Indien er IPCC-richtsnoeren beschikbaar zijn, worden ook deze in aanmerking genomen.

Er wordt gewerkt aan activiteiten en initiatieven voor de ontwikkeling en goedkeuring van methoden voor koolstofboekhouding tijdens de groei van biomassa en tijdens de levensduur van biobased producten op Europees niveau. Zoals de toevoeging van het "koolstofopslagproducten"-reservoir (nieuw amendement op artikel 9 van de LULUCF dat tussen 2025 en 2027 gereed moet zijn), waarin biomassa uit landbouwproducten en gewasproducten en andere relevante biobased producten met een lange levensduur zullen worden opgenomen.

Een belangrijke aanbeveling van de WUR is om niet te proberen een nieuwe boekhoudmethode uit te vinden, maar om de bestaande IPCC-richtsnoeren, LULUCF-methodologieën en LCA-normen op mondiaal en EU-niveau te doorgronden.

4 Voorbeelden van bosbouw- en landbouwbiomassaketens tot biobased producten.

In dit hoofdstuk geven we twee voorbeelden van hoe de BKG-balansen van verschillende lineaire biobased toeleveringsketens worden geraamd op het niveau van de productboekhouding en hoe dit zich verhoudt tot de inventarisrapportage op nationaal niveau. In de voorbeelden worden drie verschillende kaders (NACE¹⁵, UNFCCC, het Klimaatakkoord) gebruikt en wordt de toewijzing van BKG-emissies of -verwijderingen aan de verschillende sectoren of categorieën van het kader getoond. De baten of lasten in verband met de productie van de biobased producten hangen af van de vraag of de productiestappen een sector helpen zijn BKG-doelstellingen in het kader van het Akkoord van Parijs te halen (d.w.z. door hun BKG-balans te verlagen). De voorbeelden laten ook zien waar er "grijze gebieden" of delen van de productieketen zijn waar het niet duidelijk is aan welke sector de broeikasgassen moeten worden toegerekend en hoe BKG-kredieten op hun beurt kunnen worden overgedragen of gerelateerd aan de producenten op productieniveau. In beide voorbeelden richten we ons alleen op het voorste deel (het belangrijkste productiedeel) van het levenscyclusproductiesysteem.

De toewijzing van de broeikasgassen volgens de sectoren van de verschillende kaders ziet er als volgt uit:

- Sectoren volgens NACE: A. Landbouw, bosbouw en visserij, B. Winning van delfstoffen, C. Industrie, D. Productie en distributie van elektriciteit, gas, stoom en gekoelde lucht, E. Distributie van water; Afval- en afvalwaterbeheer en sanering, F . Bouwnijverheid, G. Groot- en detailhandel.
- Sectoren volgens de UNFCCC: CRF1: Energie (verbranding van brandstoffen, industrie, inclusief openbare elektriciteits- en warmteproductie, vervoer), CRF2. Industriële processen en productgebruik (emissies bij fabricage en gebruik van producten), CRF3. Landbouw, CRF4. LULUCF, CRF5. Afval.
- Sectoren volgens het Klimaatakkoord: C1. Gebouwde omgeving, C2. Mobiliteit, C3. Landbouw en landgebruik, C5. Elektriciteit.

4.1 Voorbeeld 1. Koolstofboekhouding voor bosbouw en producten op houtbasis

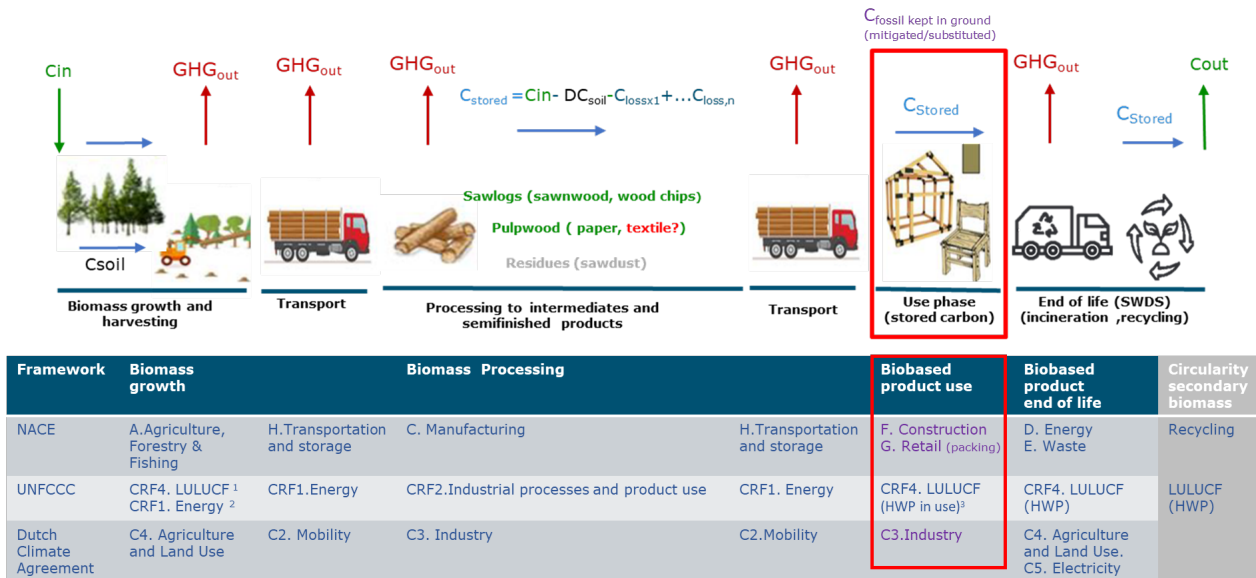
Figuur 9 toont de levenscyclus van een product op houtbasis. Gezien de omvang van dit project zullen de analyse en de bespreking van de emissie zich toespitsen op de eerste fasen van de groei en oogst van biomassa, de verwerking van biomassa en het gebruik van biobased producten.

Bossen leggen CO₂ vast in de biomassa (bomen) en de bodem. Afhankelijk van de boomsoort zijn er verschillende rotatietijden en verschillende toepassingen voor het rondhout (ca. 80 jaar voor bomen die bouw hout leveren) (Ramage M.H. et al., 2017). Wanneer gekapte bomen worden verwerkt tot houtproducten (bv. houten huizen), ontstaat een extra opslag van koolstof buiten het bos. (Grassi, G. et al., 2021).

Als sprake is van volgroeide, goed beheerde bossen en er geen veranderingen zijn in landgebruik LULUCF (CRF4), dus "bos dat bos blijft", en dit wordt beschouwd als een evenwichtstoestand met hoge houtvoorraden, kan meer koolstof worden opgeslagen in het bos- en productreservoir. De koolstof in het HWP-reservoir maakt, net als de koolstof in het bos, deel uit van de natuurlijke koolstofcyclus en vertraagt de uitstoot van koolstof. Uiteraard zijn de gevolgen van bebossing en ontbossing respectievelijk positief en negatief en moet rekening worden gehouden met veranderingen in landgebruik (CRF4). De directe N₂O-uitstoot als gevolg van de stikstofinbreng in bosbodems moet in CRF4 onder LULUCF worden gerapporteerd.

¹⁵ NACE is het acroniem voor de verschillende statistische classificaties van economische activiteiten die sinds 1970 in de Europese Unie (EU) zijn ontwikkeld. NACE biedt het kader voor het verzamelen en presenteren van een brede reeks statistische gegevens naar economische activiteit.

Industrieel rondhout is de materiële instroom naar de geogste houtproducten, maar de hoeveelheid geogst materiaal hoeft niet noodzakelijkerwijs overeen te komen met de productiehoeveelheden van HWP, omdat een deel van de biomassa verloren gaat tijdens de oogst, het vervoer en de verwerking. Dit verlies wordt beschouwd als instantane oxidatie, tenzij kan worden aangetoond dat de biomassa in een ander koolstofreservoir terechtkomt, zoals dood hout, strooisel of bodem. Slechts een deel van het geogste rondhout wordt gebruikt voor de productie van producten op houtbasis (gezaagd hout, houten panelen en papier en karton).



Figuur 9 Voorbeeld van een product op houtbasis: BKG-balansen van een product bij het vaststellen van de nationale inventarisboekhouding. Grafiek aangepast op basis van Welfele et al. 2020.

De verwerking van biomassa is een zeer energie-intensieve stap omdat het hout moet worden gedroogd, gezaagd en bestemd. Het hout wordt ook behandeld met chemische additieven tegen biologische afbraak en om de duurzaamheid te vergroten; de BKG-uitstoot in deze stap wordt in het UNFCCC geboekt als CRF2 Industriële processen en in het Klimaatakkoord als C3. Industrie.

Tijdens de gebruiksfase wordt de koolstofopslag volgens het UNFCCC verantwoord in het reservoir geogste houtproducten (CRF4-HWP). Voor het Klimaatakkoord kan het meer verband houden met het substitutie-effect van de BKG-intensieve materialen zoals staal en beton (C3. Industrie), maar dit is nog niet duidelijk in het Klimaatakkoord en het IPCC biedt geen methoden om de substitutievoordelen te beoordelen, omdat deze impliciet zijn opgenomen in de niet-LULUCF-sectoren (bv. verminderde uitstoot bij cement- of staalproductie).

Voor de boekhoudkundige benadering van UNFCCC is het van belang te beschikken over verifieerbare en transparante gegevens over de hoeveelheid halfproducten en de halfwaardetijd van de verschillende houtproducten (het aantal jaren dat het duurt om de helft van het materiaal in het reservoir kwijt te raken). Volgens de boekhoudkundige benadering van UNFCCC kan de potentiële bijdrage van materialen uit de bosbouw tot de klimaatdoelstellingen en de vermindering van de BKG-uitstoot op verschillende manieren worden bereikt:

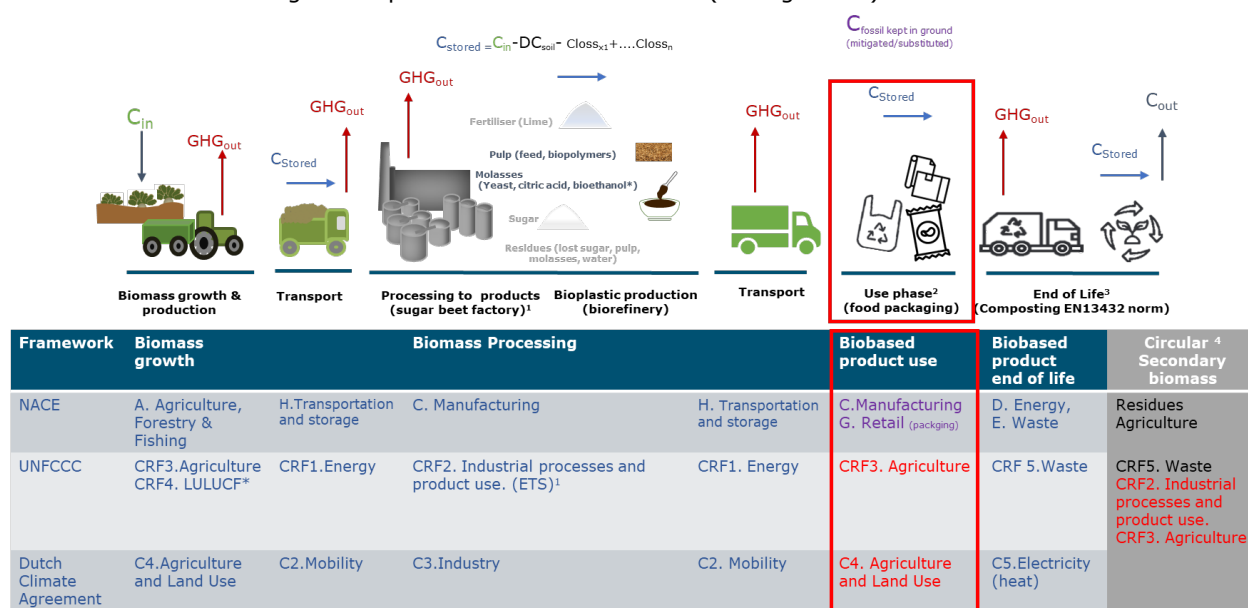
- Minder oogsten om de netto bosput te vergroten lijkt een eenvoudig alternatief, maar deze optie kan ook negatieve gevolgen hebben als de verzadiging van de bosput wordt bereikt en de sociaaleconomische gevolgen in de bio-economie van de bosbouw als gevolg van een beperkte houtproductie voelbaar worden.
- Verhoging van de hoeveelheid HWP, waardoor meer hout beschikbaar komt voor materiaalvervanging en meer koolstof wordt opgeslagen in het HWP-reservoir. Dit zou daarentegen kunnen leiden tot koolstofopslag in het bosbestand.
- De opslag van koolstof in het HWP kan worden vergroot door over te schakelen op de productie van geogst hout met een langere levensduur (bv. meer bouwhout produceren in plaats van papier). Dit zou

de uitstroom van koolstof uit het HWP-reservoir vertragen. Dit alternatief is in overeenstemming met de recente wijzigingen in Verordening (EU) 2018/841 en met wat in het Klimaatakkoord wordt vermeld.

In de gebruiksfase is het van belang te zoeken naar beschikbare en transparante gegevens over de halfwaardetijd van de verschillende houtproducten (het aantal jaren dat het duurt om de helft van het materiaal in het reservoir kwijt te raken). De vervoersuitstoot voor de producten op houtbasis wordt toegerekend aan de sector Energie (UNFCCC), terwijl ze in het Klimaatakkoord kunnen worden toegewezen aan de sector Mobiliteit.

4.2 Voorbeeld 2. Koolstofboekhouding voor agroproducten: van suikerbieten tot biobased verpakkingen.

In dit voorbeeld richten we ons ook op het voorste deel (het belangrijkste productiedeel) van het levenscyclusproductiesysteem. Het is onderverdeeld in zes grote productiestappen. Aan het begin van de biobased-keten staat de groei en productie van suikerbieten. (Zie Figuur 10)



1. Sugar beet factories are energy intensive industries and are part of the Emission Trading Scheme (ETS)
 2. Use phase products with relevant TRL levels (8+) are packaging for food assumed to have a short life span of <1 year (Total Corbion, 2020; van den Oever, 2017; Ghomi et al 2021)
 3. According to EN standards composting should take approx. 3 months, but studies indicate a range of different time spans from 2 weeks to 1+ year if standard composting not carried out. Mechanical and Chemical recycling are possible, however are not authorised for recirculation within the food system only PET (Total Corbion, 2020; van den Oever, 2017; Ghomi et al 2021)
 4. While promoting the development of biobased products also important to accommodate the preferential end of life option of each product in the waste processing system
- *If dLUC not happening Land use remaining Land use. Soil emissions in Agri Annual biogenic carbon assumed to balance – only machinery emissions considered

Figuur 10 Voorbeeld van een op landbouw gebaseerd product: BKG-balansen van een product bij het vaststellen van de nationale inventarisboekhouding. Grafiek aangepast op basis van Welfele et al. 2020.

Suikerbieten zullen normaliter worden geteeld als onderdeel van een rotatie en als zodanig zal er geen verandering in landgebruik nodig zijn om ze te produceren. Daarom zullen zij in de LULUCF (CRF3) verschijnen als "akkerland dat akkerland blijft" met betrekking tot de raming van de koolstofstromen of CO₂, hetzij als verwijderingen, hetzij als uitstoot. Naast de LULUCF-toewijzing van koolstof zullen de andere BKG-emissies (bv. N₂O-emissies uit de bodem) worden toegerekend aan Landbouw (C4). Zowel de LULUCF- als de Landbouwboekhoudingscategorieën maken deel uit van de Overeenkomst inzake de verdeling van de inspanningen (Effort Sharing Agreement, ESA). Het is tevens belangrijk om hier te wijzen op de stimulering door de EU en de richting die zij inslaat ten aanzien van koolstoflandbouw (Europese Commissie-CF, 2021), aangezien dit een zeer belangrijk boekhoudmechanisme zal worden wanneer we het hebben over het betrekken van 'land-based'-biomassa uit het landbouwsysteem. Het zal bepalen wat geldige boekhoudregels zijn voor de opslag van koolstof in landbouwbodems en -producten en hoe biobased producten eventueel moeten worden gemonitord (bv. frequentie van bodemmonsters, satellietbeelden, massabalansen van landbouwbedrijven), gerapporteerd en gevalideerd (bv. vergelijkende referentiepunten, benchmarks).

Daarnaast valt ook het vervoer onder de ESA-overeenkomst. De uitstoot in verband met het vervoer van biomassa en biobased producten wordt in de UNFCC-boekhouding echter nationaal toegerekend aan de sector Energie en in het Klimaatakkoord aan de sector Mobiliteit. Terwijl op het niveau van de productieketen de levenscyclusmethode deze uitstoot toerekent aan het biobased plastic product. Het is belangrijk op te merken dat de Vervoerssector een uitstootsector is (d.w.z. een sector die broeikasgassen uitstoot) en daarom zijn emissies zal moeten beperken door absolute reducties of door compensatie of 'insetting'¹⁶. Dit is waar er een potentieel verband is met koolstoflandbouw en koolstofcertificering met betrekking tot vrijwillige koolstofmarkten. (Europese Rekenkamer, 2014)

Wat betreft de omzetting van de suikerbieten in suikerproducten of aanvullende biobased producten, zoals bioplastics (bv. PLA, poly-melkzuur), vallen suikerbietenfabrieken vanwege hun energie-intensiteit onder het systeem voor handel in emissierechten (Emission Trading System, ETS) en onder Industrie in zowel de nationale UNFCC-boekhouding (CRF2) als het Klimaatakkoord (C3). De productie van suiker en biobased producten leidt tot emissies, zodat deze verwerkingsstap een bron van BKG-uitstoot is. Deze sector zal absolute reducties moeten nastreven wegens de afnemende toegestane kredieten. Zij kunnen echter ook proberen hun emissies te verminderen met betrekking tot 'insetting' in hun toeleveringsketen of compensatie aanvragen in het kader van het ETS (Europese Commissie - Press Corner, 2021). Het ETS en de vrijwillige koolstofmarkten zijn idealiter twee verschillende systemen. Maar er kunnen grijze gebieden zijn waar het gaat om 'insetting' in dergelijke productieketen.

Plastic biobased producten zullen waarschijnlijk worden aangemerkt als koolstofproducten met een korte levensduur, wat betekent dat een deel van de biogene koolstof gedurende een korte periode (enkele maanden tot 2 jaar) wordt opgeslagen. (Oever van den M. et al., 2017). Opgemerkt zij dat in beide nationale boekhoudsystemen (UNFCCC en het Klimaatakkoord) de gebruiksfase niet in aanmerking wordt genomen. Dergelijke details kunnen echter in aanmerking worden genomen bij de boekhouding op het niveau van de productieketen.

Bovendien wordt in een lineaire keten ook de uitstoot in verband met de verwijdering van dergelijke plastic producten onduidelijk. In ons voorbeeld hebben we aangenomen dat het in de afvalcategorie van het UNFCC (CR5) terecht kan komen, of, in een poging het te integreren in het Klimaatakkoord, hebben we het in de categorie elektriciteit (C5) ingedeeld, als we aannemen dat het bioplastic wordt gebruikt voor energierugwinning. Dit gebrek aan duidelijkheid is zeer belangrijk om te onderkennen, want tot welke nationale boekhoudkundige categorie behoort een dergelijk product en waar worden de bijbehorende BKG-emissies toegerekend? Dit zal steeds belangrijker worden met het oog op het streven naar een circulaire economie.

¹⁶ "Koolstofcompensatie is een mechanisme waarbij personen of organisaties hun eigen BKG-uitstoot of een deel daarvan compenseren door te betalen voor een gelijkwaardige BKG-besparing die elders in de wereld wordt gerealiseerd, bv. uitstootbesparingen door windmolenparken die kolencentrales vervangen." (EU, 2014). Niet in de eigen waardeketen van een bedrijf. 'Insetting'-projecten zijn interventies in de waardeketen van een bedrijf die zijn ontworpen om BKG-emissiereducties en koolstofopslag te genereren, en tegelijkertijd positieve effecten te creëren voor gemeenschappen, landschappen en ecosystemen. <https://www.insettingplatform.com/insetting-explained/>

5 Conclusies en aanbevelingen

De bio-economie kan bijdragen tot beperking van de klimaatverandering door

1. De koolstofvoorraden te vergroten (waardoor een "netto-put" voor CO₂ ontstaat):
 - a. In het bos of de landbouwgrond (vastlegging);
 - b. In het geogste houtproducten (HWP) of het koolstofopslagproducten-reservoir (opslag);
 2. Beperking door substitutie-effecten (ter voorkoming of vermindering van het vrijkomen van broeikasgassen), d.w.z. het gebruik van hout ter vervanging van:
 - a. Functioneel gelijkwaardige materialen (bv. cement, staal enz.),
 - b. Fossiele brandstoffen voor energie.
- Duurzame praktijken in het bosbeheer zijn relevant om problemen met betrekking tot de verzadiging van de koolstofputten in het bos aan te pakken en ervoor te zorgen dat de koolstof wordt verplaatst naar het HWP-reservoir, terwijl er ook sociaal-economische voordelen zijn.
 - De rapportage en boekhouding van het HWP-koolstofreservoir is voor verbetering vatbaar. Momenteel gebruikt in de EU alleen Frankrijk land specifieke ramingen voor halfwaardetijden, terwijl de andere lidstaten de standaard halfwaardetijd van 2 jaar toepassen op papier, die van 25 jaar op houten panelen en die van 35 jaar op gezaagd hout. Bijgevolg komen de effecten van het biomassabeleid en de innovaties in de houtsector niet tot uiting in de nationale BKG-inventarissen en de BKG-boekhouding in het kader van het Akkoord van Parijs. Om deze effecten te kunnen opnemen zijn er nieuwe gegevens nodig over het HWP-reservoir, zoals de werkelijke halfwaardetijden en hoe innovaties de halfwaardetijden van houtproducten kunnen beïnvloeden. Factoren zoals technologische verbetering in de houtindustrie, het gebruik van nieuwe innovatieve houtproducten met een langere levensduur, het gebruik van stammen van lage kwaliteit en met een kleine diameter, hogere efficiëntie bij de verwerking van houtproducten en verhoging van het recyclingpercentage moeten in aanmerking worden genomen omdat zij de omvang van het HWP-koolstofreservoir zouden kunnen vergroten.
 - Daarnaast vereist dit samenwerking en informatie-uitwisseling tussen de Europese landen. De LULUCF-verordening van de EU schrijft voor dat lidstaten wijzigingen in de koolstofvoorraden van uitgevoerde HWP rapporteren aan de hand van de halfwaardetijden van het invoerende land. Dit vereist niet alleen verbeterde halfwaardetijden uit binnenlands gebruik, maar ook het verkrijgen van dergelijke informatie uit andere landen (EU, maar ook daarbuiten). Voor HWP uit binnenlands gekapt hout dat naar Duitsland wordt uitgevoerd, moet Nederland bijvoorbeeld de Duitse halfwaardetijden gebruiken die voor dat product worden gebruikt, en voor een soortgelijk product dat naar Spanje wordt uitgevoerd, moet het de Spaanse halfwaardetijden gebruiken die voor die productcategorie worden gebruikt. In beginsel zouden de typische manieren om hout te gebruiken in een land belangrijker zijn, maar waarschijnlijk zullen er interacties zijn. Als Duitsland bijvoorbeeld voor gebruik in gebouwen voornamelijk dwarslaminaathout uit Nederland en houtpulp of papier uit Frankrijk zou invoeren, dan bepaalt het gebruik in hoge mate de resultaten.
 - Het is duidelijk dat er, vanuit het oogpunt van beleid en governance, voor producten die hout bevatten al zeer solide boekhoudkundige protocollen bestaan die op nationaal niveau kunnen worden gevolgd. Deze zullen meer dan waarschijnlijk de basis vormen voor toekomstige ontwikkelingen en vorderingen waar het gaat om het "koolstofopslagproducten"-reservoir (nieuw amendement op artikel 9 van de LULUCF dat tussen 2025 en 2027 gereed moet zijn). Daarin wordt voorgesteld de verwijdering van koolstof op te nemen (via de vastlegging en opslag van koolstof in de bodem en in biomassa) en explicietere trajecten in te voeren voor biobased producten (uit bossen en uit de landbouw), zoals bouwmaterialen, vezels en polymeren. Momenteel bestaat er echter geen koolstofreservoir dat de landbouwbiomassa koppelt aan producten op basis van gewassen.
 - Voor biobased producten die afkomstig zijn van landbouwgrond, zullen de ontwikkelingen die op EU-niveau gaande zijn voor de ondersteuning van koolstoflandbouw en koolstofcertificaten, zoals uiteengezet in dit rapport, een belangrijke rol spelen bij de vaststelling van passende boekhoudkaders vanwege de noodzaak van monitoring, rapportage en validering van de koolstofcertificaten. Op productniveau bestaat er momenteel geen consensus binnen deze verschillende standaarden en richtsnoeren over de wijze waarop

biogene-koolstofemissies en -verwijderingen uit producten en de daaruit voortvloeiende opslag van biogene koolstof in biobased producten moeten worden behandeld. Er zijn veel mogelijkheden om zowel op nationaal als op EU-niveau mogelijkheden voor koolstoflandbouw te onderzoeken, vooral als de financiering van deze koolstofkredieten via de strategische plannen van het gemeenschappelijk landbouwbeleid zal lopen.

- Het is belangrijk om kennis te hebben en de waarde te erkennen van de huidige, bestaande boekhoudmethoden die in dit rapport staan beschreven. Veel van de bestaande instrumenten en kaders missen echter belangrijke kenmerken (omdat zij voor zeer specifieke doeleinden zijn ontwikkeld) die robuustere en betrouwbaardere methoden mogelijk zouden kunnen maken voor het boekhoudkundig verantwoorden van biogene-koolstofvastlegging en -opslag in biogene producten. Dergelijke boekhoudkundige overwegingen zijn cruciaal om de transitie naar gebruik van biobased materialen en producten in de juiste richting, naar klimaatneutraliteit te sturen. Er is ook een gebrek aan consistentie tussen de verschillende schalen, waardoor het moeilijk is ervoor te zorgen dat de juiste stromen in aanmerking worden genomen met betrekking tot de emissiedoelstellingen van een land of sector. Zodra de beperkingen van deze benaderingen verder zijn vastgesteld en besproken, kan ook worden gewerkt aan aanpassingen en verbeteringen die een meer geharmoniseerd en complementair gebruik van de verschillende benaderingen mogelijk maken. Op die manier kan een meerlagige aanpak worden vastgesteld om ervoor te zorgen dat bij de overgang naar een circulaire en biobased economie discrepanties als gevolg van dubbele boekhouding of absolute stijgingen van broeikasgassen worden voorkomen.

Aanbevelingen:

- Een begin maken met onderzoeken hoe de informatie over de binnenlandse halfwaardetijd van verschillende producten die deel uitmaken van het HWP-koolstofreservoir op nationaal niveau kan worden verbeterd. Dit kan worden gedaan door onderzoeksprojecten te initiëren waarin wordt gezocht naar meer realistische en nauwkeurige gegevens over de hoeveelheid en levensduur van biobased producten. Het verzamelen van deze informatie kan een uitdaging zijn, maar is relevant ter ondersteuning van de verdere beleidsontwikkeling.
- Aanmoedigen van cascaderend gebruik van biomassa, waarbij biomassa wordt gebruikt voor materialen in nieuwe beleidskaders. Cascaderend gebruik van biomassa wordt momenteel onvoldoende ondersteund, en het is nodig alle productiefasen, met inbegrip van de ontwerpfase, mee te nemen om het potentieel voor hergebruik in een andere vorm te waarborgen, waarbij de laatste fase of het einde van de levensduur (of de laatste fase van de cascade) wordt gebruikt voor energieproductie. Dit is nodig voor de totstandbrenging van een koolstofneutrale, circulaire economie en is tevens essentieel voor het behoud van de Nederlandse concurrentiepositie.
- Proberen de gevolgen te beoordelen van het recente voorstel van de Europese Commissie voor een verordening tot vaststelling van het kader voor de certificering van koolstofverwijderingen. Het is belangrijk niet voorbij te gaan aan aspecten zoals de kwantificering van referentiepunten, de wijze van monitoring, rapportage en validering van emissies en verwijderingen en de vaststelling van gegevens over koolstofopslag op lange termijn in producten op basis van de levensduur van het product, teneinde te zorgen voor daadwerkelijke koolstofreducties met betrekking tot het gebruik van biobased producten.
- Volgen van de gedetailleerde voorschriften en regels (bv. ISO- of EN-normen of een verordening tot vaststelling van het berekeningskader naar analogie van de Europese RED-richtlijn en de bijbehorende mededelingen voor bio-energie en biobrandstoffen) voor de berekening van de BKG-reductie-effecten van biobased materialen die de berekeningsprocedure kunnen helpen harmoniseren. Er is een lopend initiatief op Europees niveau: Werkgroep 4 (Duurzaamheidscriteria, levenscyclusanalyse en aanverwante kwesties) van het Technisch Comité TC411 (Biobased producten) van het Europees Comité voor Normalisatie (CEN) werkt momenteel aan een nieuwe Europese standaard betreffende vergelijkende LCA's voor biobased producten met hun fossiele tegenhangers.

6 Literatuur

- Bergsma G., Broeren M. (2020). Transitieteam Kunststoffen. Actieplan Biobased Kunststoffen. .
- British Standards Institution (BSI). (2011). *PAS 2050. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services*.
- CO₂ Value Europe. (2022, December). *The European Association dedicated to the conversion of CO₂ into valuable products*. Retrieved from <https://co2value.eu/what-is-ccu/>
- European Parliament. (2020). *Commission Implementing Regulation (EU) 2020/1208 on structure, format, submission processes and review of information reported by Member States pursuant to Regulation (EU) 2018/1999 of the European Parliament and of the Council*. Retrieved from https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2020/1208/oj
- European Parliament. (2021, June 08). *Report on the proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council Amending Regulations (EU) 2018/841 as regards the scope, simplifying the compliance rules, setting out the targets of the Member States for 2030 and committing to the co*. Retrieved from https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2022-0161_EN.html
- Government of the Netherlands. (2019, 06 28). National Climate Agreement of the Netherlands. The Hague, Netherlands. Retrieved from <https://www.government.nl/topics/climate-change/climate-policy>
- AGRI, D. V.-D. (2022).
- Arets, E.J.M.M., et al. (2022). *Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2022* WOt Technical report 217. *Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2022*. . Wageningen .
- Breton C., B. P.-S. (2018). Assessing the climate change impacts of biogenic carbon in buildings: A critical review of two main dynamic approaches,. *Sustainability* , 10(6).
- Cherubini, F., et al. (2011). CO₂ emissions from biomass combustion for bioenergy: atmospheric decay and contribution to global warming. . *GCB Bioenergy*, 3(5), 413–426.
- Dammer, L., et al. (2016). *Cascading use of wood products*. World Wide Fund for Nature.
- Di Virgilio N.-DG AGRI. (2022). "The role of the CAP in promoting carbon farming". Presentation at the "Second EUSO Stakeholders Forum". Retrieved from <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/euso/second-euso-stakeholders-forum>
- Directorate-General for Internal Market, I. E. (n.d.). Bio-based products. Retrieved from https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/biotechnology/bio-based-products_en
- Encyclopedia Britannica. (2022, Nov. 14). *The Information Architects of Encyclopaedia*. "carbon sequestration". Retrieved from <https://www.britannica.com/technology/carbon-sequestration>.
- EPA. (2016). Retrieved from <https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-03/documents/life-cycle-ghg-accounting-versus-ghg-emission-inventories10-28-10.pdf>
- EPA. (2022). *United States Environmental Protection Agency*. Retrieved from <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>:
<https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>
- European Commission. (2021, July 14). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – 'Fit for 55': delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0550&from=EN>
- European commission-CFI. (2021, April 27). Climate Action. Retrieved from https://climate.ec.europa.eu/news-your-voice/news/commission-sets-carbon-farming-initiative-motion-2021-04-27_en
- European Commission . (2022). *Joint Research Center-Forest* . Retrieved from <https://forest.jrc.ec.europa.eu/en/activities/lulucf/>
- European commission glossary. (2018). Retrieved from https://knowledge4policy.ec.europa.eu/glossary-item/carbon-pool_en.
- European Commission. (2018). *PEF Product Environmental Footprint Category Rules Guidance, Version 6.3*.
- European Commission-CEE. (2022). *Energy and the Green Deal.A clean energy transition*. Retrieved from Directorate-General for Communication: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/energy-and-green-deal_en#in-the-spotlight

-
- European Commission-CF. (2021, December 15). *Directorate-General for Climate Action*. Retrieved from Sustainable carbon cycles: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/forests-and-agriculture/sustainable-carbon-cycles_en
- European Commission-F2F. (2020). *Farm to fork strategy. For a fair, healthy and environmentally-friendly food system*. Retrieved from Directorate-General for Health and Food Safety: https://food.ec.europa.eu/system/files/2020-05/f2f_action-plan_2020_strategy-info_en.pdf
- European Commission-SCC. (2022). *Sustainable carbon cycles*. Retrieved from EU Directorate-General for Climate Action: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/sustainable-carbon-cycles_en
- European Commission - Press Corner. (2021, July 14). Questions and Answers - Emissions Trading – Putting a Price on carbon . Brussels. Retrieved from https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_21_3542
- European Commission - Press release. (2022, November 20). European Green Deal: Commission proposes certification of carbon removals to help reach net zero emissions. Brussels. Retrieved from file:///C:/Users/garci081/Downloads/European_Green_Deal__Commission_proposes_certification_of_carbon_removals_to_help_reach_net_zero_emissions.pdf
- European Commission. (2018, June 18). *Regulation (EU) 2018/841 on the inclusion of greenhouse gas emissions and removals from land use, land use change and forestry in the 2030 climate and energy framework, and amending Regulation (EU) No 525/2013 and Decision No 529/2013/EU*. Retrieved from Publications Office.
- European Commission- JRC. (2010). *Institute for Environment and Sustainability. International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook – General Guide for Life Cycle*. Luxembourg.: Office of the European Union.
- European Commission PEF. (2013). *PEF Guide, Annex to Commission Recommendation 2013/179/EU on the use of common methods to measure and communicate the life cycle environmental performance of products and organisations*. .
- European Commission-BDS. (2022). *Strategy*. Retrieved from Biodiversity Strategy 2030: https://environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversity-strategy-2030_en
- European Commission-CAP. (2021, December 2). *The new common agricultural policy*. Retrieved from Directorate-General for Agriculture and Rural Development: https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy/cap-overview/new-cap-2023-27_en
- European Commission-CEAP. (2022). Retrieved from Directorate-General for Environment: https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en
- European Commission-ED. (2022, March 30). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. On making sustainable products the norm*. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52022DC0140&qid=1649112555090>
- European Commission-JRC. (2021). *Brief on the role of the forest-based bioeconomy in mitigating climate change through carbon storage and material substitution*. . Retrieved from European Commission's Knowledge Centre for Bioeconomy.
- European Commission-RED. (2018, December 11). *Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast)*. Retrieved from https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0082.01.ENG
- European Commission-RME. (2020, October). *Methane emissions. Reducing energy-related methane emissions will boost the clean energy transition in Europe*. Retrieved from Directorate-General for Energy: https://energy.ec.europa.eu/topics/oil-gas-and-coal/methane-emissions_en
- European Commission-SS. (2021, November 17). Communication from the commission to the European Parliament, the Council and the committee of the regions. EU Soil Strategy for 2030 Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate. Brussels. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52021DC0699>
- European Commission-ZPAP. (2021, May 12). Communication from the commission. Pathway to a Healthy Planet for All EU Action Plan: 'Towards Zero Pollution for Air, Water and Soil'. Brussels.
- European Commission- ACC. (2021, February 24). *EU Adaptation Strategy*. Retrieved from https://climate.ec.europa.eu/eu-action/adaptation-climate-change/eu-adaptation-strategy_en
- European Council-GD. (2022). Retrieved from European Green Deal: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/>

- European Court of Auditors. (2014). *How do the EU institutions and bodies calculate, reduce and offset their greenhouse gas emissions? (pursuant to Article 287(4), second subparagraph, TFEU)*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- European Parliamentary Research Service. (2022, February). New EU forest strategy for 2030. PE 698.936 . Retrieved from [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2022/698936/EPRS_ATA\(2022\)698936_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/ATAG/2022/698936/EPRS_ATA(2022)698936_EN.pdf)
- European Standard EN 16760. (2015). *EN 16760:2015 Biobased products – Life Cycle Assessment*.
- European Standard EN-15804. (2019). *Sustainability of construction works—Environmental product declarations—Core rules for the product*.
- FAO. (2021). *Food and Agricultural Organization of the United Nations*. Retrieved from FAOSTAT: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>
- Forlin V. DG CLIMA. (2022, October 26). "Carbon farming in the EU". Presentation at the "Second EUSO Stakeholders Forum". *DG Clima*. Retrieved from https://esdac.jrc.ec.europa.eu/public_path/public_path/EUSO-SHF-2022/EUSO%20Stakeholder%20Forum%20-%20Agenda%20-2022-10-24.pdf
- Grassi, G. et al. (2021). *JRC124374. Brief on the role of the forest-based bioeconomy in mitigating climate change through carbon storage and material substitution*. European Commission.
- Greenhouse Gas (GHG) Protocol. (2011). *Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard*. World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development. Retrieved October 10, 2022, from https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Product-Life-Cycle-Accounting-Reporting-Standard_041613.pdf
- Hendriks, C. E. (2021). *LULUCF : Land Use, Land-Use Change and Forestry. WOt-special 3. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu*, . Wageningen . Retrieved from <https://edepot.wur.nl/545713>
- Höglmeier, K. et al. (2013). Potentials for Cascading of Recovered Wood from Building Deconstruction: A Case Study for South-East Germany. *Resour. Conserv. Recycl.*, 78, 81–91. doi:10.1016/j.resconrec.2013.07.004.
- Hoxha, E., A. et al. (2020). Biogenic carbon in buildings: a critical overview of LCA methods. *Buildings and Cities*, 1(1), 504-524.
- IPCC. (2005). *IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage*. New York. Retrieved from <https://www.osti.gov/biblio/20740954>
- IPCC. (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, Agriculture, Forestry and Other Land Use. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme*. . Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Kanagawa, Japan .
- IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Kanagawa, Japan: IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES).
- IPCC. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme*. Kanagawa, Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES).
- IPCC. (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Chapter 3.2. Land Use Categories*. Retrieved from https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_03_Ch3_Representation.pdf
- IPCC. (2019, IPCC guidelines are mandatory, and the 2019 refinement may be used if justified.). *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4, Agriculture, Forestry and Other Land Use*. Switzerland: IPCC. Retrieved from <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/index.html>
- IPCC. (2022). Retrieved from https://archive.ipcc.ch/organization/organization_history.shtml
- IPCC,2021. (2021). *Summary for policy makers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the IPCC*. New York: Cambridge University Press. doi:10.1017/9781009157896.001
- IPI. (2022). *International Platform for Insetting* . Retrieved from <https://www.insettingplatform.com/insetting-explained/>
- IRENA. (2022). *NDCs and renewable energy targets in 2021: Are we on the right path to a climate-safe future?* Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency,. Retrieved from [file:///C:/Users/garci081/Downloads/IRENA_NDCs_RE_Targets_2022%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/garci081/Downloads/IRENA_NDCs_RE_Targets_2022%20(1).pdf)

-
- ISCC. (2022). ISCC Plus System Document v3.2,. International Sustainability and Carbon Certification . Retrieved from <https://www.iscc-system.org/>
- ISO. (2006). ISO 14040:2006 Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework; ISO 14044:2006 Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/37456.html>
- ISO. (2017). *ISO 21930:2017, Sustainability in buildings and civil engineering works — Core rules for environmental product declarations of construction products and services.*
- ISO. (2018). *ISO 14067:2018 GHGs – Carbon Footprint of products – Requirements and guidelines for quantification.*
- Iversen P., L. D. (2014). *Understanding Land Use in the UNFCCC.*
- Levasseur, A., et al. (2010). Considering time in LCA: Dynamic LCA and its application to global warming impact assessments. *Environmental Science & Technology*, 44(8), 3169–3174.
- McLaren D. P., e. a. (2019). Beyond “Net-Zero”: A Case for Separate Targets for Emissions Reduction and Negative Emissions. *Frontiers in Climate*, 1:4. doi:10.3389/fclim.2019.00004
- Minx J. C., e. a. (2018). Negative Emissions—Part 1: Research Landscape and Synthesis. *Environmental Research Letters* (6). doi:10.1088/1748-9326/aabf9b
- Minx, J. e. (2017). Fast Growing Research on Negative Emissions. *Environmental Research Letters*, 12 (3). Retrieved from <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5ee5>*
- Moosmann L., et al. (2019). *International Climate Negotiations - Issues at stake in view of the COP 25 UN Climate Change Conference in Madrid.* Study for Committee on the Environment, Public Health and Food Safety of the European Parliament, European Parliament, Luxembourg.
- Müller-Langer, F. et al. (2014). Benchmarking biofuels—a comparison of technical, economic and environmental indicators. *Energ Sustain Soc.*, 4(20). Retrieved from <https://doi.org/10.1186/s13705-014-0020-x>
- Nabuurs, G. P. (2015). *A new role for forests and the forest sector in the EU post-2020 climate targets.* European Forest Institute. Retrieved from <http://edepot.wur.nl/371799>.
- NEN. (2018). NCS 8080:2018-08.Better Biomass certification scheme. Retrieved from https://betterbiomass.nl/wp-content/uploads/2018/08/NCS-8080_2018-08-en-Better-Biomass-certification-scheme.pdf
- Nicola di Virgilio, D. A. (n.d.). The role of the CAP in promoting carbon farming. Presentation at the “Second EUSO Stakeholders Forum”.
- O’Keeffe, S., et al. (2016). When considering no man is an island—assessing bioenergy systems in a regional and LCA context: a review. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21(6), 885-902.
- Oever van den M. et. al. (2017). *Bio-based and biodegradable plastics – Facts and Figures Focus on food packaging in the Netherlands. Report 1722.* Wageningen.
- PCAF. (2020, November 18). *The Global GHG Accounting and Reporting Standard for the Financial Industry.* Retrieved from <https://carbonaccountingfinancials.com/files/downloads/PCAF-Global-GHG-Standard.pdf>
- Phys.org. (2017, December 12). *Cascading Use of Wood to Ensure Sustainability Available.* Retrieved from <https://phys.org/news/2017-12-cascading-wood-sustainability.html>.
- Ramage M.H. et al. (2017). *Renewable and Sustainable Energy Reviews. ISSN 1364-0321., 68, 333-359.*
- Risse, M. et al. (2017). Resource Efficiency of Multifunctional Wood Cascade Chains Using LCA and Exergy Analysis, Exemplified by a Case Study for Germany. *Resour. Conserv. Recycl.*, 126, 141–152.
- RSB. (2018). Standard for Advanced Products. RSB-STD-02-001 (version 2.0). Retrieved from https://rsb.org/wp-content/uploads/2018/03/18-03-22_RSB-STD-02-001-v2.0-RSB-Standard-for-Bio-based-and-Advanced-Products_rev.pdf
- Ruter S., et al. (2019). *IPCC Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories- Vol 4. Agriculture, Forestry and other Land Use. IPCC Chapter 12. Harvested Wood Products. In:.*
- Sato, A. e. (2019). Assessing the contribution of harvested wood products under greenhouse gas estimation: accounting under the Paris Agreement and the potential for double-counting among the choice of approaches. . *Carbon Balance and Management* .
- SER. (2020). *SER Biomass in the Balance. A Sustainability Framework for High-Value Use of Bio-Based Raw Materials; Social Economic Council. Advisory Report 20/07. . Den Haag.*
- Thorsøe, M. (2022). EJP SOIL:ROAD4SCHEMES PROJECT. Presentation at the “Second EUSO Stakeholders Forum”. Retrieved from https://esdac.jrc.ec.europa.eu/public_path/shared_folder/EUSO/second-SHF-presentations/OC/4_MartinThorsoe_Thors%C3%B8e%20EUSO%20seminar.pdf

- UBA, German Environmental Agency. (2017). *Biomass Cascades. Increasing Resource Efficiency by Cascading Use of Biomass: from Theory to Practice*. Dessau-Roßlau. Retrieved from <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>
- UNECE. (2022, July 30). Retrieved from United Nations Economic Commission for Europe: <https://unece.org/forests/carbon-storage-harvested-wood-products-hwp>
- UNECE. (2022). *Forest. Carbon Storage in Harvested Wood Products (HWP)*. Retrieved from <https://unece.org/forests/carbon-storage-harvested-wood-products-hwp>
- UNFCCC. (2009). *Resource Guide Module 3. National Greenhouse Gas Inventories*. Retrieved from https://unfccc.int/resource/docs/publications/09_resource_guide3.pdf
- UNFCCC. (2022). *United Nations Climate Change*. Retrieved from <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>
- UNFCCC. (2022). *United Nations Climate Change* . Retrieved from <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-convention/status-of-ratification-of-the-convention>
- United Nations. (2021). *United Nations. Climate Action*. Retrieved from <https://www.un.org/en/climatechange/paris-agreement>
- Ventura, A. (2022). Conceptual issue of the dynamic GWP indicator and solution. *Int J Life Cycle Assess.* Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s11367-022-02028-x>
- Vis, M. et al. (2016). *Study on the Optimised Cascading Use of Wood. No 394/PP/ENT/RCH/14/7689*. Luxembourg. Publications: Office of the European Union.
- World Bank. (2020). *Reference Guide to Climate Change Framework Legislation*. Washington DC. Retrieved from <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/34972/World-Bank-Reference-Guide-to-Climate-Change-Framework-Legislation.pdf?sequence=6>
- Zampori L. and Pant R. (2019). *Suggestions for updating the Product Environmental Footprint (PEF) method*. Luxembourg.: Publications Office of the European Union,.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Food & Biobased Research
Bornse Weilanden 9
6708 WG Wageningen
E info.wfbr@wur.nl
wur.nl/wfbr

Rapport 2426

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

