

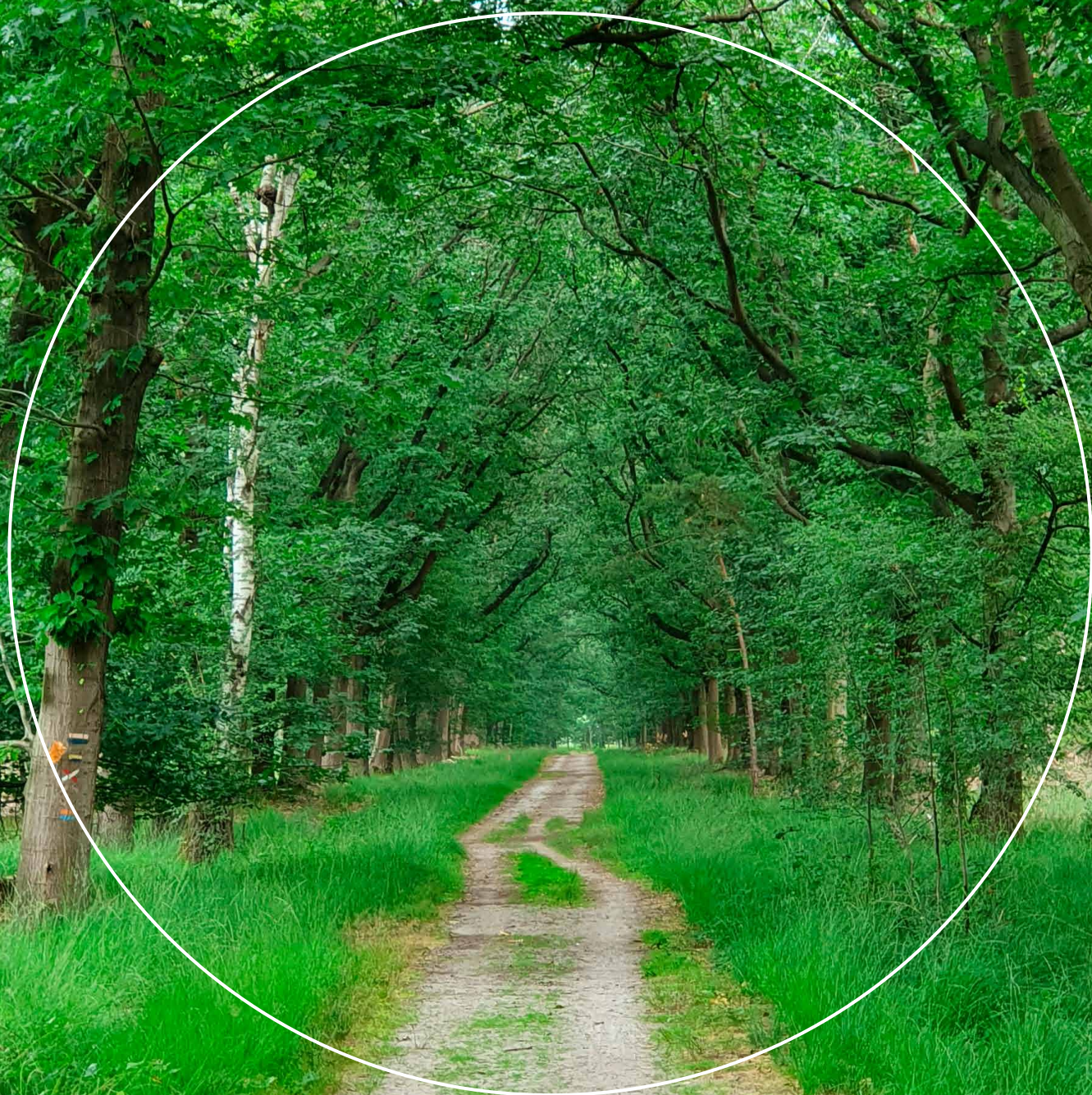
Raming van emissies van broeikasgassen en verwijderingen van CO₂ door de LULUCF-sector 2021-2040

Achtergronddocument bij de Klimaat- en Energieverkenning 2023

Sven van Baren, Eric Arets en Jan Peter Lesschen



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH



Raming van emissies van broeikasgassen en verwijderingen van CO₂ door de LULUCF-sector 2021-2040

Achtergronddocument bij de Klimaat- en Energieverkenning 2023

Sven van Baren, Eric Arets en Jan Peter Lesschen

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research in opdracht van het Planbureau van de Leefomgeving

Wageningen Environmental Research
Wageningen, september 2023

Gereviewd door:

Bas Lerink, onderzoeker Europese bossen, team Vegetatie- Bos- en landschapsecologie

Akkoord voor publicatie:

Nina Smits, teamleider team Vegetatie- Bos- en landschapsecologie

Rapport WENR 3285

ISSN 1566-7197

van Baren, S.A., E. Arets, J.P Lesschen, 2023. *Raming van emissies van broeikasgassen en verwijderingen van CO₂ door de LULUCF-sector 2021-2040; Achtergronddocument bij de Klimaat- en Energieverkenning 2023*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport WENR 3285. 22 blz.; 1 fig.; 6 tab.; 12 ref.

In het kader van de Klimaat- en Energieverkenning 2023 (KEV 2023) zijn voor broeikasgasemissies en verwijderingen van koolstofdioxide door landgebruik, landgebruiksverandering en bosbouw (Land Use, Land-Use Change and Forestry; LULUCF) de referentieramingen uit de KEV 2022 op hoofdlijnen bijgewerkt. De methodes voor de ramingen zijn in lijn met de methodiek zoals gebruikt voor de Nederlandse broeikasgasrapportages aan de VN Klimaatconventie (UNFCCC). De bijgewerkte ramingen houden rekening met de methodewijzigingen die voor de nationale rapportage in 2023 zijn doorgevoerd. Op de resultaten zijn tevens de boekhoudregels toegepast zoals die voor de periode 2021-2025 en 2026-2030 onder de recent gewijzigde EU LULUCF verordening 2018/841 van kracht zijn.

As part of the Climate and Energy Outlook 2023 (KEV 2023), greenhouse gas emissions and removals of carbon dioxide from land use, land-use change and forestry (LULUCF) the estimates from the KEV 2022 have been updated in outline. The methods used for the estimates are in line with the methodology used for the Dutch greenhouse gas inventory reports to the UN Climate Convention (UNFCCC). The updated estimates take into account the method changes made to the national reporting in 2023. Moreover, also the accounting rules that are applicable under the recently amended EU LULUCF regulation 2018/841 have been applied to these estimates of emissions and removals for the period 2021-2025 and 2026-2030.

Trefwoorden: LULUCF, landgebruik, bosbouw, klimaat- en energieverkenning, KEV, broeikasgasemissies, CO₂verwijderingen, klimaatboekhouding

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/637513> of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2023 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.



Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001.

Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Wageningen Environmental Research Rapport WENR 3285 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Strabrechtse heide, Heeze (Sven van Baren)

Inhoud

Verantwoording	5
Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	10
1.1 Klimaat en Energieverkenning 2023	10
1.2 LULUCF in de Klimaat en Energieverkenning	10
2 Aanpak	12
2.1 Algemeen	12
2.1.1 Opzet van het modelsysteem	12
2.2 Wijzigingen in de LULUCF methodiek	13
2.3 Uitgangspunten beleid	14
2.3.1 Regionale veenweidestrategieën provincies	14
2.3.2 12.000 hectare bebossing	15
2.3.3 Afbouw derogatie	15
3 Resultaten	16
3.1 Emissies en verwijderingen UNFCCC-categorieën	16
3.1.1 Vergelijking met de resultaten uit de KEV 2022	17
3.2 Toepassing van de boekhoudregels uit de LULUCF verordening	18
Literatuur	20



Verantwoording

Rapport: 3285

Projectnummer: 5200048077

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: Onderzoeker Europese Bossen

naam: Bas Lerink

datum: 29-8-2023

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: Nina Smits

datum: 28-8-2023

Woord vooraf

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) brengt jaarlijks de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) uit. In het kader van de KEV 2023 is deze raming van emissies van broeikasgassen en verwijdering van CO₂ voor landgebruik, landgebruiksverandering en bosbouw (LULUCF; Land Use, Land-Use Change and Forestry) opgesteld. De raming is opgesteld door onderzoekers van Wageningen Environmental Research (WENR), in opdracht van het Planbureau voor de Leefomgeving. Betrokken onderzoekers werken ook mee in de taakgroep LULUCF die binnen de Nederlandse Emissieregistratie verantwoordelijk is voor de jaarlijkse rapportages van de broeikasgasemissies en CO₂ verwijderingen voor de LULUCF sector onder de VN klimaatconventie (UNFCCC).

Op basis van voor de KEV vastgestelde uitgangspunten voor mee te nemen veranderingen in landgebruik en emissiebronnen, zijn de LULUCF emissies en verwijderingen voor de zichtperiode 2021-2030 geraamd en wordt een doorkijk naar 2035 en 2040 gegeven. De broeikasgasemissies en CO₂ verwijderingen voor LULUCF zijn in hoofdlijnen berekend met de systematiek zoals die wordt gebruikt voor de reguliere LULUCF-rapportages onder de Emissieregistratie (Arets et al., 2023, van der Net et al., 2023).

Voor de KEV 2023 wordt enkel op hoofdlijnen een update van de ramingen uit de KEV 2022 doorgevoerd. Daarbij wordt wel rekening gehouden met wijzigingen die zijn doorgevoerd in statistieken en modellen die worden gebruikt voor de reguliere rapportage van broeikasgasemissies en verwijderingen van CO₂ zoals die zijn vastgelegd in de NIR 2023 (van der Net et al., 2023). De ramingen voor de KEV 2023 houden verder alleen rekening met nieuw (sinds de KEV 2022) vastgesteld en voorgenomen beleid met peildatum 1 mei 2023 waarvan een groot effect verwacht kan worden. Daarnaast wordt een inschatting gemaakt van geagendeerd beleid waar mogelijk. In 2024 zal weer een uitgebreide KEV worden opgesteld met volledig geactualiseerde emissieramingen op basis van dan vastgestelde en voorgenomen beleid.

Aangezien in de KEV 2023 slechts beperkte aanpassingen ten opzichte van de KEV 2022 zijn doorgevoerd is ook de rapportage beperkt tot een beschrijving van de resultaten en duiding van de effecten van de verschillen met de KEV 2022. Uitgebreide onderbouwing van de LULUCF ramingen in de KEV 2022 staat in Arets et al. (2022).

Vanuit het PBL is het opstellen van de LULUCF ramingen inhoudelijk begeleid door Jelle van Minnen en Gert Jan van den Born.

Samenvatting

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) heeft in het kader van de Klimaat- en Energieverkenning 2023 (KEV 2023) onderzoekers van Wageningen Environmental Research gevraagd de ramingen uit de KEV 2022, die de toekomstige effecten geven van vastgesteld en voorgenomen beleid op de emissies van CO₂, N₂O en CH₄ en verwijderingen van CO₂ door landgebruik, landgebruiksveranderingen en bosbouw (LULUCF) op hoofdlijnen bij te werken. Daarvoor is de zichtperiode 2022-2030, en wordt er een verdere doorkijk gegeven naar 2035 en 2040. De KEV 2023 is uitgevoerd op hoofdlijnen waarbij een update van de ramingen uit de KEV 2022 is berekend. De beleidspunten die zijn meegenomen zijn identiek aan de KEV 2022.

De emissieramingen volgen de methode en uitgangspunten die Nederland hanteert voor de nationale broeikasgasrapportage voor de LULUCF sector (Arets et al., 2023; van der Net et al., 2023). Deze methoden zijn ten opzichte van de KEV 2022 gewijzigd en leiden daarmee tot gewijzigde ramingen van emissies en verwijderingen voor hetzelfde beleidspakket. Om daarmee rekening te houden zijn de effecten van het beleidspakket uit de KEV 2022 opnieuw doorgerekend met de bijgewerkte methodes.

Daarnaast worden ook de resultaten gegeven volgens de boekhoudkundige regels die voor de LULUCF sector voor de periodes 2021-2025 en 2026-2030 gelden op basis van de, ten opzichte van vorig jaar, gewijzigde EU LULUCF-verordening 2018/841¹.

Geraamde emissies en verwijderingen

De totale geraamde netto-emissies uit de LULUCF sector voor de KEV doorrekening nemen in de periode 2022-2030 geleidelijk af van 4384 miljoen kg CO₂ eq. in 2022 tot 3508 miljoen kg CO₂ eq. in 2030, en vervolgens tot 2870 miljoen kg CO₂ eq. in 2035 en tot 2674 miljoen kg CO₂ eq. in 2040. De emissies per landgebruikscategorie variëren over de tijd.

Voor 2022 liggen de geraamde netto emissies 180 miljoen kg CO₂ eq. hoger dan in de KEV 2022, terwijl de emissies in de jaren vanaf 2023 t/m 2030 153 tot 149 miljoen kg CO₂ eq. lager uitkomen.

De methodewijzingen die in de KEV 2023 zijn doorgevoerd verklaren het grootste deel van de verschillen in de netto geraamde emissies voor de LULUCF sector tussen de KEV 2022 en KEV 2023 ramingen.

Toepassing van boekhoudregels

Toepassing van de boekhoudregels uit de gewijzigde EU LULUCF-verordening 2018/841¹, die gebruikt gaan worden om de prestaties van lidstaten te beoordelen en af te rekenen, resulteert voor de eerste nalevingsperiode 2021-2025 in een geraamd netto tegoed van 7121 miljoen kg CO₂ eq. (7,1 Mton CO₂ eq.). Daarvan kunnen volgens de gewijzigde regels 6,7 Mton CO₂ eq. gebruikt worden voor flexibiliteit met de EU Effort Sharing Regulation 2018/842 (ESR)². Voor de tweede nalevingsperiode 2026-2030 met aangepaste boekhoudregels komt het geraamde netto tegoed op 2077 miljoen kg CO₂ eq. (2.1 Mton CO₂ eq.). Omdat dat onder de limiet van 6,7 Mton CO₂ eq. uitkomt kan dat volledig gebruikt worden voor flexibiliteit met de ESR.

¹ <http://data.europa.eu/eli/reg/2018/841/2023-05-11>.

² <http://data.europa.eu/eli/reg/2018/842/2023-05-16>.

1 Inleiding

1.1 Klimaat en Energieverkenning 2023

De Klimaat- en Energieverkenning 2023 (KEV 2023) actualiseert de KEV 2022 op hoofdlijnen. Voor de ramingen van de landgebruikssector betekent dit dat dezelfde inputparameters als voor de KEV 2022 gebruikt zullen worden voor het boekhoudmodel (Lasso).

Ten opzichte van de KEV 2022 zijn er wel wijzigingen doorgevoerd in de methodiek die wordt gebruikt voor de Nederlandse Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF) rapportage. Deze wijzigingen (zie paragraaf 2.2) leiden tot een verhoging van de geraamde emissies, zoals ook is waargenomen in de cijfers zoals gepresenteerd in de National Inventory Report 2023 (NIR 2023) (van der Net et al., 2023) ten opzichte van de NIR 2022 (Ruysenaars et al., 2022).

Het meegenomen beleid komt in de KEV 2023 dus grotendeels overeen met dat uit de KEV 2022. Voor de KEV 2023 worden daarnaast ook nieuwe beleidspunten met peildatum 1 mei 2023 meegenomen waarvan verwacht wordt dat deze een grote impact hebben en op redelijk eenvoudige wijze doorgerekend kunnen worden.

In deze rapportage zullen met name de wijzigingen ten opzichte van de KEV 2022 uiteengezet worden en de resultaten hiervan besproken worden. Voor een uitgebreide beschrijving van het beleid dat in de KEV 2022 is meegenomen verwijzen we graag naar het achtergronddocument van de LULUCF ramingen bij de KEV 2022 (Arets et al., 2022).

1.2 LULUCF in de Klimaat en Energieverkenning

Ten opzichte van vorig jaar zijn de EU LULUCF Verordening 2018/841³ en de EU Governance verordening 2018/1999⁴, met daarin de regels voor rapportage en boekhouding van emissies en verwijderingen voor de LULUCF sector, gewijzigd met EU wet 2023/839⁵. Dit is uiteindelijk samengebracht in de geconsolideerde versie van (EU) 2018/841⁶.

Een paar wijzigingen zijn ook relevant voor de KEV. Zo zijn de boekhoudregels gewijzigd voor de periode 2026-2030. In plaats van gebruik te maken van verschillende boekhoudcategorieën met specifieke boekhoudregels, wordt nu voor de boekhouding voor 2030 voor iedere Europese lidstaat een emissiereductie doel geformuleerd. Dit doel wordt geformuleerd ten opzichte van de gemiddelde netto emissies uit de periode 2016-2018 (zoals die in 2032, voor deze periode worden gerapporteerd). Voor Nederland is die reductiedoelstelling, ten opzichte van het gemiddelde van 2016-2018, gezet op -435 kiloton CO₂-equivalenten. De doelen voor de tussenliggende jaren 2026-2029 moeten worden bepaald op basis van een lineaire extrapolatie van de gemiddelde emissies voor de jaren 2021-2023 (zoals die in 2025 worden gerapporteerd) in 2022 en de streefwaarde voor 2030. Die streefwaarde voor 2030 kan worden bepaald door de gemiddelde emissies voor 2016-2018 te bepalen en daar 435 kiloton CO₂ van af te trekken.

³ Verordening (EU) 2018/841 van het Europees Parlement en de Raad van 30 mei 2018 inzake de opname van broeikasgasemissies en -verwijderingen door landgebruik, verandering in landgebruik en bosbouw in het klimaat- en energiekader 2030, en tot wijziging van Verordening (EU) nr. 525/2013 en Besluit nr. 529/2013/EU. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2018/841/oj?locale=nl>.

⁴ Verordening (EU) 2018/1999 van het Europees Parlement en de Raad van 11 december 2018 inzake de governance van de energie-unie en van de klimaatactie [...]. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2018/1999/oj?locale=nl>.

⁵ Verordening (EU) 2023/839 van het Europees Parlement en de Raad van 19 april 2023 tot wijziging van Verordening (EU) 2018/841 wat betreft het toepassingsgebied, vereenvoudiging van de rapportage- en nalevingsvoorschriften, en vaststelling van de streefcijfers voor de lidstaten voor 2030, en van Verordening (EU) 2018/1999 wat betreft verbetering van monitoring, rapportage, het volgen van de vooruitgang en beoordeling. <http://data.europa.eu/eli/reg/2023/839/oj>.

⁶ <http://data.europa.eu/eli/reg/2018/841/2023-05-11>.

In Hoofdstuk 2 geven we de uitgangspunten en de benodigde aanpassingen aan het reguliere LULUCF systeem (Arets et al., 2023) ten behoeve van de KEV-ramingen voor de LULUCF-sector voor de periode tot en met 2030 en een doorkijk naar 2035 en 2040. In Hoofdstuk 3 staan vervolgens de resultaten van de ramingen voor de verschillende landgebruikscategorieën zoals gebruikt voor de UNFCCC-rapportage, geaggregeerd naar de hoofdklassen en onderverdeeld naar de onderverdeling “blijvend” (remaining) en “veranderd in” (converted to). Daarnaast worden ook de emissies en verwijderingen gegeven voor de aggregatie naar de boekhoudcategorieën voor de gewijzigde EU LULUCF-verordening 2018/841, met voor iedere categorie de referentiewaarden waartegen de emissies worden beoordeeld. Voor de nalevingsperiode 2026-2030 worden de streefcijfers berekend op basis van de resultaten uit de NIR 2023 voor de jaren t/m 2021 en voor de doeljaren na 2021 worden de voor die jaren geraamde waarden gebruikt.

Tabel 1.1 *Overzicht van de boekhoudcategorieën die in de EU LULUCF-verordening 2018/841 worden onderscheiden voor de nalevingsperiode 2021-2025, met toelichting op de bijhorende boekhoudregels.*

Boekhoudcategorieën	Type boekhouding	Toelichting
Bebost en ontbost land	Totale netto-emissies zonder referentie	De totale hoeveelheid emissies en verwijderingen van alle jaren tijdens de perioden van 2021 tot en met 2025 worden genomen. Emissies worden meegenomen als tekort (debits), verwijderingen als krediet/tegoed (credits).
Beheerd bouwland, beheerd grasland en beheerde wetlands	Emissies vergeleken met emissies in referentieperiode 2005-2009	Het verschil bepaalt de omvang van credits (als emissies lager, of verwijderingen hoger zijn dan in de basisperiode) of debits (als emissies hoger, of verwijderingen lager zijn dan in de basisperiode).
Beheerd bos plus geoogste houtproducten (HWP)	Emissies en verwijderingen vergeleken met een referentieniveau voor bossen (FRL)	Het FRL geeft een inschatting van de verwijderingen van broeikasgassen in de nalevingsperiodes 2021-2025 waarbij rekening wordt gehouden met de leeftijdsafhankelijke groei van het bestaande bos onder de aanname dat het bosbeheer het beheer uit de historische referentieperiode 2000-2009 volgt. Als meer CO ₂ wordt verwijderd dan mag worden verwacht op basis van het FRL, levert dat credits op, en bij minder vastlegging wordt dat als een debit meegenomen. Om meer CO ₂ vast te leggen in bos zullen dus aanvullende maatregelen moeten worden genomen, ten opzichte van het beheer in de referentieperiode 2000-2009.

2 Aanpak

2.1 Algemeen

De berekeningen volgen de systematiek zoals die voor de reguliere LULUCF-rapportages aan de UNFCCC (NIR 2023; van der Net et al., 2023) worden gedaan en zijn beschreven in Arets et al. (2023). Deze rapportages betreffen berekende emissies en verwijderingen van 1990 tot twee jaar voor het jaar waarin wordt gerapporteerd, op basis van waargenomen veranderingen in landgebruik en berekende veranderingen in koolstofvoorraden (emissiefactoren), deels bepaald op basis van historische meetreeksen en deels op basis van standaardfactoren. Voor bos worden bijvoorbeeld de ontwikkeling van de koolstofvoorraden bepaald op basis van de bosinventarisaties.

Om voor de LULUCF-ramingen in de KEV de toekomstige emissies en verwijderingen te bepalen zijn projecties nodig van de toekomstige veranderingen in landgebruik en schattingen van toekomstige ontwikkelingen van emissiefactoren. Daarbij is het van belang om zowel autonome achtergrondontwikkelingen mee te nemen, als de ontwikkelingen die verwacht worden op basis van het geïdentificeerde vastgestelde en voorgenomen beleid. De aanpak daarvoor wordt in dit hoofdstuk toegelicht.

Om ook een inschatting te maken van de prestaties ten opzichte van de doelen uit de EU LULUCF-verordening 2018/841 wordt ook een boekhoudkundige analyse van de resultaten uitgevoerd. Daarom worden naast de emissieberekeningen ook de referentiewaarden bepaald die gebruikt worden in de LULUCF-emissieboekhouding zoals die in de EU LULUCF verordening zijn vastgesteld.

Ten opzichte van de KEV 2022 zijn er een aantal wijzigingen, ook wel verbeterpunten, doorgevoerd in de methodiek van de LULUCF berekeningen. Deze wijzigingen zijn het gevolg van wijzigingen in de reguliere methodiek van de LULUCF berekeningen die zijn doorgevoerd in de klimaatrapportage aan de UNFCCC in de NIR 2023 (zie Hoofdstuk 6 in van der Net et al. (2023)). Deze wijzigingen hebben zowel een effect op de historische emissies (en daarmee op de emissies in de referentieperiodes die gebruikt worden binnen de boekhouding) als op de emissieramingen (zie paragraaf 2.2). Omdat het gaat om een actualisatie op hoofdlijnen van de KEV 2022 zijn de verdere wijzigingen ten opzichte van de KEV 2022 tot een minimum beperkt. Dit betekent dat de input voor het rekenmodel nagenoeg identiek is aan vorig jaar. Een beschrijving van het gebruikte modelsysteem wordt gegeven in paragraaf 2.1.1. Een verdere beschrijving van de aanpak van de KEV 2022 wordt gegeven in Hoofdstuk 2 van Arets et al. (2022). De wijzigingen ten opzichte van deze aanpak worden verder in dit achtergronddocument beschreven.

2.1.1 Opzet van het modelsysteem

Binnen het LULUCF systeem zijn de meest invloedrijke elementen in de invoer de set landgebruiks- en bodemkaarten en de gegevens uit de bosinventarisatie. Op basis van de landgebruikskaarten wordt bepaald hoeveel er van welk landgebruik is, op welke bodems, en welke overgangen tussen landgebruik er plaatsvinden. Met name de overgang van bos naar een ander landgebruikstype zorgt voor relatief grote hoeveelheden CO₂-uitstoot in één keer op het moment van ontbossing, terwijl gedraineerde veengronden een constante hoge CO₂-uitstoot veroorzaken. In het huidige systeem zijn landgebruikskaarten beschikbaar voor 1990, 2004, 2009, 2013, 2017 en 2021, bodemkaarten voor 1977 en 2014 en voor 2040 een veenkaart op basis van gemodelleerde toekomstige bodemdaling (Erkens et al., 2021; Melman, 2021, variant met milde bodemdaling) waarmee de ontwikkeling (afname) van de organische bodems kan worden afgeleid. Landgebruik voor tussenliggende jaren wordt geïnterpoleerd. Voor jaren die voorbij de datum van de meest recente landgebruikskaart liggen wordt er, zolang er nog geen nieuwe actuele landgebruikskaart beschikbaar is, gebruik gemaakt van een extrapolatiemethode.

Voor de ramingen in de KEV 2022 zijn daarnaast ook op basis van verwachte ontwikkelingen in landgebruik geografisch expliciete projecties (zie Hoofdstuk 2.5 van Arets et al. (2022)) van landgebruik voor 2030 en

2040 gemaakt die ook als kaartlagen zijn meegenomen in de analyses. Voor de bodem zijn de bodemkaart uit 2014 en de gemodelleerde veenkaart uit 2040 gebruikt om de ontwikkeling naar het gewenste rapportage jaar te interpoleren.

Op basis van de bosinventarisatiegegevens wordt bepaald hoeveel CO₂ er in volwassen bos vastgelegd wordt. Binnen het LULUCF-systeem wordt gebruik gemaakt van de stock change methode, waarbij voor bepaalde jaren de koolstofvoorraad bepaald is aan de hand van metingen, en voor de tussenliggende jaren een gemiddelde voorraadverandering toegekend wordt op basis van het waargenomen verschil. Deze methode wordt gebruikt voor de levende biomassa, dood hout en strooisel. Omdat het hier een netto voorraadverandering betreft wordt bij zowel de toename als de afname van koolstofvoorraden in levende biomassa (beide worden gerapporteerd) een correctie gemaakt voor de oogst om te komen tot bruto veranderingen. De oogstcijfers die hiervoor worden gebruikt zijn afkomstig van de databases van de FAO, die de cijfers betreft van Stichting Probos. Deze cijfers worden ook gebruikt voor het bepalen van de hoeveelheid koolstof in de geogste houtproducten (Harvested Wood Products, HWP).

Voor de gemeten voorraden in levende biomassa, dood hout en strooisel zijn metingen beschikbaar uit verschillende bosinventarisaties voor de jaren 1990 (HOSP), 2003 (MFV), 2013 (NBI-6) en 2021 (NBI-7)⁷. Voor de FRL en de KEV is gebruik gemaakt van het EFISCEN Space model (Arets en Schelhaas, 2019; Schelhaas et al., 2022). Dat model wordt geïnitieerd met data uit de NBI-7 en maakt een toekomstprojectie van de staande voorraad hout. Oogstcijfers worden jaarlijks bijgewerkt uit de FAO database.

EFISCEN Space maakt een projectie voor elk steekproefpunt in de NBI-7. De staat van het bos wordt weergegeven als een verdeling van het aantal bomen per soort per diameterklasse. Groei wordt gesimuleerd als de overgang van een boom naar een hogere diameterklasse, terwijl oogst en mortaliteit gesimuleerd worden als het verwijderen van een boom uit een bepaalde diameterklasse. Op dit moment is geen verjongingsmodule beschikbaar. De groei is gebaseerd op een groeifunctie die gespecificeerd is op Nederlandse data (zie Arets en Schelhaas, 2019). De oogstfracties zijn afgeleid uit de permanente steekproefpunten van de bosinventarisatie voor de klassen: 1) multifunctioneel bos in bezit bij grotere organisaties, 2) natuurbos in bezit bij grotere organisaties, 3) grotere privé eigenaren en 4) kleine privé eigenaren (zie Arets en Schelhaas, 2019). De totale oogst in Nederland zoals gerealiseerd in een EFISCEN Space simulatie is daarmee het resultaat van de toepassing van deze oogstfracties op de steekproefpunten van de betreffende eigenaren. Dit was een vereiste voor het bepalen van de FRL, namelijk het toepassen van ongewijzigd beheer in de toekomst ten opzichte van de referentie periode. Vervolgens is de geprojecteerde houtvoorraad in de jaren 2021, 2026 en 2031 gebruikt als invoer voor het LULUCF systeem (gebruikt voor de toekomstige stock van de levende biomassa), alsmede de gerealiseerde houtoogst (voor de bepaling van de koolstof in de HWP).

2.2 Wijzigingen in de LULUCF methodiek

De wijzigingen in de LULUCF methodes om emissies van broeikasgassen en verwijderingen van CO₂ te bepalen zijn op de volgende punten gewijzigd ten opzichte van de NIR 2022: 1) een nieuwe benadering voor dynamische bodemkoolstof berekeningen in minerale landbouwbodems (grasland en bouwland) met het RothC model, 2) implementatie van methaan (CH₄) emissies uit drainagesloten in bos, grasland en bouwland op organische bodems en 3) gebruik van een langere tijdreeks van input data voor geogste houtproducten vanaf 1962 (was 1990).

Een uitgebreide beschrijving van deze methodewijzigingen staat in sectie 11.2.2 in het LULUCF methoderapport van Arets et al. (2023) voor de wijziging van de bodemkoolstof berekeningen en in sectie 11.3.2 van dat rapport voor de wijziging van de drainage sloten. Hieronder worden deze kort beschreven. De effecten van de wijzigingen staan beschreven in Hoofdstuk 6 van de NIR 2023 (van der Net et al., 2023).

⁷ Dit zijn vier verschillende bosinventarisaties, zie Annex 1 in Arets et al. (2023).

Dynamische bodemkoolstof berekeningen

Het RothC model is een dynamisch model voor de conversie van organische koolstof in minerale bodems (Coleman en Jenkinson, 2014). Het model gebruikt maandelijkse data om veranderingen in organische koolstof voorraden te berekenen voor tijdschalen van een jaar tot verschillende eeuwen. In de modelberekeningen worden de volgende factoren die een effect hebben op de koolstofvoorraad in minerale bodems meegenomen: klimaat, oogstoppervlaktes en -opbrengsten, organische mest invoer, compost input, groen bemesting, gebruik van vanggewassen en stro-verwijderingen. De output van dit model levert jaarlijkse koolstof fluxen voor minerale bodems onder grasland en bouwland.

Methaanemissie uit drainagesloten

Drainagesloten in veen en moerige gronden in bos, grasland en bouwland stoten methaan (CH₄) uit. Voor het bepalen van deze emissie is een voor Nederland specifieke emissiefactor van 51.8 g CH₄ m² j⁻¹ gebruikt uit Peacock et al. (2021). Het oppervlakte drainagesloten wordt aangenomen 5% van het land te zijn dat geclassificeerd wordt als gedraineerde organische bodem bij bos, grasland en bouwland.

Aanvulling input data geoogste houtproducten

De input data voor geoogste houtproducten is aangevuld met FOA data over de Nederlandse productie, import en export van houtproducten voor de periode van 1961 tot 1989.

De bovenstaande methodewijzigingen hebben effect op de historische tijdreeks maar ook op de ramingen in het kader van de KEV. Voor de dynamische bodemkoolstof berekeningen zijn tevens input waardes nodig voor het model om de ramingen te kunnen berekenen. Aangezien de KEV 2023 op hoofdlijnen is, zal de laatste waarde (van 2021) worden gebruikt voor de bodemkoolstofbalans van de minerale landbouwbodems voor de ramingen.

2.3 Uitgangspunten beleid

Dezelfde beleidspunten als in de KEV 2022 zijn ook meegenomen in de KEV 2023. Voor de berekeningen in het model zijn daarvoor dezelfde inputvariabelen gebruikt met aanvulling van de in paragraaf 2.2 genoemde methodewijzigingen.

In de KEV 2022 meegenomen beleidspunten:

- Aanplant van nieuw bos als compensatie voor omvorming van bos naar andere natuur.
- Regionale veenweide strategieën van de provincies Friesland en Utrecht.

Daarnaast is een analyse gedaan van het beleid met als peildatum 1 mei 2023. De volgende beleidspunten zijn hierin meegenomen welke mogelijk interessant waren om toe te voegen aan de ramingen in de KEV 2023:

- Regionale veenweidestrategieën provincies.
- 12.000 hectare bebossing.
- Afschaffing derogatie.

2.3.1 Regionale veenweidestrategieën provincies

Voor de provincies Friesland en Utrecht waren op 1 mei 2022 al regionale veenweidestrategieën beschikbaar, daarom zijn deze al in de KEV 2022 opgenomen. Ondertussen (1 mei 2023) zijn ook de regionale veenweidestrategieën van de provincies Groningen en Noord-Holland beschikbaar, en concept startdocumenten voor Overijssel en Zuid-Holland. Echter bij analyse van deze documenten bleek dat voor alle vier de provincies de beschikbare informatie onvoldoende is om een berekening van de potentiële emissiereductie uit te voeren. In tegenstelling tot de regionale veenweidestrategieën van Friesland en Utrecht, worden voor de andere vier provincies geen concrete maatregelen en geen beoogde arealen genoemd. De documenten blijven erg op hoofdlijnen en vaak wordt aangegeven dat onderzoek eerst meer duidelijkheid moet geven wat de meest effectieve maatregelen zijn. Overijssel en Groningen geven ook expliciet aan dat de veenweideplannen onderdeel worden van het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG). In overleg met het PBL is daarom besloten dat er geen extra berekening gemaakt kan worden voor de KEV 2023.

2.3.2 12.000 hectare bebossing

In de KEV 2022 is 13.425 hectare (ha) bebossing meegenomen in de ramingen. Dit jaar is deze bebossing ook meegenomen in de ramingen en wordt een losse inschatting gemaakt van 12.000 ha extra bebossing. De losse inschatting is niet meegenomen in de resultaten van de ramingen en dienen ter indicatie van de CO₂ emissies en verwijderingen.

Bij deze 12.000 ha bosuitbreiding is voor de berekeningen gebruik gemaakt van een extra run met het LULUCF boekhoudmodel waarbij voor 1 ha omvorming van grasland naar bos de veranderingen in koolstofvoorraden en bijhorende CO₂ emissies en verwijderingen over de tijd berekend zijn. Vervolgens zijn deze geschaald naar de 12.000 ha. Daarbij is er steeds vanuit gegaan dat tussen 2023 en 2030 steeds 1/8^e deel van het t/m 2030 aan te leggen oppervlakte erbij komt.

De bebossing zorgt voor een additionele emissie van 16 miljoen kg CO₂ als gevolg van de effecten van landgebruiksverandering, verlies van bodemkoolstof en grasland biomassa in 2023. In de jaren erna vindt er geleidelijk steeds meer vastlegging van CO₂ in de bosbiomassa plaats en nemen de netto geraamde LULUCF emissies af met 136 miljoen kg CO₂ eq. oplopend tot 187 en 204 miljoen kg CO₂ eq. in 2035 en 2040, zie Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Geraamde (2023-2040) netto CO₂ eq. emissies voor de aanplant van 12.000 hectare bos.

Jaar:	Netto-emissies (miljoen kg CO ₂ eq.)											
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040
12.000 hectare bos aanplant	0	0	16	-4	-26	-47	-69	-91	-113	-136	-187	-204

2.3.3 Afbouw derogatie

In 2022 is door de Europese Commissie besloten dat Nederland geen verlenging krijgt van de derogatie op de Nitraatrichtlijn en dat deze in de periode 2023-2026 moet worden afgebouwd. Dit betekent dat minder dierlijke mest mag worden toegediend op (melk)veebedrijven. Een eerste analyse van Groenendijk et al. (2023) laat zien dat door de afbouw van de derogatie de dierlijke mestgift voor stikstof afneemt met 18%. Voor koolstof zal de afname vergelijkbaar zijn, maar is in Groenendijk et al. (2023) is geen specifieke berekening gemaakt. In Gies et al. (2023) is wel een ruwe berekening gemaakt met het RothC model om het effect van afschaffing van de derogatie te kwantificeren. Hieruit bleek dat de CO₂ vastlegging met ongeveer 0,2 Mton per jaar afneemt door minder koolstof aanvoer naar grasland. De afbouw van de derogatie heeft naast de afname van de dierlijke mestgift ook impact op bodemkwaliteit en koolstofvastlegging, namelijk de omzetting van grasland naar bouwland. Onder de huidige derogatie is er de verplichting om minimaal 80% grasland te hebben, aangezien deze verplichting ook vervalt zouden boeren ervoor kunnen kiezen om grasland om te zetten naar bouwland voor de teelt van snijmais of andere gewassen. In dat geval zal er veel koolstof verloren kunnen gaan, want een gemiddeld graslandperceel bevat 20 ton koolstof meer dan een gemiddeld bouwlandperceel.

Deze effecten zijn echter nog niet meegenomen in de KEV 2023 aangezien de studie van Groenendijk et al. (2023) pas zeer recent beschikbaar was en er in de KEV 2023 geen ruimte was om aanvullende berekeningen uit te voeren. Het is echter wel duidelijk dat dit mogelijk kan leiden tot minder CO₂ vastlegging, waardoor het behalen van de doelstelling van 0,4-0,6 Mton extra CO₂ vastlegging in 2030 uit het Klimaatakkoord moeilijker zal worden.

3 Resultaten

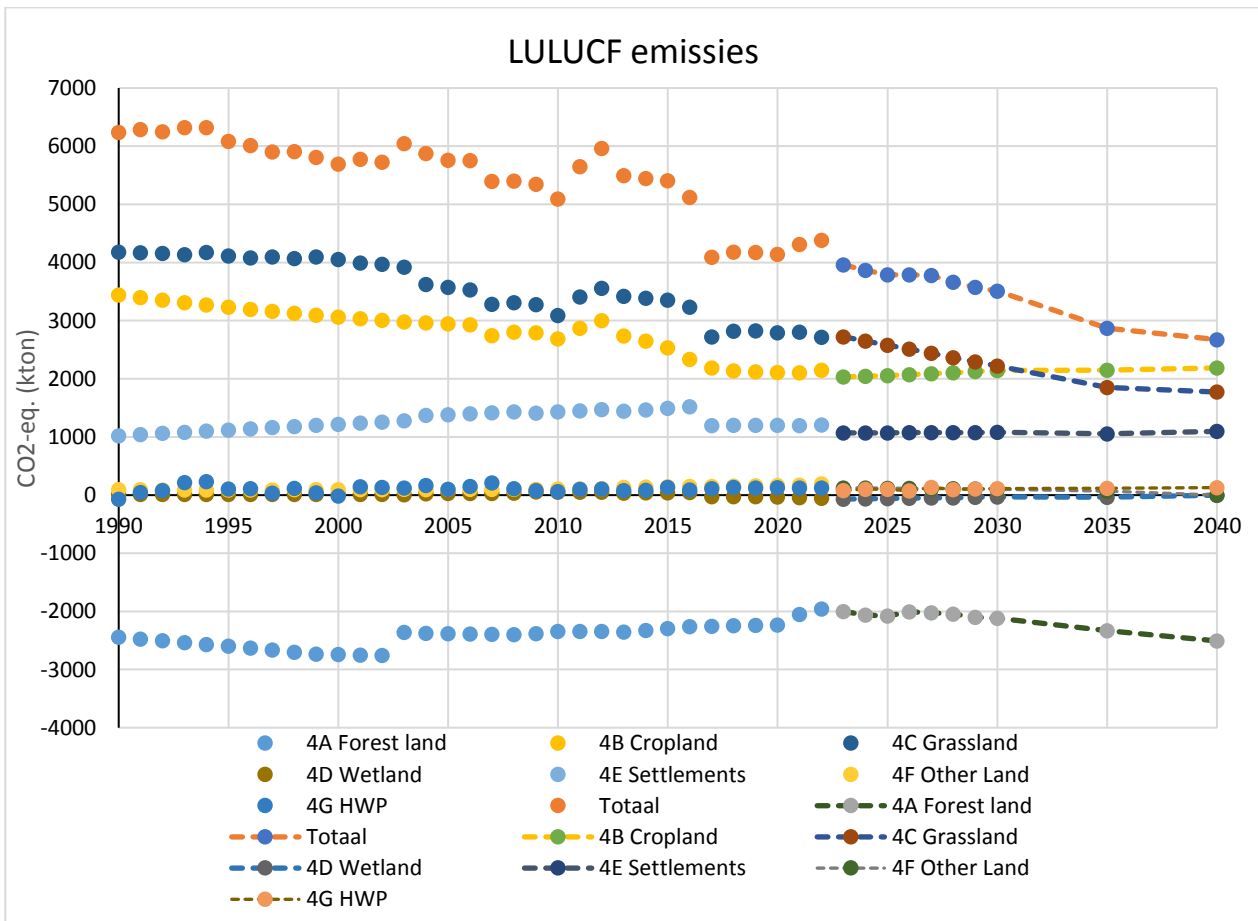
3.1 Emissies en verwijderingen UNFCCC-categorieën

De totale geraamde netto-emissies uit de LULUCF sector voor de KEV doorrekening nemen in de periode 2022-2030 geleidelijk af van 4384 miljoen kg CO₂ eq. in 2022 tot 3508 miljoen kg CO₂ eq. in 2030, en vervolgens tot 2870 miljoen kg CO₂ eq. in 2035 en tot 2674 miljoen kg CO₂ eq. in 2040 (Tabel 3.1). Voor de cijfers in onderstaande tabel zijn voor 2021 de cijfers uit de NIR 2023 gebruikt.

Tabel 3.1 Geraamde (2022-2040)* netto CO₂ eq. emissies voor de KEV doorrekening geaggregeerd voor de hoofd landgebruikscategorieën onderverdeeld in de 'blijvend' en 'veranderd naar' subcategorieën en 'ge oogste houtproducten'. Geraamde emissies en verwijderingen (negatieve emissies) voor land dat naar ander landgebruik veranderd worden 20 jaar gerapporteerd onder de 'veranderd naar' subcategorie en vallen pas na die 20 jaar transitieperiode onder de categorie 'blijvend'. Emissies zijn inclusief N₂O en CH₄.
*de cijfers voor 2021 zijn afkomstig uit de NIR 2023.

Jaar:	Netto-emissies (miljoen kg CO ₂ eq.)											
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040
4. Totaal	4313	4384	3961	3864	3787	3788	3776	3665	3577	3508	2870	2674
LULUCF												
A. Bos	-2051	-1958	-2001	-2060	-2079	-2006	-2025	-2045	-2098	-2119	-2332	-2507
1. Bos dat bos blijft	-1562	-1465	-1507	-1554	-1559	-1476	-1479	-1482	-1523	-1529	-1711	-1875
2. Land dat is veranderd naar bos	-496	-491	-493	-506	-520	-530	-546	-563	-575	-590	-621	-632
B. Bouwland	2104	2148	2032	2043	2055	2071	2087	2106	2125	2146	2146	2187
1. Bouwland dat bouwland blijft	857	828	854	845	834	822	809	794	783	770	747	732
2. Land dat is veranderd naar bouwland	1247	1320	1178	1198	1221	1248	1278	1312	1342	1375	1400	1455
C. Grasland	2806	2719	2724	2651	2578	2513	2440	2363	2292	2218	1850	1772
1. Grasland dat grasland blijft	2850	2834	2631	2590	2549	2509	2465	2421	2378	2334	2256	2160
2. Land dat is veranderd naar grasland	-37	-116	92	61	29	4	-25	-58	-86	-116	-406	-388
D. Wetlands	-39	-52	-67	-63	-58	-52	-49	-45	-37	-30	-36	0
1. Wetlands die wetlands blijven	0	0	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-3	0	0
2. Land dat is veranderd naar wetlands	-39	-52	-66	-61	-56	-50	-47	-43	-35	-28	-36	0
E. Bebouwing	1196	1209	1068	1069	1072	1074	1076	1078	1079	1081	1055	1096
1. Bebouwing die bebouwing blijft	456	464	471	474	477	480	483	485	487	489	516	529
2. Land dat is veranderd naar bebouwing	739	745	597	595	595	594	594	593	591	592	539	568

Jaar:	Netto-emissies (miljoen kg CO ₂ eq.)											
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040
F. Overig land	173	195	124	122	119	116	114	111	106	101	66	0
1. Overig land dat overig land blijft	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2. Land dat is veranderd naar overig land	173	195	124	122	119	116	114	111	106	101	66	0
G. Geogoste houtproducten	125	122	80	101	100	72	133	96	110	112	120	127



Figuur 3.1 Historische (1990-2021; NIR 2023) en voor de KEV 2023 (vanaf 2022) geraamde netto emissies (miljoen kg CO₂ eq.) geaggregeerd voor de hoofd landgebruikscategorieën en geogoste houtproducten. Emissies zijn inclusief N₂O en CH₄.

3.1.1 Vergelijking met de resultaten uit de KEV 2022

De geraamde LULUCF-emissies namen in de ramingen voor de KEV 2022 (Arets et al., 2022) geleidelijk af van 4280 miljoen kg CO₂ eq. in 2021 tot 3658 miljoen kg CO₂ eq. in 2030, en vervolgens tot 3054 miljoen kg CO₂ eq. in 2035 en tot 2920 miljoen kg CO₂ eq. in 2040.

Het verschil tussen de KEV 2022 en 2023, zie Tabel 3.2, is voor het grootste deel toe te kennen aan de methodewijzigingen zoals beschreven in paragraaf 2.2. De verschillen voor 2021 kunnen geïnterpreteerd worden als een verschil tussen de KEV ramingen van vorig jaar en de daadwerkelijke (voor 2021) realisatie van de LULUCF sector. Belangrijk is daarbij dat in de realisatiecijfers voor 2021 wel de effecten van de methodewijzigingen doorwerken terwijl die in de raming voor 2021 in de KEV 2022 nog niet meegenomen waren, het verschil wordt dus groter door de methodewijzigingen. De analyse van de verschillen richt zit nu

met name op de periode 2022 t/m 2040. Voor de gehele LULUCF sector zijn de emissies dit jaar gemiddeld tussen de 180 en 246 miljoen kg CO₂ eq. lager in vergelijking met vorig jaar. Dit is met name toe te wijzen aan de methodewijziging voor de minerale landbouwbodems en voor een kleiner deel aan de methaanemissie uit drainage sloten op organische landbouwbodems.

De methodewijziging voor de minerale landbouwbodems heeft voor bouwland als effect dat de emissies dit jaar hoger zijn, terwijl grasland een lagere emissie heeft in vergelijking met vorig jaar. De methodewijziging voor de drainagesloten heeft als gevolg dat de CO₂ uitstoot omlaag gaat, maar wordt deels gecompenseerd door CH₄ uitstoot. Netto resulteert dit echter in een afname in broeikasgasemissies (in CO₂ eq.).

Tabel 3.2 Verschillen in de geraamde netto CO₂ eq. emissies tussen KEV 2022 (Arets et al., 2022) en KEV 2023 (in Tabel 3.1) voor de hoofd landgebruikscategorieën onderverdeeld in de 'blijvend' en 'veranderd naar' subcategorieën en 'geogste houtproducten'. Negatieve getallen geven een lagere geraamde emissie voor de KEV 2023.

	Netto-emissies (miljoen kg CO ₂ eq.)												
	Jaar:	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2035	2040
4. Totaal LULUCF	33	180	-153	-142	-147	-165	-126	-154	-148	-149	-214	-246	
A. Bos	-76	35	9	10	10	11	12	13	14	15	14	13	
1. Bos dat bos blijft	-52	43	0	0	-1	-1	0	-1	0	-1	1	0	
2. Land dat is veranderd naar bos	-30	-7	9	10	10	12	12	13	15	15	14	14	
B. Bouwland	511	544	414	410	403	397	389	381	375	367	346	322	
1. Bouwland dat bouwland blijft	298	278	313	310	306	301	296	290	286	282	273	264	
2. Land dat is veranderd naar bouwland	213	266	101	100	98	96	94	91	89	86	73	59	
C. Grasland	-666	-676	-591	-592	-588	-586	-578	-572	-572	-570	-618	-634	
1. Grasland dat grasland blijft	-670	-631	-777	-778	-776	-774	-772	-767	-766	-765	-792	-800	
2. Land dat is veranderd naar grasland	12	-45	186	186	188	188	194	195	194	195	174	166	
D. Wetlands	46	30	10	10	8	10	7	5	6	6	3	1	
1. Wetlands die wetlands blijven	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2. Land dat is veranderd naar wetlands	45	28	10	10	8	9	7	5	6	6	3	1	
E. Bebouwing	168	173	22	22	23	22	22	21	20	21	18	19	
1. Bebouwing die bebouwing blijft	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2. Land dat is veranderd naar bebouwing	167	172	22	22	23	22	22	21	20	21	18	19	
F. Overig land	44	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1. Overig land dat overig land blijft	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2. Land dat is veranderd naar overig land	44	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
G. Geogste houtproducten	6	6	-17	-3	-2	-18	21	-1	9	11	23	33	

3.2 Toepassing van de boekhoudregels uit de LULUCF verordening

Toepassing van de boekhoudregels uit de EU LULUCF-verordening⁸ op de emissies en verwijderingen voor de eerste nalevingsperiode 2021-2025 resulteert in een netto tegoed van 7121 miljoen kg CO₂ eq. over deze periode (zie Tabel 3.3). Voor de tweede nalevingsperiode (2026-2030) wordt er netto 2077 miljoen kg CO₂ eq. aan tegoed opgebouwd (zie Tabel 3.4)

De grootste bijdragen aan de netto afrekening worden geleverd door ontbossing en beheerd grasland.

⁸ Zie paragraaf 1.2 voor een beknopte uitleg.

Tabel 3.3 Per accountingcategorie de resulterende accounting voor de eerste nalevingsperiode (2021-2025). Negatieve cijfers geven verwijderingen (bron van krediet), positieve cijfers geven emissies (bron van tekorten). Alle emissies zijn inclusief N₂O en CH₄ emissies.

Categorie	Accounting emissies (miljoen kg CO ₂ eq. /jaar)					Totaal
	2021	2022	2023	2024	2025	
Bebost land	-496	-491	-493	-506	-520	-2506
Ontbost land	805	838	698	708	718	3767
Beheerd bos incl. HWP	239	331	256	231	225	1282
Beheerd bouwland	-823	-789	-861	-847	-831	-4151
Beheerd grasland	-929	-1036	-1153	-1240	-1324	-5682
Beheerde wetlands	32	42	32	32	31	169
Overige niet in boekhouding	-	-	-	-	-	
Totaal	-1172	-1104	-1522	-1622	-1701	-7121

In vergelijking met de KEV 2022 waar in de eerste nalevingsperiode 4932 miljoen kg CO₂ eq. aan kredieten wordt opgebouwd, wordt er dit jaar volgens de ramingen 2198 miljoen kg CO₂ eq. meer aan kredieten opgebouwd. Dit is met name toe te rekenen aan beheerd bouwland en bebost land.


Tabel 3.4 De doelen, ramingen en resulterende boekhouding voor de tweede nalevingsperiode (2026-2030). Negatieve cijfers geven verwijderingen (bron van krediet), positieve cijfers geven emissies (bron van tekorten). Alle emissies zijn inclusief N₂O en CH₄ emissies.

Jaar	(miljoen kg CO ₂ eq.)		
	Doel	Raming	Boekhouding
2026	4,125	3,788	-338
2027	4,102	3,776	-325
2028	4,078	3,665	-413
2029	4,055	3,577	-478
2030	4,031	3,508	-523
Totaal			-2,077

Waar het krediet dat we volgens de raming van de KEV 2022 opbouwde voor de tweede nalevingsperiode - 5809 miljoen kg CO₂ eq. was is dat dit jaar volgens de ramingen 3732 miljoen kg CO₂ eq. lager. In vergelijking met de KEV 2022 zijn de regels voor accounting in de EU LULUCF verordening aangepast wat dit grote verschil verklaart.

Literatuur

- Arets, E., S. van Baren, C. Hendriks, H. Kramer, J. Lesschen en M. Schelhaas. (2023). *Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands: methodological background, update 2023*. 2352-2739.
- Arets, E., S. van Baren, M.-J. Schelhaas en J.P. Lesschen. (2022). *Raming van emissies van broeikasgassen en verwijderingen van CO₂ door de LULUCF-sector 2021-2040: achtergrond bij de Klimaat en Energieverkenning 2022*.
- Arets, E.J.M.M. en M.J. Schelhaas. (2019). *National Forestry Accounting Plan. Submission of the Forest Reference Level 2021-2025 for the Netherlands*. Wageningen. <https://edepot.wur.nl/513199>.
- Coleman, K. en D. Jenkinson. (2014). *RothC-A Model for the Turnover of Carbon in Soil-Model description and users guide*. Rothamsted Research, Harpenden, UK.
- Erkens, G., H. Kooi en R. Melman. (2021). *Actualisatie bodemdalingsvoorspellingskaarten*. Deltares, Utrecht, Nederland.
- Gies, E., T. Cals, P. Groenendijk, H. Kros, T. Hermans, J.P. Lesschen, L. Renaud, G. Velthof en J.-C. Voogd. (2023). *Scenariostudie naar doelen en doelrealisatie in het kader van het Nationaal Programma Landelijk Gebied: een integrale verkenning van regionale water-, klimaat-en stikstofdoelen en maatregelen in de landbouw*. Wageningen Environmental Research.
- Groenendijk, P., T. Cals, H. Kros, L. Renaud en J.-C. voogd. (2023). *Effecten van de afbouw van mestderogatie op emissies van ammoniak en broeikasgassen en op waterkwaliteit*. <https://open.overheid.nl/documenten/f248cd64-407d-47e6-81c7-442a47d4a922/file>.
- Melman, R. (2021). *Memo: Afname areaal veenweidegebied KEV*. Deltares, Delft, Nederland.
- Peacock, M., J. Audet, D. Bastviken, M.N. Futter, V. Gauci, A. Grinham, J.A. Harrison, M.S. Kent, S. Kosten en C.E. Lovelock. (2021). *Global importance of methane emissions from drainage ditches and canals*. Environmental Research Letters 16:044010.
- Ruysenaars, P.G., L. van der Net, P.W.H.G. Coenen, J.D. Rienstra, P.J. Zijlema, E.J.M.M. Arets, K. Baas, R. Dröge, G. Geilenkirchen, M. 't Hoen, E. Honig, B. van Huet, E.P. van Huis, W.W.R. Koch, R.M. te Molder, J.A. Montfoort en T. van der Zee. (2022). *Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990-2020. National Inventory Report 2022*. RIVM report 2022-0005. RIVM, National Institute for Public Health and Environment, Bilthoven, The Netherlands. <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2022-0005.pdf>.
- Schelhaas, M.-J., G. Hengeveld, S. Filipek, L. König, B. Lerink, I. Staritsky, A. de Jong en G.-J. Nabuurs. (2022). *EFISCEN-Space 1.0 model documentation and manual*.
- van der Net, L., P. Coenen, J. Rienstra, P. Zijlema, E. Arets, K. Baas, R. Dröge, K. Geertjes, M. 't Hoen, E. Honig, B. van Huet, S. de Bie, R. te Molder, J. Montfoort en T. van der Zee. (2023). *Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990-2021*. Emissies van broeikasgassen tussen 1990 en 2021. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu RIVM.



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

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Rapport 3285
ISSN 1566-7197

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, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 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.

