

Methode voor vaststelling van emissiereductie CO₂-eq.

Projecttype: Revitalisering essenbossen

Datum: 7 april 2023

Kenmerk: SNK-essen-001

Status: Vastgesteld

Inhoud

1 Inleiding	4
1.1 Essentaksterfte als bedreiging van de koolstofvastlegging	4
1.2 Revitalisering van aangetaste essenbossen	4
1.3 Deze methode	4
2 Beschrijving projecttype	6
2.1 Projectvoorwaarden	6
2.2 Projectbeschrijving	9
3 Bepaling van additionaliteit van emissiereductie	10
4 Bepaling projectgrens	13
4.1 Ruimtelijke begrenzing	13
4.2 Project periode	14
4.3 Startdatum	14
4.4 Sources en Sinks	14
5 Vaststelling van baseline	19
5.1 Vaststellen baseline	19
5.2 Vernieuwen baseline	21
6 Bepaling broeikasgas emissiereductie en verwijdering	22
6.1 Koolstofvoorraad boombiomassa	22
6.2 Afwenteling (leakage)	24
7 Monitoring & uitgifte certificaten	25
7.1 Projectimplementatie	25
7.2 Vaststellen effectiviteit maatregelen en verstoring project	25
7.3 Koolstofopbouw in het bos	26
7.4 Uitgifte van CO ₂ certificaten	28
7.4.1 Berekening Voortschrijdend Gemiddelde van de koolstofvoorraad in boombiomassa	29
7.4.2 Ex-post uitgifte van CO ₂ certificaten	30
7.4.3 Ex-ante uitgifte van CO ₂ certificaten	30
8 Risico's	32
8.1 Klimaatverandering	32
8.2 Organisatorische en financiële risico's	32
8.3 Gebrekkige uitvoering maatregelen of gebrekkige opvolging na de interventie	32
8.4 Ontbossing	32
8.5 Risicobuffer	33

Annex 1 Overzicht rijkstrooiselsoorten	34
Annex 2 Droogtetolerantie boomsoorten	35
Annex 3 Notitie: additionaliteit revitalisering essenbossen in relatie tot de herplantplicht.....	37
Annex 4 Voorbeeldberekeningen baseline- en projectscenario's	40

Versie	Aanleiding	Datum
001	Vaststelling door bestuur	7 april 2023

1 Inleiding

1.1 Essentaksterfte als bedreiging van de koolstofvastlegging

Bossen spelen een belangrijke rol in de Nederlandse CO₂-balans. In een gemiddeld Nederlands bos zit ongeveer 790 ton CO₂ per hectare opgeslagen in de boven- en ondergrondse biomassa, strooisel, dood hout en de bodem¹. De bossen in Nederland nemen momenteel 60% van de totale CO₂ vastlegging voor hun rekening². Nieuwe ziekten en plagen kunnen de koolstofvastleggingscapaciteit van het bos aanzienlijk verminderen. Een belangrijk voorbeeld van een vrij recente ziekte die op grote schaal aantastingen in bossen veroorzaakt is de essentaksterfte.

Sinds 2010 is de essentaksterfte aanwezig in Nederland. De laatste 5 tot 6 jaar heeft de ziekte zich op zeer grote schaal binnen Nederland verspreid, waardoor het merendeel van de essen inmiddels is aangetast. De essentaksterfte wordt veroorzaakt door het vals essenvlieskelkje (*Hymenoscyphus fraxineus*). Deze schimmel infecteert bomen via het blad en trekt via de bladsteel de twijgen in waar ook de bast en het cambium worden aangetast. De sapstroom wordt verstoord waarna langzaam twijgen en zelfs delen van de kroon afsterven. Uiteindelijk sterven steeds grotere delen van de boom af, totdat in veel gevallen de gehele boom sterft. De essentaksterfte vormt een grote bedreiging voor het voortbestaan van de es als soort in Nederland. Uit onderzoek blijkt dat slechts 1 tot 2% van de essenaaillingen sterk verminderd vatbaar is voor de essentaksterfte.

Ongeveer 9.700 hectare van het Nederlandse bos heeft als hoofdboomsoort es (*Fraxinus excelsior*). Dit is 27 % van het Nederlandse bosoppervlak³. Het merendeel van de essenbossen bestaat uit monocultures. Aantasting door essentaksterfte leidt daarmee tot aanzienlijke sterfte en daarmee koolstofverliezen in deze bossen. Ook de toekomstige koolstofvastleggingscapaciteit van deze bossen wordt verminderd, alsmede de mogelijkheden voor duurzame houtoogst en de vastlegging van koolstof in houtproduct

1.2 Revitalisering van aangetaste essenbossen

Het revitaliseren van door essentaksterfte aangetaste bosvakken levert klimaatwinst op. Revitaliseren betekent hier het vervangen van dode en minder vitale essenbossen die niet of nauwelijks meer groeien door een gemengde, jonge en vitale aanplant waarmee de koolstofvastleggingscapaciteit van het bos op lange termijn wordt versterkt. Met de aanplant wordt tevens de boomsoortendiversiteit verhoogd waarmee ook de (toekomstige) veerkracht van het bos wordt versterkt. Het verhogen van de boomsoortendiversiteit zorgt er voor dat:

- aanwezig licht, vocht en nutriënten optimaal worden gebruikt (nichecomplementariteit); en
- er voldoende soorten overblijven wanneer in de toekomst soorten wegvallen als gevolg van klimaatverandering of nieuwe ziekten en plagen (risicospreiding).

1.3 Deze methode

Deze methode heeft betrekking op het vaststellen van de CO₂-emissiereductie bij revitalisering van essenbossen. Deze methode richt zich primair op maatregelen die de CO₂-vastleggingscapaciteit van het bos vergroten.

¹ In 2018 zat in het Nederlandse bos 80,6 miljoen ton C (= 296 miljoen ton CO₂) opgeslagen op een oppervlakte van 373.480 ha. Bron: <http://www.bosenhoutcijfers.nl/nederlands-bos/bos-en-klimaat/>.

² Lof, M., S. Schenau, R. de Jong, R. Remme, C. Graveland, L. Hein. 2017. *The SEEA EEA carbon account for the Netherlands*. The Hague, Statistics Netherlands & Wageningen University, tabel 2.3.2 pag. 20.

³ Schelhaas, M.J., S. Teeuwen, J. Oldenburger, G. Beerkens, G. Velema, J. Kremers, B. Lerink, M.J. Paulo, H. Schoonderwoerd, W. Daamen, F. Dolstra, M. Lusink, K. van Tongeren, T. Scholten, I. Pruijsten, F. Voncken & A.P.P.M. Clercx. 2022. *Zevende Nederlandse Bosinventarisatie. Methoden en resultaten. WOt-Rapport 142*. Wageningen, Wageningen University & Research.

De methode dient na vaststelling periodiek te worden herzien, waarbij moet worden nagegaan of de uitgangspunten die ten grondslag liggen aan het vaststellen van de baseline (zie hoofdstuk 5) nog actueel zijn.

2 Beschrijving projecttype

De methode richt zich op bossen die zijn aangetast door essentaksterfte. Door middel van aanplant worden door essentaksterfte aangetaste bosopstanden omgevormd naar vitaal en veerkrachtig bos met een verbeterde CO₂ opslag op lange termijn. In dit hoofdstuk worden de voorwaarden beschreven waaraan een project dient te voldoen. Een aantal voorwaarden heeft nadrukkelijk betrekking op het beperken van toekomstige risico's van uitval, verminderde groei of verminderde vitaliteit van het bos.

2.1 Projectvoorwaarden

Op het gebruik van deze methode zijn een aantal projectvoorwaarden van toepassing. De projecteigenaar dient aan te tonen dat het project aan deze voorwaarden voldoet.

1. Het projectgebied bestaat uit bos. Onder bos wordt verstaan land met:
 - a. Een oppervlakte van meer dan 0,5 hectare en een breedte van meer dan 30 meter;
 - b. Meer dan 60% kroonbedekking door bomen of waar deze kroonbedekking in ieder geval kan worden bereikt in de volwassen fase; en
 - c. Bomen die een minimale hoogte van 5 meter hebben of kunnen bereiken in de volwassen fase.⁴
2. In het projectgebied heeft minimaal de afgelopen 6 jaar duurzaam bosbeheer plaatsgevonden. Dit kan worden aangetoond doordat het beschikt over een FSC- of PEFC-certificaat voor duurzaam bosbeheer⁵.
3. Het projectgebied bestaat uit houtopstanden die worden gedomineerd door es (*Fraxinus excelsior*), waarbij de kroonbedekking van es 50% of meer van de oppervlakte beslaat.
4. De essen in het projectgebied zijn matig tot zwaar aangetast door de essentaksterfte (zie kader 'Bepalen mate van aantasting').
5. De projectinterventie is gericht op het omvormen van aangetaste essenbossen naar vitaal en veerkrachtig bos teneinde de CO₂-vastlegging te vergroten of te versnellen ten opzichte van het baselinescenario (zie punt 8) door aanplant van een nieuwe generatie gemengd bos.
6. De aanplant dient te voldoen aan de volgende voorwaarden:
 - a. De aanplant bestaat per hectare uit minimaal 3 soorten die ieder een minimaal aandeel in de menging hebben van 20%⁶;
 - b. Op zandgronden bestaat de aanplant uit minimaal 20% rijkstrooiselsoorten (zie Annex 1)⁶;
 - c. Op droogtegevoelige groeiplaatsen bestaat de aanplant hoofdzakelijk uit soorten met een matige tot hoge droogtetolerantie (zie Annex 2);
 - d. Het aandeel experimentele boomsoorten (waar in het Nederlandse bos nog weinig ervaring mee is) beslaat maximaal 10% van de plantoppervlakte in het projectgebied⁷;

⁴ Hiermee wordt aangesloten op de definitie voor bos zoals die wordt gehanteerd in de Nederlandse LULUCF-rapportage (zie: Arets, E.J.M.M., S.A. van Baren, H. Kramer, J.P. Lesschen & M.J. Schelhaas. 2022. *Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands; Methodological background, update 2022*. Statutory Research Tasks Unit for Nature & the Environment (WOT Natuur & Milieu), Wageningen. WOt-technical report 217.) Ten aanzien van de kroonbedekking hanteert deze bron een minimale kroonbedekking van 20%. In de methode wordt een minimale kroonbedekking van 60% gehanteerd om te bewerkstelligen dat er vooral gesloten bossen worden gerealiseerd. Deze ondergrens wordt doorgaans ook in het kader van de Wet natuurbescherming gehanteerd om te zorgen dat bos ook gesloten bos blijft.

⁵ De FSC- of PEFC certificering mag ook kort voor aanvang van het project hebben plaatsgevonden, omdat bij de entree-audit bij deze systemen ook wordt beoordeeld of het beheer de afgelopen jaren duurzaam was.

⁶ De reeds aanwezige verjonging en de resterende boomlaag mogen ook meetellen in het bepalen van de percentages.

⁷ Onder experimentele soorten worden alle boomsoorten verstaan die niet zijn opgenomen in de boomsoortenlijst in Annex 2.

- e. De aanplant wordt voldoende beschermd tegen wildvraat.
7. Als onderdeel van de projectinterventie mag er kap plaatsvinden in het projectgebied, zoals het kappen en afvoeren van dode of minder vitale essen om plek te maken voor de aanplant. De kap dient te worden meegenomen in het berekenen van de CO₂-emissie-reductie.
 8. De methode is van toepassing op alle bodemtypen. Bij veenbodems mag het project per saldo niet leiden tot extra emissies van broeikasgassen uit de bodem, doordat er volveldse groundbewerking van meer dan 10% van het projectgebied of verlaging van de grondwaterstand plaatsvindt.
 9. In het projectscenario wordt na de projectinterventie geen grootschalige kap meer uitgevoerd. Dit wil zeggen dat er geen aaneengesloten vlakken van meer dan 0,5 hectare mogen worden gekapt. Dunningen en kleinschalige groepenkap zijn wel toegestaan als onderdeel van duurzaam bosbeheer. De kap van bomen mag niet leiden tot een verlies van meer dan 10% van de staande bovengrondse koolstofvoorraad van levende bomen in het projectgebied over een periode langer dan 5 jaar. Het beheer dient er op gericht te zijn dat het korte termijn verlies van koolstof weer wordt hersteld door de verjonging en bijgroei.
 10. Na de projectinterventie worden de projectgebieden aantoonbaar duurzaam beheerd. Dit wil zeggen dat de projectgebieden gedurende de hele projectduur gecertificeerd blijven volgens de certificeringssystemen voor duurzaam bosbeheer: FSC of PEFC.
 11. Er vindt geen biomassaverbranding (verbranding oogstresten) plaats binnen het projectgebied.

Bepalen mate van aantasting

De aantasting van een houtopstand met es wordt in het veld beoordeeld door naar de kroonconditie te kijken⁸. Daarbij wordt er onderscheid gemaakt in de volgende aantastingscategorieën: (1) zwaar aangetast, (2) matig aangetast, (3) licht aangetast/geen aantasting. Als meer dan 60% van de bomen in de opstand in één bepaalde aantastingscategorie valt, wordt de hele opstand tot deze aantastingscategorie gerekend. Wanneer minder dan 60% van de bomen tot één aantastingscategorie kan worden gerekend, wordt de opstand ingedeeld in subvakken met ieder hun eigen aantastingscategorie.

Zwaar aangetast

De kronen zijn van buitenaf sterk uitgedund en er zijn talrijke dode takken/scheuten zichtbaar.

Referentiebeelden:

⁸ De wijze van beoordeling van de mate van aantasting is overgenomen uit de inventarisatiehandleiding essentaksterfte die is ontwikkeld door Staatsbosbeheer.



Matig aangetast

De kronen laten meer licht door dan gebruikelijk en aantasting door essentaksterfte is duidelijk zichtbaar in de vorm van dode scheuten.

Referentiebeelden:



Licht aangetast/geen aantasting

Het merendeel van de kronen is niet aangetast of vertoont de eerste verschijnselen van essentaksterfte.

Referentiebeelden:



2.2 Projectbeschrijving

In het projectplan dient een beschrijving te worden opgenomen van het projectgebied en de project interventie. In de beschrijving worden in ieder geval de volgende elementen opgenomen:

- Een kaart met bosvakken waar de projectinterventie plaatsvindt⁹;
- De groeiplaats en actuele samenstelling van de bosvakken;
- De geschatte kroonbedekking van es per bosvak;
- De geplande/uitgevoerde kap in het bosvak;
- Beschrijving uitvoeringsmaatregelen (terreinvoorbereiding, aanplant, wildbescherming etc) en planning;
- Bij aanplant dienen per bosvak de aan te planten boom- en struiksoorten, inclusief de mengverhouding en aantallen per hectare te worden beschreven;
- Maatregelen die worden genomen om het slagen van de aanplant te bevorderen (onkruidbeheersing, inboet etc.).

⁹ Een bosvak is een terreindeel dat homogeen is betreffende grondsoort, zuurgraad, grondwaterstand, boomsoortensamenstelling en beheerdoel.

3 Bepaling van additionaliteit van emissiereductie

In overeenstemming met het SNK-Rulebook dienen projecten die gebruik maken van deze methode additioneel te zijn aan beleid. Voor dit methodedocument geldt specifiek dat een project additioneel is als aan beide onderstaande criteria wordt voldaan:

1. De revitalisering van essenbossen een versnelling en/of vergroting van de CO₂-vastlegging realiseert ten opzichte van de CO₂-vastlegging die wordt gerealiseerd als gevolg van de wettelijke herplantplicht van bossen; en
2. De revitalisering van essenbossen additioneel is aan bestaand beleid.

Deze punten worden hieronder nader toegelicht. De projecteigenaar dient aan te tonen dat het project voldoet aan de bovenstaande voorwaarden en dient deze uit te werken op de punten zoals hieronder beschreven.

Ad 1) Projectinterventies die alleen invulling geven aan de herplantplicht in het kader van de Wet natuurbescherming of gemeentelijke en/of provinciale kapverordeningen worden als niet additioneel beschouwd. Hiermee wordt nadrukkelijk ook bedoeld het herplanten van bosopstanden die teniet zijn gegaan als gevolg van ziekten, plagen, storm, brand of andere calamiteiten. De herplant is immers een verplichting en moet worden gerealiseerd, ook zonder de aanwezigheid van klimaatfinanciering. Het leidt niet tot extra vastlegging van CO₂.

De CO₂-emissiereductie voortvloeiend uit projectinterventies wordt daarom alleen als additioneel beschouwd als: Herplant- of andere verjongingsmaatregelen in een door essentaksterfte aangetast essenbos leiden tot een versnelde dan wel hogere CO₂ vastlegging dan herplant- of andere verjongingsmaatregelen die het gevolg zijn van de wettelijk herplantplicht voor houtopstanden in het kader van de Wet natuurbescherming.

Hierbij hanteert SNK de volgende richtlijnen voor het bepalen van de herplantplicht¹⁰:

- a. De herplantplicht geldt als de kroondekking onder de 60% zakt door kap of natuurlijke sterfte (ook als de bomen op korte termijn dood dreigen te gaan).
- b. Struik mag worden meegeteld voor het bepalen van de kroonbedekking tot een maximum van 25% van de gehele oppervlakte.
- c. De herplant oppervlakte is gelijk aan de teniet gegane oppervlakte en leidt minimaal tot een vergelijkbare kwaliteit houtopstand als de teniet gegane opstand.
- d. De herplant (al dan niet via natuurlijke verjonging) moet binnen maximaal 6 jaar uitgevoerd zijn.
- e. De herplant moet binnen 10 jaar na het uitvoeren van de maatregelen tot een gesloten kronendak leiden op de delen die zijn herplant met als uiteindelijke doel dat de totale opstand weer een kroonbedekking krijgt van minimaal 60%.

In Annex 3 wordt een nadere onderbouwing gegeven voor dit uitgangspunt.

Ad 2) Een project wordt als additioneel aan beleid beschouwd in de volgende gevallen:

- a) Het project geen invulling geeft aan beleid van de Rijksoverheid, de Europese Unie of regionale overheden gericht op het vastleggen van CO₂ in bossen dat via wetten of subsidies is geïnstrumenteerd¹¹; of

¹⁰ Deze richtlijnen zijn gebaseerd op de huidige regels die Rijk en provincies hanteren voor het invullen van de herplantplicht (zie Annex 3)

¹¹ Denk hierbij aan subsidies die voortvloeien uit de Nationale of provinciale Bossenstrategieën die tot doel hebben om bossen te (re)vitaliseren om daarmee bij te dragen aan de landelijke klimaatdoelen.

- b) Het project wel invulling geeft aan beleid van de Rijksoverheid, de Europese Unie of regionale overheden gericht op het vastleggen van CO₂ in bossen¹¹, maar dit beleid niet verplichtend is en de projecteigenaar kan aantonen dat hij voor de realisatie: geen gebruik wil of kan maken van de subsidieprogramma's die aan het beleid zijn gekoppeld, dan wel de projecteigenaar kan aantonen dat eventuele subsidies onvoldoende zijn om een projectexploitatie sluitend te krijgen; of
- c) Het project wel invulling geeft aan beleid van de Rijksoverheid, de Europese Unie of regionale overheden gericht op het vastleggen van CO₂ in bossen, maar dit beleid niet verplichtend is en er vanuit de subsidieprogramma's cofinanciering vereist is om de kosten te dekken van het project en daarmee bijvoorbeeld koolstofcertificaten nodig zijn als aanvullende financiering.
- d) Projecten die worden uitgevoerd in gebieden die onderdeel uitmaken van het actueel geldende Natuurbeheerplan van de provincie en die gebruik maken van het Subsiestelsel Natuur en Landschap (SNL), maar geen invulling geven aan beleid zoals bedoeld onder punt a t/m c, worden als additioneel gezien, omdat provinciale Natuurbeheerplannen en de bijbehorende instrumentaria niet leiden tot additionele CO₂-vastlegging in bossen en ook de bijbehorende subsidiebedragen investeringen in revitalisering niet of nauwelijks dekken (zie kader 'Natuurpact, Natuurbeheerplan en Subsiestelsel Natuur en Landschap'). Hierbij dient de projecteigenaar wel aan te tonen:
 - i. Welke maatregelen hij in het projectgebied uitvoert in het kader van het Natuurbeheerplan en worden gefinancierd uit de SNL-bijdrage. Deze maatregelen bepalen mede de CO₂-vastlegging in de baseline.
 - ii. Welke maatregelen hij in het projectgebied additioneel uitvoert in het kader van revitalisering en die niet worden gedekt uit de SNL-bijdrage..

Ten alle tijde zijn de regels uit het SNK Rulebook item 'Additionaliteit van emissiereducties'¹² leidend bij het bepalen van additionaliteit van emissiereducties in projecten. Bij bijvoorbeeld verschil van inzicht over de interpretatie van regels zijn de SNK Rulebook regels t.a.v. additionaliteit bovengeschiedt aan de regels uit het methodedocument.

Natuurpact, Natuurbeheerplan en Subsiestelsel Natuur en Landschap

De provincies zijn in Nederland verantwoordelijk voor het uitvoeren van het natuurbeleid. Het Rijk en de provincies hebben de afspraken hierover vastgelegd in het Natuurpact van september 2013. De provincies hebben het natuurbeleid vertaald naar provinciale Natuurbeheerplannen (NBP). Het Subsiestelsel Natuur en landschap (SNL) omvat de provinciale subsidieregelingen voor natuurbeheer en -ontwikkeling. In de NBP begrenzen en beschrijven provincies de gebieden waar beheerders subsidie kunnen krijgen voor het beheer van natuur (waaronder bos). De begrenzing is aangeduid op de beheertypenkaart.¹³

De SNL-beheervergoeding voor de natuurtypen met bos zijn bedoeld voor de instandhouding van het bos en de aanwezige natuurwaarden en de openstelling van het bos voor recreanten. De vergoeding is niet gericht op het revitaliseren van en het vastleggen van CO₂. Het verschilt per provincie of een natuurtype in aanmerking komt voor subsidiëring. De subsidiebedragen zijn gebaseerd op standaardkostprijzen, waarbij de subsidie maximaal 84% van de kostprijs bedraagt. In de standaardkostprijsberekening is geen rekening gehouden met maatregelen voor revitalisering. Voor bijvoorbeeld bos met productiefunctie (Natuurbeheertypen N16.03 en N16.04) is er wel een vergoeding voor een deel van de bosverjongingskosten¹⁴. In de standaardkostprijsberekening wordt echter uitgegaan van een verjongingsfrequentie van eenmaal in de 100 tot 167 jaar op 20% tot 60% van de oppervlakte. Dit sluit onvoldoende aan op de verjongingsopgave binnen

¹² <https://nationaleco2markt.nl/methoden/>

¹³ <https://www.bij12.nl/onderwerpen/natuur-en-landschap/subsiestelsel-natuur-en-landschap/het-natuurbeheerplan/>

¹⁴ <https://www.bij12.nl/wp-content/uploads/2022/08/Vastgestelde-SKP-Natuur-en-Landschap-2022-subsidie-2023.pdf>

revitalisering. De subsidiebedragen voor bos met productiefunctie bedragen respectievelijk €41,33 (droog bos) en €69,67 (vochtig bos) per hectare per jaar¹⁵, van dit bedrag is 15% tot 20% bedoeld voor de verjongingskosten. Deze vergoedingen dekken slechts een fractie van de investeringen die nodig zijn voor aanplant voor revitalisering, waarbij de kosten tussen de €5000,- en €9.000 per hectare liggen¹⁶.

¹⁵ <https://www.bij12.nl/wp-content/uploads/2022/08/Subsidietaarieven-SNL-beheerjaar-2023-inclusief-toeslagen.pdf>

¹⁶

https://www.probos.nl/images/pdf/rapporten/Rap2018_Omvorming_essenopstanden_en_CO2_vastlegging.pdf

4 Bepaling projectgrens

4.1 Ruimtelijke begrenzing

De begrenzing van het projectgebied omvat uitsluitend bosvakken die voldoen aan de projectvoorwaarden genoemd in hoofdstuk 2 en de additionaliteitscriteria uit hoofdstuk 3.

De fysieke projectgrens wordt bepaald door de grenzen van de bosvakken waar de projectinterventie plaats vindt. De begrenzing van het projectareaal moet zo veel mogelijk de oppervlakte bevatten waar de maatregelen zijn genomen ten behoeve van de additionele vastlegging van CO₂ (zie kader 'Bepalen projectgrens'). Het projectgebied is beschikbaar als kaart en als GIS bestand.

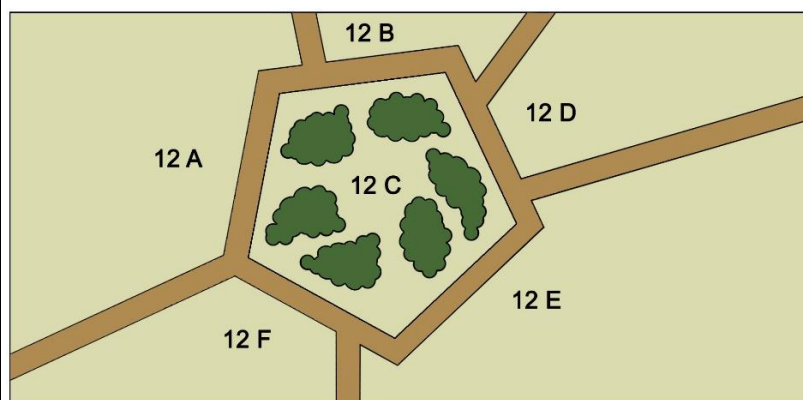
De projecteigenaar kan aantonen (door middel van een eigendomsbewijs, pachtcontract, etc) controle te hebben over het projectgebied en kan aannemelijk maken dat die controle behouden wordt voor de duur van de project periode.

Bepalen projectgrens

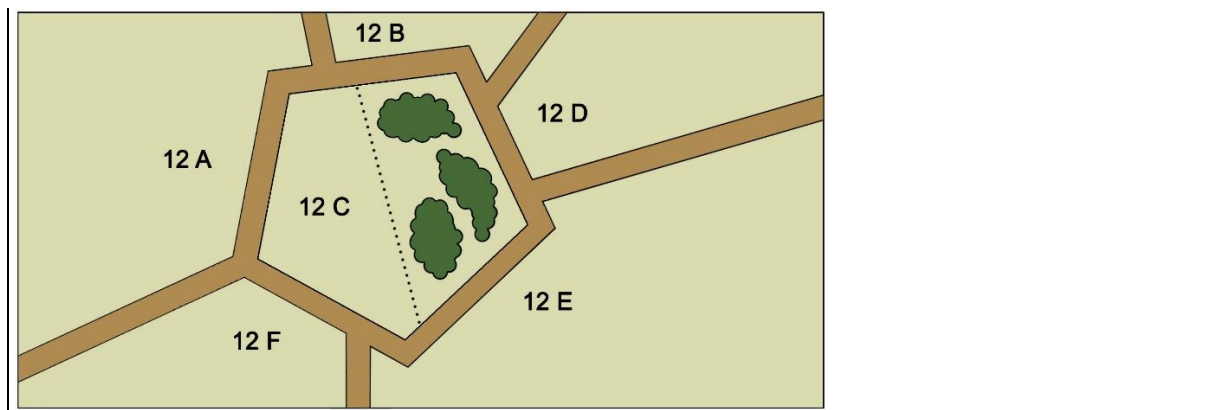
Er is een koppeling tussen de begrenzing van het projectareaal, de monitoring en de uiteindelijke schatting van de hoeveelheid vastgelegde CO₂. De monitoring zal bestaan uit het meten van steekproefcirkels, waarvan de middelpunten (het 'steekproefpunt') ad random in het projectareaal worden gelegd. Die metingen resulteren in een schatting van de in de biomassa aanwezige hoeveelheid CO₂ per oppervlakte-eenheid. Vervolgens wordt deze schatting opgehoogd naar de totale hoeveelheid CO₂-equivalenten in het projectareaal door te vermenigvuldigen met de oppervlakte van het projectareaal.

De begrenzing van het projectareaal moet zo veel mogelijk oppervlakte bevatten waar de maatregelen zijn genomen ten behoeve van de additionele vastlegging van CO₂. Als er eenvoudig te begrenzen delen van opstanden zijn waar geen maatregelen zijn genomen dan dienen deze delen niet te worden opgenomen in het projectareaal. Als dat wel zou gebeuren wordt de variatie in het te inventariseren terrein (veel) groter en hebben we (veel) meer steekproefpunten nodig om een goede schatting van de CO₂-equivalenten te kunnen maken. Dit drijft de kosten voor monitoring onnodig op.

Een voorbeeld ter verduidelijking van de te volgen methode: in afdeling 12C zijn de genomen maatregelen verspreid over de afdeling doorgevoerd. De hele afdeling kan tot het projectareaal worden gerekend.



In onderstaande situatie zijn de maatregelen beperkt tot het oostelijk deel van de afdeling en kan dat deel van de afdeling beter als projectareaal aangemerkt worden en het westelijke deel niet.



4.2 Project periode

De additionele vastlegging van CO₂ na de klimaatgerichte maatregelen vindt plaats in een langdurige periode. De projectperiode beslaat minimaal 25 jaar en maximaal 100 jaar.¹⁷

4.3 Startdatum

De startdatum van het project is het moment waarop de projectinterventie (aanplant en/of plaatsen wildbeschermingsmaatregelen) start. De start van de projectinterventie vindt maximaal 2 jaar voorafgaand aan de validatie van het projectplan door SNK plaats. Voor projecten die starten voordat de validatie door SNK heeft plaatsgevonden gelden de volgende regels:

1. Op het moment van aanmelden bij SNK is aantoonbaar dat het project is opgezet om koolstofcertificaten te krijgen;
2. Aannemelijk moet worden gemaakt waarom een project voortijdig start;
3. Het project is additioneel bij de projectstart en de validatie van het projectplan;
4. Tussen start van het project en de validatie van het project zit maximaal 2 jaar.

Voor meer informatie wordt verwezen naar het SNK Rulebook item “Regel uitgifte certificaten met terugwerkende kracht”.

4.4 Sources en Sinks

De onderstaande tabel geeft aan welke sources en sinks en welke broeikasgassen van toepassing zijn in deze methode.

Tabel 4.1

Projectgrens voor sources en sinks

GHG ¹⁸	Source/Sink	Inbegrepen	Toelichting
CO ₂	Bos biomassa (levende boven en ondergrondse biomassa in het bos)	Ja	Primaire sink/source voor het project.
	Strooisellaag	Nee	De CO ₂ -voorraad in de strooisellaag in bossen ligt naar schatting tussen de 20 en 100 ton CO ₂ per ha ¹⁹ .

¹⁷ De keuzevrijheid voor het vaststellen van de lengte van de project periode is in het belang van de projecteigenaar die het daarmee kan afstemmen op de specifieke omstandigheden van het project.

¹⁸ GHG: Greenhouse gas = broeikasgas

¹⁹ Schatting op basis van ongepubliceerde data, bron: Wyngaert, I.J.J. van den, C. Verwer, G.J. Nabuurs, N. Schulp, R. de Waal. 2008. *The Dutch National System for greenhouse gas reporting of the LULUCF sector – revisions and updates after the 2007 review*. Wageningen, Alterra (Ongepubliceerd)

		Nauwkeurige gegevens over koolstofvoorraden in strooisel in Nederlandse bossen ontbreken ²⁰ . Ook monitoring van de strooiselopbouw is arbeidsintensief. Daarom wordt deze sink buiten beschouwing gelaten. ²¹ . Als gevolg van de projectinterventie kan de dikte van de strooisellaag veranderen. Bijvoorbeeld bij aanplant van boomsoorten met snelverterend strooisel kan de strooissellaag (en daarmee de C-voorraad in deze laag) op termijn minder worden. Er wordt aangenomen dat een verandering van de dikte van de strooisellaag niet leidt tot CO ₂ -emissies, maar dat er hoogstens een verschuiving zal plaatsvinden richting de koolstof reservoir in de bodem.
Dood hout	Nee	Uit afbraak van dood hout kunnen CO ₂ -emissies optreden. Gemiddeld bedraagt de hoeveelheid (staand en liggend) dood hout in het Nederlandse bos ca 8% van de totale houtvoorraad ²² . Hieruit kan worden geconcludeerd dat er ook significante hoeveelheden koolstof in dood hout zijn opgeslagen. De verteringssnelheid (afbraaksnelheid) van dood hout vertoont een exponentieel verloop en is onder meer sterk afhankelijk van de boomsoort. De verteringstijd en daarmee de snelheid van CO ₂ -emissies kan sterk uiteenlopen van 10 tot meer dan 100 jaar. ²³ . Er wordt aangenomen dat er onder het projectscenario geen significante toe- of afname optreedt van het aandeel dood hout ten opzichte van de baseline. Hiermee zijn de CO ₂ -emissies in het projectscenario en het baselinescenario gelijk. Daarom worden in de berekeningen de emissies uit dood hout niet meegenomen.
Bodem	Nee	Voor Nederland zijn slechts algemene schattingen voorhanden van bodemkoolstofvoorraden per bodemtype die bovendien een grote onzekerheidsmarge kennen ²⁴ . De veranderingen in de bodemkoolstofvoorraad van bossen zijn daarom lastig te kwantificeren. Eventuele effecten van de

²⁰ Zie: Arets, E.J.M.M., S.A. van Baren, H. Kramer, J.P. Lesschen & M.J. Schelhaas. 2022. *Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands; Methodological background, update 2022. Statutory Research Tasks Unit for Nature & the Environment (WOT Natuur & Milieu)*, Wageningen. WOT-technical report 217, pag 38-40.

²¹ Ook de nationale LULUCF-rapportage laat bij bos de verandering van de CO₂-voorraad in de strooisellaag buiten beschouwing vanwege het ontbreken van accurate data (Arets *et al.*, 2022; pp. 40).

²² Bron: Schelhaas *et al.* 2022, Tabel 12.1

²³ Wijdeven, S., L. Moraal, M. Veerkamp. 2010. Hoofdstuk 35. Dood hout. pp. 425-435. In: J. den Ouden, B. Muys, F. Mohren, K. Verheyen (Red.). *Bosecologie en Bosbeheer*. Leuven/Den Haag, Acco.

²⁴ Lesschen, J.P., H. Heesmans, J. Mol-Dijkstra, A. van Doorn, E. Verkaik, I. van den Wyngaert, P. Kuikman. 2012. *Mogelijkheden voor koolstofvastlegging in de Nederlandse landbouw en natuur. Alterra Rapport 2396*. Wageningen, Alterra, figuur 2 pag. 22.

			<p>projectinterventie op de bodemkoolstof zijn daarom niet te kwantificeren of te meten. Er wordt aangenomen dat in het geval van revitalisering van essenbossen er geen vermindering in de bodemkoolstofvoorraad optreedt t.o.v. de baseline. Mogelijk treedt er wel een verhoging op t.o.v. de baseline. In dat geval is er sprake van een onderschatting van de CO₂ opbouw in het project op.</p>
	Houtoogstproducten	Nee	Houtoogstproducten worden vooralsnog als sink en source buiten beschouwing gelaten in de methode.
	Fossiele brandstoffen verbruik	Nee	De emissies uit fossiele brandstoffen als gevolg van de projectinterventie (aanplant, machine-inzet) worden als niet significant beoordeeld. De emissies bedragen afhankelijk van de werkzaamheden tussen de 0,035 tot 0,339 ton CO ₂ /ha (zie tabel 4.2). Dit is een eenmalige emissie. De verwachte CO ₂ -emissiereductie van revitalisering van essenbossen bedraagt naar verwachting tientallen tot enkele honderden tonnen CO ₂ per hectare per project (zie bijvoorbeeld Annex 4). Voor emissies voortvloeiend uit beheerwerkzaamheden in het projectgebied wordt aangenomen dat in het geval van het projecttype Revitaliseren essenbossen er geen significante veranderingen in beheerwerkzaamheden zijn t.o.v. de baseline.
CH ₄	Biomassa verbranding	Nee	<p>Als projectvoorwaarde is gesteld dat er geen biomassaverbranding (verbranding oogstresten) plaatsvindt binnen het projectgebied.</p> <p>Een deel van de biomassa die vrijkomt bij de oogst van hout uit het projectgebied kan (al dan niet na eerst in producten te zijn toegepast) worden verbrand in installaties die warmte en/of elektriciteit opwekken. Het gecombineerde aandeel van CH₄ en N₂O bedraagt 7% van de CO₂ emissies²⁵ bij verbranding van biomassa. Echter, omdat houtproducten vooralsnog in de methode niet zijn opgenomen, behoeven deze emissies ook niet te worden meegeteld.</p>
	Directe emissie	Nee	Niet van toepassing
	Anaerobe afbraak	Nee	CH ₄ -emissies kunnen optreden wanneer er anaerobe afbraak van hout op een vuilstortplaats optreedt. Er wordt in Nederland echter nauwelijks hout gestort. Van de totale hoeveelheid verwerkt afval in 2017 bestond 0,015% uit hout dat is gestort ²⁶ . De kans dat geoogst hout uit een projectgebied op een stortplaats

²⁵ UNFCCC. 2011. A/R Methodological Tool “Estimation of non-CO₂ GHG emissions resulting from burning of biomass attributable to an A/R CDM project activity”. Version 04.0.0.

²⁶ Werkgroep Afvalregistratie. 2018. *Afvalverwerking in Nederland: gegevens 2017*. Utrecht, Rijkswaterstaat. https://www.afvalcirculair.nl/publish/pages/156829/afvalverwerking_in_nederland_gegevens_2017_def.pdf In meer recente versies van deze publicatie wordt houtafval niet meer als separate categorie vermeld.

			terechtkomt wordt daarmee verwaarloosbaar klein geacht. De CH ₄ -emissies uit anaerobe afbraak vormen daarmee geen significante source. Bovendien worden houtproducten vooralsnog niet meegenomen in deze methode.
	Fossiele brandstoffen verbruik	Nee	Zie boven
N ₂ O	Biomassa verbranding	Nee	Zie boven
	Kunstmest	Nee	Niet van toepassing
	Fossiele brandstoffen verbruik	Nee	Zie boven

Voor alle sources en sinks geldt dat het niet verplicht is om de emissie(reductie) van de sink of source te berekenen als aangetoond is dat het niet meetellen van de sink of source bijdraagt aan een conservatieve inschatting van de GHG impact van het project.

Ook kunnen sources/sinks optioneel buiten beschouwen worden gelaten wanneer de impact niet significant is, dat wil zeggen dat het gezamenlijke aandeel van deze sources / sinks minder dan 5% van de totale GHG impact van het project bedraagt.

Tabel 4.2

Berekende CO₂-emissies per hectare bij het uitvoeren van 3 mogelijke projectinterventies bij revitalisering

Werkzaamheden	Tijdsbesteding (uur/ha) volgens Normenboek ²⁷	Dieserverbruik (l/uur) volgens Normenboek ²⁸	Dieserverbruik (l/ha)	CO ₂ -emissie diesel (kg CO ₂ /l) ²⁹	CO ₂ -emissie (ton/ha)
Aanplant 20 kloempen (groepen) bomen per ha: bodembewerking op de plantplekken (m.b.v. trekker 35-45 /45-55 kW met frees) gevolgd door handmatige aanplant	0,69	15,8	10,9	3,23	0,035
Aanplant 40 kloempen (groepen) bomen per ha: bodembewerking op de plantplekken (m.b.v. trekker 35-45 /45-55 kW met frees) gevolgd door aanplant met een grondboor	1,1	15,8	17,4	3,23	0,056
Bodembewerking (m.b.v. trekker 45-55 kW met plantplekkenmaker) voor het	5,0	21*	105,0	3,23	0,339

²⁷ Raffe, J.K. van., J.J. de Jong. 2018. *Normenboek Natuur, Bos en Landschap 2018. Tijd- en kostennormen voor inrichting en beheer van natuurterreinen, bossen en landschapselementen*. Wageningen, Wageningen Environmental Research.

²⁸ Raffe, J.K. van., J.J. de Jong. 2018. *Normenboek Natuur, Bos en Landschap 2018. Tijd- en kostennormen voor inrichting en beheer van natuurterreinen, bossen en landschapselementen*. Wageningen, Wageningen Environmental Research.

²⁹ https://www.co2emissiefactoren.nl/lijst-emissiefactoren/#totale_lijst

creëren van een zaai bed voor natuurlijke verjonging					
--	--	--	--	--	--

* Geen specifiek diesilverbruik bekend in normenboek. Diesilverbruik is geschat op basis van vergelijkbare machines/werkzaamheden.

5 Vaststelling van baseline

5.1 Vaststellen baseline

De projecteigenaar stelt de verwachte ontwikkeling van de CO₂-voorraad gedurende de projectperiode vast bij het uitblijven van de projectinterventie op basis van:

1. De huidige:
 - kroonbedekking van de matig tot zwaar aangetaste essen en de kroonbedekking van de overige (vitale) bomen en struiken in het projectgebied;
 - staande voorraad (spilhoutvolume in m³/ha) van de matig tot zwaar aangetaste essen en de staande voorraad van overige bomen in het projectgebied;
 - dichtheid en samenstelling van de verjonging met een dbh³⁰ < 5 cm en een hoogte van > 50 cm.
2. De herplantmaatregelen die minimaal nodig zijn om gedurende de gekozen projectperiode (zie paragraaf 4.2) te voldoen aan de herplantplicht als gevolg van de essentaksterfte.
 - Hierbij wordt als basisregels aangehouden dat van de zwaar aangetaste essen 99% binnen 5 jaar zal sterven en van de matig aangetaste essen 95% binnen 10 jaar zal sterven.³¹
 - De noodzaak voor herplant wordt conform de additionaliteitscriteria uit hoofdstuk 3 als volgt bepaald:
 - De herplantplicht geldt als de kroonbedekking onder de 60% zakt door kap of natuurlijke sterfte (ook als de bomen op korte termijn dood dreigen te gaan).
 - Struik mag worden meegeteld voor het bepalen van de kroonbedekking tot een maximum van 25% van de gehele oppervlakte.
 - De herplant oppervlakte is gelijk aan de teniet gegane oppervlakte en leidt minimaal tot een vergelijkbare kwaliteit houtopstand als de teniet gegane opstand.
 - De herplant (al dan niet via natuurlijke verjonging) moet binnen maximaal 6 jaar uitgevoerd zijn.
 - De herplant moet binnen 10 jaar na het uitvoeren van de maatregelen tot een gesloten kronendak leiden op de delen die zijn herplant met als uiteindelijke doel dat de totale opstand weer een kroonbedekking krijgt van minimaal 60%.
3. De verwachte ontwikkeling van de staande voorraad (spilhoutvolume in m³/ha) in het projectgebied gedurende de projectperiode op basis van de:
 - Verwachte sterfte en kap van essen;
 - Verwachte groei van de aanwezige bomen en struiken (inclusief verjonging) op de betreffende groeiplaats;
 - Verwachte groei van de herplant die wordt uitgevoerd om minimaal te voldoen aan de herplantplicht.
 - Verwachte vestiging en groei van spontane verjonging op de betreffende groeiplaats;
 - Verwachte overige kap (uit bijvoorbeeld dunningen) gedurende de projectperiode.

³⁰ Dbh: diameter borsthoogte: diameter van de stam gemeten op borsthoogte (1,3 m).

³¹ De percentages zijn gebaseerd op het verwachte aandeel tegen essentaksterfte resistente essen (Skovsgaard, J.P., G.J. Wilhelm, I.M. Thomsen, B. Metzler, T. Kirisits, L. Havdrová, R. Enderle, D. Dabrowolska, M. Cleary, J. Clark. 2017. Silvicultural strategies for Fraxinus excelsior in response to dieback caused by Hymenoscyphus fraxineus. Forestry. 90; 455-472). De termijnen van 5 en 10 jaar zijn gebaseerd op praktijkervaringen binnen Staatsbosbeheer en zijn redelijk conservatief ingeschat om de CO₂-vastlegging in het baselinescenario niet de onderschatten.

Ad 1

De gegevens voor onderdeel 1 worden als volgt bepaald:

- a. De kroonbedekking wordt bepaald door in het veld of via luchtbeelden in te schatten welk percentage van de oppervlakte wordt ingenomen door de kroonprojectie van een boom- of struiksoort. De vitaliteit van de essen wordt bepaald volgens de beschrijving in het tekstvak 'Bepalen mate van aantasting' in paragraaf 2.1.
- b. Het bepalen van de staande voorraad dient te gebeuren volgens de regels zoals beschreven in paragraaf 7.3.
- c. De huidige dichtheid (# bomen/ha) en samenstelling van de verjonging wordt bepaald door in steekproefcirkels met een straal van 5 meter het aantal bomen per hectare met dbh < 5 cm en hoogte > 50 cm te tellen en het aantal van elke boomsoort te noteren.

De gegevens over de huidige staande voorraad en aanwezige verjonging worden in principe voorafgaand aan de projectinterventie bepaald door middel van metingen in het veld, waarbij de metingen een representatief beeld moeten geven van het totale projectgebied. Indien veldmetingen in (een gedeelte van) het projectgebied niet (meer) mogelijk zijn³², kunnen de benodigde gegevens worden bepaald aan de hand van andere bronnen, zoals:

- o De meest recent beschikbare metingen (bijv. Syhi- of Woodstock) in het projectgebied of vergelijkbare bosgebieden;
- o Blesstaten of houtoogstdata uit het projectgebied.

Ad 3

De vaststelling van de verwachte toekomstige ontwikkeling van de staande voorraad in het projectgebied (onderdeel 3) dient als volgt te worden vastgesteld:

- a. De verwachte ontwikkeling van de staande voorraad (spilhoutvolume in m³/ha) van de aanwezige bomen en verjonging op de betreffende groeiplaats wordt gemodelleerd voor de duur van de projectperiode. Voor het voorspellen van de verwachte groei wordt gebruik gemaakt van
 - o Metingen (bijv. Syhi- of Woodstock) in het projectgebied of vergelijkbare bosgebieden; of
 - o Actuele groei- en opbrengstcijfers van Nederlandse boomsoorten³³; of
 - o Internationale groeicijfers of een expertinschatting van de groei, indien er van bepaalde boomsoorten geen passende groeicijfers voorhanden zijn.
- b. De verwachte vestiging van spontane verjonging in het projectgebied bij het uitblijven van de projectinterventie wordt gebaseerd op:
 - o Monitoringsgegevens in het projectgebied of vergelijkbare bosgebieden; of
 - o Literatuur; of
 - o Een expert inschatting³⁴, indien monitoringsgegevens of literatuur niet voorhanden zijn of toepasbaar zijn op het projectgebied.

³² Bijvoorbeeld bij kap van essen uit veiligheidsoverwegingen.

³³ Jansen, H., A. Oosterbaan (Red.). 2018. *Opbrengsttabellen Nederland 2018*. Wageningen, Wageningen Academic Publishers. <https://edepot.wur.nl/460211>

³⁴ Het inschatten van de spontane verjonging is afhankelijk van een groot aantal onzekere processen en factoren in de toekomst, zoals de wildstand, het klimaat, stikstofdepositie etc.. Deze ontwikkelingen zijn bovendien zeer sterk locatieafhankelijk en kunnen daarom vaak niet of nauwelijks worden gebaseerd op literatuur of monitoringsgegevens uit andere gebieden. Daarom zal in veel gevallen een expert inschatting nodig zijn

De verwachte ontwikkeling van de staande voorraad (spilhoutvolume in m³/ha) van de bomen in de toekomstige spontane verjonging wordt gemodelleerd voor de duur van de projectperiode op basis van de bronnen zoals beschreven onder punt c.

- c. De verwachte kap wordt gebaseerd op een inschatting van de projecteigenaar van het volume aan spilhout dat hij periodiek zal oogsten in het projectgebied. De verwachte kap moet voldoen aan de eisen die FSC en PEFC stellen aan verantwoorde oogstniveaus voor bosbeheer³⁵.
- d. De projecteigenaar houdt bij het vaststellen van de verwachte ontwikkelingen in het gebied rekening met de eventuele maatregelen die hij uit moet voeren in het kader van het actueel geldend Natuurbeheerplan en de verplichtingen vanuit de SNL-subsidie.

Op basis van de gemodelleerde verwachte ontwikkeling van de staande voorraad (spilhoutvolume in m³/ha) in het projectgebied bij het uitblijven van de projectinterventie, wordt aan de hand van vergelijking 2 uit hoofdstuk 6 berekend hoe de CO₂ voorraad in de boven en ondergrondse levende biomassa zich ontwikkelt in het projectgebied gedurende de projectperiode.

Ter illustratie is de baseline voor een aantal scenario's reeds berekend (zie Annex 4).

5.2 Vernieuwen baseline

Bij de start van het project wordt het baseline scenario vastgesteld voor de duur van de project periode en kan niet worden gewijzigd. De additionaliteit van een project wordt eveneens eenmalig vastgesteld tijdens de start van het project. De investering die op dat moment in het project wordt gedaan is op basis van de bij de start van het project geldende beleidsadditionaliteit. In tegenstelling tot energieprojecten is het voor bosprojecten noodzakelijk om de zekerheid te bieden van een onveranderlijke baseline, omdat de CO₂ vastlegging waarop in het beginjaar van het project wordt geïnvesteerd, pas op lange termijn wordt gerealiseerd in een periode van decennia en daarmee ook de koolstofcredits pas op lange termijn substantieel bijdragen aan het dekken van de investeringskosten.

³⁵ Deze eis is toegevoegd om te benadrukken dat de kap in het baselinescenario niet te hoog mag zijn en daarmee kan leiden tot een onderschatting van de CO₂-vastlegging in de baseline.

6 Bepaling broeikasgas emissiereductie en verwijdering

De berekening van de verwijdering van broeikasgassen (GHG) uit de atmosfeer wordt beschreven in deze paragraaf. De verwijdering van broeikasgassen bestaat uit de netto vastlegging van CO₂ in biomassa en de netto reductie van emissies van broeikasgassen door realisatie van een project ten opzichte van de baseline. De berekening dient ex-ante en ex-post te worden uitgevoerd op basis van de rekenmethode die is beschreven in dit hoofdstuk:

- Ex-ante berekening: de netto verwijdering van broeikasgassen gedurende de looptijd van het project wordt vooraf aan de implementatie van het project berekend. De berekening dient te worden gemaakt op basis van gepubliceerde data, zoals actuele groei- en opbrengstcijfers van Nederlandse boomsoorten³⁶ of Syhi- of Woodstockmetingen. Aangetoond dient te worden dat de gebruikte data van toepassing zijn op het project en het projectgebied.
- Ex-post berekening: de werkelijke netto verwijdering van broeikasgassen wordt periodiek gemeten – zie Hoofdstuk 7 Monitoring.

Ter illustratie is voor een aantal projectscenario's de additionele CO₂-vastlegging reeds bepaald (zie Annex 4).

De netto of totale GHG verwijdering door het project wordt beschreven door de volgende vergelijking, uitgedrukt in tonnen CO₂-equivalenten:

$$C_{\text{totaal}} = \Delta C_{\text{bb_prj}} - \Delta C_{\text{bb_bsl}} \quad \text{Vergelijking (1)}$$

Waarbij:

Parameter	Eenheid	Beschrijving
C_totaal	tCO ₂ -e	De netto of totale GHG verwijdering door het project gedurende de project periode of de monitoring periode.
ΔC_bb_prj	tCO ₂ -e	Verandering in de koolstofvoorraad van boombiomassa (bb) in de project periode / monitoring periode in het project scenario binnen de grenzen van het projectgebied. Het betreft levende biomassa van bomen bovengronds (stam, takken, bladeren) en ondergronds (wortels).
ΔC_bb_bsl	tCO ₂ -e	Verandering in de koolstofvoorraad van boombiomassa (bb) in de project periode / monitoring periode in het baseline scenario binnen het projectgebied. Het betreft levende biomassa van bomen bovengronds (stam, takken, bladeren) en ondergronds (wortels).

In hoofdstuk 4 is aangegeven dat GHG-emissies uit het projectgebied verder buiten beschouwing worden gelaten, omdat deze niet van toepassing zijn, er geen significante emissies optreden of er geen significante verandering optreedt in GHG-emissies in het projectscenario ten opzichte van het baselinescenario. Daarom worden de GHG-emissies ook niet meegenomen in de bovenstaande vergelijking.

6.1 Koolstofvoorraad boombiomassa

De koolstofvoorraad van boombiomassa kan op drie manieren worden bepaald:

- 1) Door het omrekenen van het volume van spilhout naar biomassa en koolstof – de Biomassa Expansie Factor methode;
- 2) Door gebruik te maken van een allometrische vergelijking voor het direct omrekenen van een meetvariabele (met name de stamdiameter van de boom) naar biomassa en vervolgens koolstof.

³⁶ Jansen, H., A. Oosterbaan (Red.). 2018. *Opbrengsttabellen Nederland 2018*. Wageningen, Wageningen Academic Publishers. <https://edepot.wur.nl/460211>. Wanneer er van boomsoorten geen data voorhanden zijn, wordt er gebruik gemaakt van buitenlandse literatuur of een expertinschatting van de groei.

- 3) Door gebruik te maken van andere methoden die met voldoende statistische precisie (criterium: de helft van de 90% betrouwbaarheidsinterval is maximaal 10% van het steekproefgemiddelde) de koolstofvoorraad in een bos kunnen bepalen (zoals Lidar).

Optie 1. De Biomassa Expansie Factor methode berekent de koolstofvoorraad in bomen als volgt:

$$C_{bb} = \text{Volume} \times \text{BCEF} \times (1+R) \times \text{KF} \times 44/12$$

In

Vergelijking (2)

Waarbij:

Parameter	Eenheid	Beschrijving
C _{bb}	tCO ₂ -e	De koolstofvoorraad van boombiomassa (bb) in de project periode / monitoring periode. Het betreft levende biomassa van bomen bovengronds (stam, takken, bladeren) en ondergronds(wortels).
Volume	m ³	Het stamvolume van bomen. Voor een ex-ante berekening kan dit worden verkregen uit gepubliceerde data, zoals uit de publicatie Opbrengsttabellen Nederland 2018 ³⁷ . Voor de monitoring van projectresultaten kan het volume worden berekend uit metingen van bijvoorbeeld boomdiameter en boomhoogte.
BCEF		Biomassa Conversie en Expansie Factor die de relatie tussen stamvolume en totale bovengrondse boombiomassa (inclusief kroon) uitdrukt. Hiervoor kunnen de BCEF factoren worden gebruikt zoals deze tot 2022 zijn toegepast in de LULUCF rapportages van Nederland (zie tabel 6.1). De projecteigenaar kan ook voor een onderbouwd alternatief kiezen.
R		Root-Shoot ratio die de fractie van wortelbiomassa van bomen uitdrukt ten opzichte van de totale bovengrondse boombiomassa. Hiervoor kunnen de R-waarden worden gebruikt zoals deze tot 2022 zijn toegepast in de LULUCF rapportages van Nederland (zie tabel 6.1). De projecteigenaar kan ook voor een onderbouwd alternatief kiezen.
KF		Koolstoffractie van biomassa. De fractie is 0,48 voor loofhout en 0,51 voor naaldhout (tabel 4.3 van de 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: AFOLU).
44/12		Massaverhouding van een C atoom en een CO ₂ molecuul, voor het omrekenen van C naar CO ₂ .

³⁷ Jansen, H., A. Oosterbaan (Red.). 2018. *Opbrengsttabellen Nederland 2018*. Wageningen, Wageningen Academic Publishers. <https://edepot.wur.nl/460211>

Tabel 6.1

Te hanteren Biomassa Conversie en Expansie Factoren (BCEF) en Root-Shoot ratios (R) per boomsoort.^{38.}

Boomsoort	BCEF (ton bovengrondse boombiomassa per m3 stamvolume)	R
Acer spp.	0.80	0.25
Alnus spp.	0.74	0.23
Betula spp.	0.68	0.23
Fagus sylvatica	1.18	0.25
Fraxinus excelsior	1.06	0.14
Larix spp.	0.53	0.21
Picea spp.	0.53	0.22
Pinus other	0.46	0.16
Pinus sylvestris	0.48	0.16
Populus spp.	0.53	0.20
Pseudotsuga menziesii	0.65	0.20
Quercus spp.	1.28	0.16
Robinia pseudoacacia	1.25	0.15
Tilia spp.	1.30	0.15
Broadleaved other	0.73	0.25
Coniferous other	0.55	0.24

Optie 2. Methode met allometrische vergelijking:

Selecteer een allometrische vergelijking die van toepassing is op Nederlands bos en het bostype waar de koolstofvoorraad van wordt bepaald. Aangeraden wordt om vergelijkingen te selecteren die het meest specifiek van toepassing zijn op de boomsoorten en / of bosytpe en die de grootste statistische betrouwbaarheid hebben.

6.2 Afwenteling (leakage)

Redelijkerwijs kan worden aangenomen dat de projectinterventie niet leidt tot afwenteling, dat wil zeggen emissies die buiten de projectgrenzen optreden als gevolg van het project vanwege het verplaatsen van activiteiten of een markt effect. Revitalisering van essenbossen leidt niet tot verplaatsing van activiteiten. Het type landgebruik verandert namelijk niet. Een markt effect is evenmin van toepassing op het type projectinterventie, omdat het niet leidt tot een verminderd aanbod van houtproducten in het projectscenario.

³⁸ Bron: Arets, E.J.M.M., J.W.H van der Kolk, G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & M.J. Schelhaas. 2021. *Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background, update 2021*. Statutory Research Tasks Unit for Nature & the Environment (WOT Natuur & Milieu), Wageningen. WOT-technical report 201.

7 Monitoring & uitgifte certificaten

De volgende onderdelen worden meegenomen in de monitoring:

1. Vaststellen Project implementatie
2. Vaststellen effectiviteit uitgevoerde maatregelen en eventuele verstoring van het project
3. Vaststellen Koolstofopbouw in het bos

Onderdeel 1 wordt uiterlijk twee jaar na de startdatum (=moment van validatie van projectplan) van het project uitgevoerd. Is dat niet het geval dat moet een projectplan opnieuw ter validatie worden voorgelegd (en getoetst aan de actualiteit). Onderdeel 2 wordt uiterlijk 6 jaar na de startdatum van het project uitgevoerd. Onderdeel 3 wordt minimaal elke 12 jaar uitgevoerd.

Het Rulebook van de SNK schrijft voor dat het methodedocument maatregelen bevat voor betrouwbare monitoringresultaten indien geen gebruik gemaakt wordt van verzegelde monitoring apparatuur. De projecteigenaar kan gebruik maken van verzegelde monitoringapparatuur. Voor de monitoring vereisten in deze methode is het in veel gevallen waarschijnlijk niet haalbaar om met verzegelde apparatuur te werken. In die gevallen dient de projecteigenaar zorg te dragen voor een onafhankelijke controle van een selectie van de monitoringdata, bijvoorbeeld door een veldbezoek en controle meting van een deel van de steekproefpunten.

7.1 Projectimplementatie

De projecteigenaar legt de uitvoering van het project vast in een register. De volgende informatie wordt daarin minimaal vastgelegd:

1. De bosvakken die onderdeel uitmaken van het project, in ieder geval in de vorm van een GIS bestand met de ligging en grenzen van de houtopstanden (vakken en afdelingen).
2. Per bosvak:
 - a. De datum van de interventie
 - b. Een lijst van aangeplante boomsoorten, aantallen per boomsoort, type plantsoen (bosplantsoen, veren, laanbomen) en plantafstanden;
 - c. Een overzicht van de gezaaide boomsoorten en de hoeveelheid uitgestrooid zaad per soort;
 - d. Genomen maatregelen om natuurlijke verjonging te stimuleren, zoals oppervlakkige bodemverwonding;
 - e. Genomen wildbeschermingsmaatregelen;
 - f. Overige maatregelen, zoals kap in de bestaande opstand.

7.2 Vaststellen effectiviteit maatregelen en verstoring project

De projecteigenaar dient in het veld vast te stellen of de aanplant en de andere genomen maatregelen, zoals wildbescherming voldoende effectief zijn geweest. De maatregelen worden als effectief beoordeeld als de uitval bij de aangeplante bomen minder dan 10% is.

Daarnaast legt de projecteigenaar in de administratie vast of er verstoring in het projectgebied is opgetreden:

1. De aard van verstoring (sterfte van bomen als gevolg van droogte, wildvraat, ziekten, plagen, storm, brand etc.) wordt beschreven.
2. Het moment waarop het heeft plaatsgevonden.
3. De omvang van de verstoring (zowel het oppervlakte als de mate van aantasting en het type aantasting).

De bovenstaande informatie wordt minimaal op het niveau van een bosvak vastgelegd.

De consequenties van een eventueel te hoge uitval en/of verstoring voor de CO₂ vastlegging worden bepaald tijdens het eerstvolgende monitoring en verificatie moment. In het geval ex-ante CO₂ certificaten zijn

uitgekeerd dienen de eventuele verliezen aan opgeslagen koolstof te worden verrekend zoals beschreven in paragraaf 7.4.3 (Ex-ante uitgifte van CO₂ certificaten).

7.3 Koolstofopbouw in het bos

Om de koolstofopbouw in de levende biomassa (bomen) in het projectgebied te monitoren, dienen er periodiek metingen te worden uitgevoerd waarbij de staande voorraad per boomsoort in m³ per ha wordt bepaald. Aan de hand van vergelijking 2 uit hoofdstuk 6 wordt aan de hand van de in het veld verzamelde metingen van de staande voorraad de CO₂ voorraad in de boven en ondergrondse levende biomassa van het projectgebied berekend. De metingen dienen een representatief beeld te geven van het totale projectgebied. Hierbij is de toegestane foutenmarge van de metingen (schattingen) +/-10% met een betrouwbaarheidsniveau van 90%. Mochten de metingen niet voldoen aan de gestelde betrouwbaarheidseisen dan dienen er meer metingen verricht te worden in het projectgebied. Het minimum aantal benodigde metingen kan bepaald worden door gebruik te maken van Winrock's 'CDM A/R Sample Plot Calculator Spreadsheet Tool'.

In het kader 'Voorbeeld opzet monitoring' wordt een monitoringsopzet beschreven die kan worden gehanteerd. Andere meetmethodes zijn toegestaan mits ze voldoen aan de hierboven gestelde betrouwbaarheidseisen.

Voorbeeld opzet monitoring

1. Vaststellen van het projectareaal

Het projectareaal bestaat uit een of meerdere percelen bos, waarin de additionele maatregelen zijn genomen en waarvan gevolgd wordt hoe de CO₂-vastlegging verloopt. Zie paragraaf 4.1 hoe de begrenzing van de percelen dient te worden vastgesteld.

2. Bepalen aantal te meten steekproefpunten

Het aantal te meten steekproefpunten (hier verder 'plots' genoemd) is afhankelijk van de betrouwbaarheidseisen die worden gesteld aan de schattingen. De schattingen betreffen hier de staande voorraad (in m³/ha) en de daarvan afgeleide hoeveelheid vastgelegde CO₂ in jonge bomen. We hanteren hier de eis dat het 90%-betrouwbaarheidsinterval ligt tussen 90% en 110% van de gevonden hoeveelheid vastgelegde CO₂. De interpretatie van deze bewering is dat je wilt dat als je 100 keer de steekproef herhaalt (random dus) dat de uitkomst dan in 90 van de 100 gevallen in het betrouwbaarheidsinterval ligt.

Om dan het benodigde aantal plots te kunnen bepalen zouden we de variatiecoëfficiënt (vc) moeten kennen. Dat is de standaardafwijking als percentage van het gemiddelde. De variatiecoëfficiënt is afhankelijk van een aantal factoren, waaronder de grootte van het projectareaal. Hoe groter het projectareaal, hoe groter de vc, omdat het onwaarschijnlijk is dat over het gehele areaal dezelfde variatie in hoeveelheid vastgelegde CO₂ wordt aangetroffen. We werken hier met de volgende waarden:

Project areaal (ha)	Variatie coëfficiënt (%)	Aantal te meten plots (n)	Lengte 90%- betrouwbaarheidsinterval (%)
>500	100	300	± 10
250-500	90	250	± 10
100-250	75	150	± 10
50-100	60	100	± 10
25-50	50	75	± 10
5-25	50	50	± 12
<5 ha	50	25	± 17

3. Bepalen van de locaties van de steekproefpunten

De locaties van de te meten steekproefpunten worden bepaald door een raster van punten op de projectkaart te leggen. De punten van het raster liggen in een vierkantsverband. De punten van het raster die binnen de begrenzing van de projectpercelen vallen zullen worden gemeten in het veld. De afstand tussen de punten van het vierkanten raster bepaalt het aantal punten dat in de steekproef valt. De volgende stappen worden gevolgd:

- Bereken de totale bosoppervlakte van het project
- Bereken de afstand tussen de rasterpunten d (in meters) op basis van de plotoppervlakte O (in ha) en het aantal te meten steekproefpunten n_{plots} met $d = 100 * \sqrt{O / n_{\text{plots}}}$
- Kies een willekeurig startpunt, dat zich zowel ten westen als ten zuiden bevindt van het project.
- Teken het volledige raster op basis van het startpunt en de berekende afstand tussen de punten en leg het raster op de kaart van het projectareaal. Selecteer alleen die punten die in het projectgebied liggen. De op deze wijze aselekt gekozen punten vormen de steekproef die de basis vormt van de monitoring.
- De steekproefpunten krijgen een code op basis van de positie in het raster. Bijvoorbeeld punt C7 is het punt op de 3^e kolom en op de 7^e rij. Naast deze lokale code is ieder punt gedefinieerd door zijn Amersfoortse coördinaten.

4. Meetprotocol

Het meten van een steekproefpunt gaat als volgt:

- Zoek het te meten punt op in het veld met behulp van de kaart en een goede GPS-ontvanger en markeer het punt.
- Installeer een cirkel rond het punt en bepaal de straal van de cirkel op basis van het bos ter plekke. De straal van de cirkel wordt zodanig gekozen dat er zich minimaal 15 bomen in bevinden.
- De gekozen straal van de cirkel is altijd in hele meters.
- De meetdrempel is 5 cm diameter op borsthoogte. Dunnere bomen worden dus niet gemeten en tellen ook niet mee in de bepaling van de straal van de steekproefcirkel.
- De straal van de cirkel is minimaal 4 meter. Deze minimale straal wordt toegepast in jong bos met een grote dichtheid aan jonge bomen met dunne diameter.
- De straal van de cirkel is maximaal 15 meter. Deze straal wordt toegepast in oud bos waar het stamtal nog maar gering is.

- g. In gelaagd bos met een duidelijke scheiding van een dichte jonge cohort aan bomen en een ruim staande oude cohort aan bomen worden 2 cirkels geïnstalleerd: een cirkel met straal 4 meter voor het jonge cohort en een cirkel met straal 15 meter voor het oude cohort.
- h. Als de cirkel volledig in het te monitoren bos ligt spreken we van een volledige cirkel. Een onvolledige cirkel ligt voor een deel buiten het projectgebied. Bijvoorbeeld aan de rand met een pad of weg. Deze rand wordt aangegeven via een zogenaamde deellijn. De deellijn wordt gekarakteriseerd door de afstand van het steekproefpunt tot de lijn (de grens dus) en de hoek die de loodlijn (de lijn die vanuit het steekproefpunt loodrecht op de deellijn staat) maakt.
- i. Van elke steekproefpunt worden de volgende aspecten genoteerd: positie in het raster (lokale coördinaten), datum van opname, opnemer, project deel (bijvoorbeeld eigenaar/vak/afdeling), aantal cirkels (1 of 2), eventuele opmerkingen. Van elke cirkel wordt genoteerd de straal en informatie over eventuele deellijn(en).
- j. Van elke boom binnen de cirkel wordt de soort genoteerd en de dbh gemeten.
- k. De bomen worden gemeten in de volgorde van voorkomen beginnend in het noorden en dan met de wijzers van de klok mee. In termen van poolcoördinaten (hoek en afstand): de volgorde is gelijk aan de rangorde van de hoek, ongeacht de afstand tot het middelpunt (maar de afstand is uiteraard wel kleiner dan de straal van de cirkel).
- l. De bomen worden geklemd in de richting die gelijk is aan de richting boom-middelpunt.
- m. Van de twee meest voorkomende soorten binnen de steekproefcirkel wordt een proefboom aangewezen. De proefboom van een soort is de eerste van de betreffende soort gerekend vanuit het noorden. Van de proefboom wordt de soort, de dbh en de hoogte genoteerd. De dbh van de proefboom wordt gemeten conform de standaard meting. De hoogte wordt genoteerd in hele meters.

7.4 Uitgifte van CO₂ certificaten

Zoals in de inleiding van Hoofdstuk 6 is beschreven, dient voor elk project aan het begin een berekening te worden gemaakt van de netto verwijdering van broeikasgassen gedurende de looptijd van het project. De lengte van de projectperiode is van invloed op de hoeveelheid CO₂ certificaten die kan worden uitgekeerd. Vervolgens wordt tijdens de projectperiode periodiek gemeten wat de werkelijke netto verwijdering van broeikasgassen bedraagt door middel van een inventarisatie. Indien nodig wordt de oorspronkelijke berekening bijgewerkt aan de hand van de meetresultaten ten behoeve van de uitgifte van ex-ante certificaten.

Voor de uitgifte van CO₂ certificaten kan worden gekozen voor een ex-post of een ex-ante benadering:

1. Ex-post: de uitgifte van CO₂ certificaten gebeurt na werkelijke vastlegging van de koolstof in het projectgebied – zie paragraaf 7.4.2. Deze certificaten krijgen in het SNK register de status ‘geverifieerd’ en de kopers ervan kunnen ermee klimaatcompensatie claimen.
2. Ex ante: de uitgifte van CO₂ certificaten is op basis van een verwachting, die altijd periodiek vergeleken en bijgesteld dient te worden aan de hand van de monitoringresultaten van de daadwerkelijke koolstofvastlegging in het projectgebied – zie paragraaf 7.3. Deze ex-ante certificaten krijgen in het SNK register de status ‘gevalideerd’, zodat duidelijk is dat de koper ermee geen klimaatcompensatie kan claimen. Wanneer de emissiereductie is geverifieerd als zijnde gerealiseerd, dan verandert de status van het certificaat in ‘geverifieerd’ en kan de koper er klimaatcompensatie mee claimen.

De ex-post uitgifte van de hoeveelheid CO₂ certificaten komt overeen met de netto verwijdering van broeikasgassen in het projectgebied in de monitoringperiode, namelijk C_{totaal} (zie hoofdstuk 6). De monitoringperiode bestrijkt de periode tussen het laatste en het voorlaatste monitoringsmoment. Voor ex-ante

uitgifte van certificaten geldt dat rekening gehouden dient te worden met een risicobuffer en wordt de hoeveelheid certificaten die wordt uitgekeerd, berekend met de volgende vergelijking:

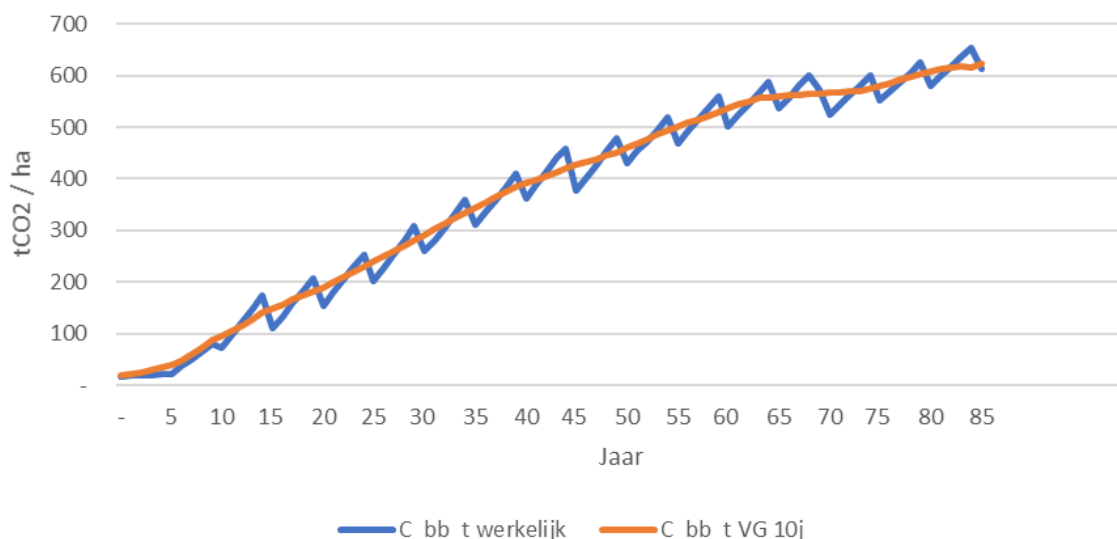
$$\text{Certificaten} = C_{\text{totaal}} \times (100\% - \text{risicobuffer } 15\%) \quad \text{Vergelijking (3)}$$

Waarbij C_{totaal} de netto hoeveelheid verwijderde broeikasgassen in een bepaalde periode uitdrukt (in tCO₂-e) en de risicobuffer het percentage is van de certificaten dat achtergehouden wordt in een buffer om toekomstige verliezen mee te compenseren (zie paragraaf 8.5).

In de berekening van de netto verwijdering van broeikasgassen kan gebruik gemaakt worden van de berekening van het voortschrijdend gemiddelde, beschreven in paragraaf 7.4.1. Dit is van toepassing indien het verloop van de CO₂ vastlegging in de biomassa van bomen een grillig verloop heeft als gevolg van dunningen en verjongingskap. Ook wordt het toegepast om de gemiddelde eindvoorraad in een projectgebied vast te stellen.

7.4.1 Berekening Voortschrijdend Gemiddelde van de koolstofvoorraad in boombiomassa

Het verloop van de CO₂ vastlegging in de biomassa van bomen (C_{bb}) kan een grillig verloop hebben als gevolg van dunningen en verjongingskap. Om deze schommelingen op te vangen maakt deze methode gebruik van de berekening van een Voortschrijdend Gemiddelde (VG) van de CO₂ voorraad in boombiomassa over een periode van telkens 10 jaar. In jaar t wordt het gemiddelde berekend over de vijf voorafgaande jaren en de vijf toekomstige jaren. De onderstaande figuur toont een voorbeeld van de gemodelleerde opbouw van de koolstofvoorraad volgens werkelijke vastlegging en het voortschrijdende gemiddelde. De methode is niet van toepassing op projecten waar een kaalkap plaats vindt (d.w.z. dat de koolstofvoorraad op enig moment na aanplant nul bedraagt). Wanneer gekozen wordt voor ex-ante uitgifte van CO₂ certificaten, wordt het voortschrijdend gemiddelde toegepast om korte termijn fluctuaties in de CO₂ vastlegging uit te middelen.



Figuur 7.1

Voorbeeld: koolstofvoorraad in boombiomassa: werkelijke voorraad en voortschrijdend gemiddelde van de voorraad.

De uitgifte van certificaten mag de gemiddelde eindvoorraad niet overschrijden. Het lange termijn beheer dient gericht te zijn op de blijvende instandhouding van het bos. Het beheer dient gericht te zijn op verjonging als het bos zich in de aftakelingsfase bevindt. De maximale hoeveelheid CO₂ certificaten die kan worden uitgekeerd is

afhankelijk van de gemiddelde CO₂ voorraad in het volwassen bos, waarbij rekening wordt gehouden met eventuele (verjongings)kap in de berekening van het gemiddelde.

7.4.2 Ex-post uitgifte van CO₂ certificaten

Indien de projecteigenaar kiest voor ex-post uitgifte van CO₂ certificaten, wordt alleen uitgekeerd op basis van reeds vastgelegde koolstof in het projectgebied. Met elk monitoringmoment van de koolstofopbouw (zie paragraaf 7.3) wordt de netto CO₂ vastlegging bepaald. Na verificatie van de monitoring resultaten wordt de netto CO₂ vastlegging sinds het laatste monitoring en verificatiemoment uitgekeerd in de vorm van CO₂ certificaten.

Ook wanneer gekozen wordt voor ex-post uitgifte van CO₂ certificaten, dient wel vooraf een berekening te worden gemaakt van de CO₂ vastlegging in het projectgebied gedurende de projectperiode. Daarmee wordt al bij validatie van het project duidelijk wat de verwachte CO₂ impact is van het project.

Tijdens elke verificatie dient deze berekening van de CO₂ vastlegging in het projectgebied gedurende de projectperiode te worden bijgewerkt. Zo wordt inzichtelijk gemaakt welke toekomstige CO₂ vastlegging nog kan worden verwacht. In het geval dat de maximale CO₂ vastlegging wordt bereikt tegen het einde van de projectperiode, en er mogelijk nog kap of dunningen plaatsvinden, kan op basis van het voortschrijdend gemiddelde (zie paragraaf 7.4.1) voorkomen worden dat CO₂ certificaten worden uitgekeerd boven de gemiddelde eindvoorraad. De gemiddelde eindvoorraad is het plafond waarboven geen CO₂ certificaten kunnen worden uitgekeerd. Het model voor de gemiddelde eindvoorraad dient altijd gebaseerd te zijn op de meest recente meetgegevens in het projectgebied.

7.4.3 Ex-ante uitgifte van CO₂ certificaten

De projecteigenaar heeft de mogelijkheid om CO₂ certificaten vooraf (ex-ante) te laten uitkeren mits aan een aantal voorwaarden is voldaan, zoals hieronder staat uitgewerkt. De ex-ante certificaten krijgen binnen SNK de status van gevalideerde certificaten.

Ex-ante uitgifte periode

De CO₂ certificaten kunnen ex-ante worden uitgekeerd voor een periode van maximaal twaalf jaar³⁹, op basis van de gemodelleerde resultaten voor de betreffende periode.

Zoals aangegeven in paragraaf 7.2 controleert de projecteigenaar maximaal 6 jaar na de start van het project of de uitgevoerde maatregelen voldoende effectief zijn en er een verstoring van het project is geweest. Indien de maatregelen onvoldoende effectief zijn geweest of er een verstoring heeft plaatsgevonden en dit heeft geleid tot meer dan 10% uitval bij de aangeplante bomen, dient de projecteigenaar aanvullende maatregelen te nemen (inboet, extra wildbescherming, etc.) om de uitval te compenseren.

Ex-ante uitgifte na periodieke metingen

Op maximaal 12 jaar na de start van het project wordt een meting uitgevoerd van de werkelijke netto CO₂ vastlegging en wordt dit vergeleken met de modelberekening die vooraf is gemaakt. Indien de werkelijke CO₂ vastlegging afwijkt van het model, dient het model te worden bijgesteld. De werkelijke CO₂ vastlegging wordt vergeleken met de ex-ante uitgekeerde certificaten. De uitgifte van certificaten is afhankelijk van de uitkomst:

1. Hogere vastlegging. Indien meer is vastgelegd dan dat eerder is uitgekeerd, dan wordt het verschil alsnog uitgekeerd.
2. Lagere vastlegging. Indien minder is vastgelegd dan dat eerder is uitgekeerd, dan wordt het tekort als volgt verrekend:

³⁹ Hierbij wordt bewust gekozen voor een langere ex-ante periode omdat bij bosprojecten de CO₂-vastlegging op langere termijn plaatsvindt en de CO₂-voorraad van een bos relatief langzaam opbouwt.

- a. Indien de lagere vastlegging wordt veroorzaakt door een langzamere groei dan verwacht, wordt het tekort in mindering gebracht op de volgende ex-ante uitgifte;
- b. Indien de lagere vastlegging wordt veroorzaakt door een verstoring of calamiteit, dan wordt het tekort eerst verrekend met de risicobuffer van 15% en als dat niet voldoende is vervolgens in mindering gebracht op de volgende ex-ante uitgifte.

Na elk monitoring en verificatiemoment is er de mogelijkheid tot een ex-ante uitgifte van certificaten voor een periode van telkens maximaal 12 jaar.

8 Risico's

Voor de lange termijn vastlegging van CO₂ in een project activiteit bestaan een aantal risico's die hieronder zijn weergegeven. Tevens wordt beschreven hoe groot de risico's zijn en wat gedaan kan worden om de risico's te beperken.

Kleine verliezen van vastgelegde koolstof ten opzichte van de ex-ante berekening moeten worden opgevangen door verrekening op het moment van monitoring en verificatie. CO₂ verliezen worden problematisch als het verlies niet meer binnen de looptijd van het project kan worden hersteld door het groeiende bos. Uit de onderstaande analyse blijkt dat een dergelijk risico zeer laag is voor dit type project. Voornamelijk wanneer rekening wordt gehouden met de juiste soortenkeuzen, een stabiel bossysteem en goed bosbeheer.

8.1 Klimaatverandering

Als gevolg van klimaatverandering kunnen bossen lijden onder droogte, hogere temperaturen en intensieve neerslag. In paragraaf 2.1 zijn daarom al voorwaarden opgenomen die moeten leiden tot veerkrachtige bossen die beter bestand zijn tegen klimaatextremen en ziekten.

Het risico op windworp kan worden beperkt door het realiseren van stabiele bossystemen. Het creëren van een goede verticale gelaagdheid in het bos, een goede hoogte – diameter verhouding van bomen en het werken met kleinschalige groepenkappen (in tegenstelling tot grootschalige kap) zorgt voor een stabiel bossysteem.

8.2 Organisatorische en financiële risico's

Het risico op organisatorische problemen die leiden tot het verlies van opgeslagen koolstof uit bossen is laag. De bossector in Nederland wordt gekenmerkt door professionalisme; bosbeheerders hebben tenminste een goede basiskennis van duurzaam bosbeheer. Het risico op koolstofverliezen door slecht beheer wordt als laag ingeschat.

Het financiële risico voor de lange termijn vastlegging van CO₂ voor dit projecttype is laag. De hoogste kosten liggen aan het begin van het project bij de projectinterventie. Het financiële risico voor de overige projecttermijn is laag: het beheer van de aanplant maakt onderdeel uit van het reguliere beheer.

Het risico van faillissement of ontbinding van de projecteigenaar is laag. Zelfs als dat toch gebeurt, biedt de Wet Natuurbescherming en de FSC- en PEFC-certificering daarnaast nog aanvullende garantie voor de instandhouding van het bos.

8.3 Gebrekkige uitvoering maatregelen of gebrekkige opvolging na de interventie

Een vakkundige en correcte uitvoering van maatregelen, zoals aanplant en verzorging van bomen, is van groot belang voor een goede vestiging van de geplante soorten en voor een goede toekomstige groei. Daarom wordt in hoofdstuk 2 bij de projectvoorwaarden en projectbeschrijving al aandacht gevraagd voor voldoende wildbescherming, onkruidbeheersing, inboet etc. Ook paragraaf 7.2 'Vaststellen effectiviteit maatregelen en verstoren project' is bedoeld om hier vroegtijdig in het project aandacht aan te besteden. Eventuele verliezen die optreden in de aanplant en verzorgingsfase worden opgevangen door de monitoring van de CO₂ vastlegging in het project. Indien de aanplant en verzorging verkeerd wordt uitgevoerd, zal dit blijken tijdens de monitoringfase. Alleen de werkelijke hoeveelheid vastgelegde CO₂ wordt uitgekeerd als certificaten. Bij een ex-ante uitgifte van certificaten, worden de verliezen verrekend met de buffer. Indien de buffer niet toereikend is, moet toekomstige vastlegging eerst het verlies goedmaken voordat nieuwe certificaten worden uitgekeerd.

8.4 Ontbossing

Het omvormen van bos naar een ander type landgebruik of naar een ander natuurtype met minder biomassa, leidt tot verlies van vastgelegde CO₂. De belangrijkste risico's zijn de omvorming van bos naar infrastructuur, bebouwing of andere natuur met lage begroeiing. De projecteigenaar dient vast te leggen dat afgezien wordt van ontbossing, tenzij sprake is van overmacht. Als omvorming onvermijdelijk is, zal het verlies moeten worden

gecompenseerd met bosaanplant elders en / of met andere CO₂ certificaten van de SNK. Dit kunnen CO₂ certificaten zijn die de project eigenaar nog beschikbaar heeft, of CO₂ certificaten uit andere projecten. Voor het grootste deel van het Nederlandse bos is instandhouding en compensatie van het bos bovendien geborgd door de herplantplicht in het kader van de Wet natuurbescherming.

8.5 Risicobuffer

Alleen wanneer gebruik wordt gemaakt van ex-ante uitgifte (zie paragraaf 7.4) is een risicobuffer van toepassing, in overeenstemming met het Rulebook SNK. Van de ex-ante CO₂ certificaten wordt 15% in een risicobuffer geplaatst. Als na minimaal vijf jaar na de start van de ex-ante periode blijkt dat de CO₂ vastlegging is verlopen conform de aannahme bij ex-ante uitgifte van CO₂ certificaten, worden de CO₂ certificaten in de buffer uitgekeerd aan de project eigenaar.

Annex 1 Overzicht rijkstrooiselsoorten

De introductie van boom- en struiksoorten met goed afbreekbaar strooisel – ofwel rijkstrooiselsoorten – kan arme, verzuurde bosbodems op zand met een lage biodiversiteit op termijn omvormen naar meer rijke gebufferde bosbodems met een hogere biodiversiteit. Hiermee wordt de veerkracht van bossen op zandgronden verbeterd. Rijkstrooiselsoorten dragen bij aan een hoger aandeel van plantopneembare basische kationen (Ca²⁺, K⁺ Mg²⁺ en Na⁺) in de humuslaag en minerale bodem. Ze vormen hiermee de basis van de nutriëntenpomp in een rijk bossysteem. De hogere pH waarden die door het hogere aandeel basische kationen ontstaat, geeft bodemfauna de kans zich verder te ontwikkelen. Zij zorgen voor een goede afbraak en vermenging van het strooisel met de minerale bovengrond. Nutriënten in het rijke strooisel komen hiermee beschikbaar voor plantopname⁴⁰.

In de onderstaande tabel staat een overzicht van rijkstrooiselsoorten die kunnen worden toegepast om de veerkracht van het bos op lange termijn te verbeteren.

Tabel 1

Overzicht boom- en struiksoorten met rijk strooisel

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Inheems
<i>Acer campestre</i>	Veldesdoorn	Ja
<i>Acer platanoides</i>	Noorse esdoorn	Nee
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Gewone esdoorn	Ja
<i>Alnus glutinosa</i>	Zwarte els	Ja
<i>Alnus incana</i>	Grauwe els	Ja
<i>Betula pendula</i>	Ruwe berk	Ja
<i>Betula pubescens</i>	Zachte berk	Ja
<i>Carpinus betulus</i>	Haagbeuk	Ja
<i>Corylus avellana</i>	Hazelaar	Ja
<i>Fraxinus excelsior</i>	Gewone es	Ja
<i>Populus tremula</i>	Ratelpopulier	Ja
Populier spp.	Overige populierensoorten	/
<i>Prunus avium</i>	Zoete kers	Ja
<i>Prunus padus</i>	Vogelkers	Ja
<i>Prunus serotina</i>	Amerikaanse vogelkers	Nee
<i>Rhamnus frangula</i>	Vuilboom	Ja
<i>Salix area</i>	Boswilg	Ja
Salix spp	Overige wilgensoorten	/
<i>Sorbus aucuparia</i>	Gewone lijsterbes	Ja
<i>Tilia cordata</i>	Winterlinde	Ja
<i>Tilia platyphyllos</i>	Zomerlinde	Ja
<i>Ulmus glabra</i>	Ruwe iep	Ja
<i>Ulmus laevis</i>	Fladderiep	Ja
<i>Ulmus minor</i>	Gladde iep	Ja

⁴⁰ Bron: Thomassen, E., S. Wijdeven, M. Boosten, W. Delforterie & B. Nyssen. 2020. Revitalisering Nederlandse bossen. *Ede, Unie van Bosgroepen, Staatsbosbeheer & Probos*.

Annex 2 Droogtetolerantie boomsoorten

Tabel 1

Overzicht droogtetolerantie van de in het Nederlandse bos meest voorkomende boomsoorten. Voor een uitgebreider overzicht van de droogtetolerantie van boomsoorten wordt verwezen naar Niinemets & Valladares, 2006⁴¹

Wetenschappelijke naam	Naam	Inheems	Droogte tolerantie (1: zeer intolerant, 2: intolerant, 3: matig tolerant, 4: tolerant, 5: zeer tolerant) ⁴¹
Abies alba	Gewone zilverspar	Nee	2
Abies grandis	Reuzenzilverspar	Nee	2
Acer platanoides	Noorse esdoorn	Nee	3
Acer pseudoplatanus	Gewone esdorn	Ja	3
Alnus glutinosa	Zwarte els	Ja	2
Alnus incana	Grijze els	Nee	2
Betula pendula	Ruwe berk	Ja	2
Betula pubescens	Zachte berk	Ja	1
Carpinus betulus	Haagbeuk	Ja	3
Castanea sativa	Tamme kastanje	Nee	3
Chamaecyparis lawsoniana	Lawson cipres	Nee	2
Fagus sylvatica	Beuk	Ja	2
Fraxinus excelsior	Es	Ja	3
Larix decidua	Europese lariks	Nee	2
Larix kaempferi	Japanse lariks	Nee	3
Larix x eurolepis	Hybride lariks	Nee	3
Picea abies	Fijnspar	Nee	2
Picea omorika	Servische spar	Nee	3
Picea sitchensis	Sitkaspar	Nee	1
Pinus nigra	Corsicaance/Oostenrijkse den	Nee	4
Pinus pinaster	Zeeden	Nee	4
Pinus sylvestris	Grove den	Ja	4
Populus alba	Witte abeel	Nee	3
Populus nigra	Zwarte populier	Ja	2
Populus tremula	Ratelpopulier	Ja	3
Populus x canadensis	Euramerikaanse populier	Nee	2
Populus x canescens	Grauwe abeel	Nee	2
Prunus avium	Zoete kers	Ja	3
Prunus serotina	Amerikaanse vogelkers	Nee	3
Pseudotsuga menziesii	Douglas	Nee	3
Quercus petraea	Wintereik	Ja	3
Quercus robur	Zomereik	Ja	3
Quercus rubra	Amerikaanse eik	Nee	3
Robinia pseudoacacia	Valse Acacia	Nee	4
Salix alba	Schietwilg	Ja	2
Salix fragilis	Kraakwilg	Ja	1
Sorbus aucuparia	Lijsterbes	Ja	2
Thuja plicata	Reuzenlevensboom	Nee	2

⁴¹ Bron: Niinemets, Ü & F. Valladares. 2006. Tolerance to shade, drought, and waterlogging of temperate Northern Hemisphere trees and shrubs. *Ecological Monographs*. 76:521–547

<i>Tilia cordata</i>	Winterlinde	Ja	3
<i>Tilia platyphyllos</i>	Zomerlinde	Ja	3
<i>Tsuga heterophylla</i>	Westelijke hemlockspar	Nee	1
<i>Ulmus glabra</i>	Ruwe iep	Ja	2
<i>Ulmus laevis</i>	Fladderiep	Ja	1
<i>Ulmus minor</i>	Gladde iep	Ja	3

Annex 3 Notitie: additionaliteit revitalisering essenbossen in relatie tot de herplantplicht

Martijn Boosten & Suzanne Stas, Stichting Probos (maart 2021)

1. Aanleiding

Probos en Face the Future hebben in opdracht van Staatsbosbeheer en Shell een concept-methodedocument opgesteld voor het vaststellen van de CO₂-emissiereductie bij het revitaliseren van door essentaksterfte aangetaste essenbossen in het kader van de Green Deal Nationale Koolstofmarkt (thans: Stichting Nationale Koolstofmarkt, SNK). Het concept methodedocument is op 9 december 2019 besproken in de vergadering van de Commissie Deskundigen (CvD) van de SNK. De CvD heeft tijdens deze vergadering aangegeven dat zij de CO₂-emissiereductie uit projecten waarin aangetaste essenopstanden worden gerevitaliseerd/omgevormd als niet additioneel beschouwt, omdat hiermee invulling wordt gegeven aan de wettelijke herplantplicht van houtopstanden in het kader van de Wet natuurbescherming. Deze wet stelt in artikel 4.3:

“Ingeval een houtopstand geheel of gedeeltelijk is geveld, met uitzondering van het periodiek vellen van vriend- of hakhout, of anderszins teniet is gegaan, draagt de rechthebbende zorg voor het op bosbouwkundig verantwoorde wijze herbepplanten van dezelfde grond binnen drie jaar na het vellen of tenietgaan van de houtopstand.” Dit houdt in dat er een wettelijke verplichting is voor het herplanten van bossen, ook als zij sterven (teniet gaan) als gevolg van een ziekte.

Na overleg tussen de CvD en Staatsbosbeheer in juni 2020 lijkt omvorming van essenopstanden onder bepaalde randvoorwaarden mogelijk toch additionele CO₂-credits te kunnen opleveren, mits duidelijk wordt aangetoond dat hiermee geen invulling wordt gegeven aan een bestaande wettelijke verplichting. Hiervoor is het van belang dat meer inzicht wordt verschaft in de wijze waarop de herplantplicht uit de Wet natuurbescherming voor teniet gegane essenopstanden in de praktijk precies wordt toegepast door het bevoegd gezag (de provincies). Cruciaal hierbij is de vraag wat het bevoegd gezag in de praktijk beschouwd als het teniet gaan van houtopstanden en vanaf wanneer (bijv. minimum percentage kroonbedekking) men de herplantplicht oplegt en handhaaft. Staatsbosbeheer en Shell hebben Probos gevraagd om dit nader te onderzoeken en te onderbouwen.

2. Werkwijze

Probos heeft in het najaar van 2020 interviews gehouden met vertegenwoordigers van provincies (bevoegd gezag voor toepassing en handhaving van de Wet natuurbescherming) en vertegenwoordigers van terreinbeherende organisaties. Hierbij zijn personen geïnterviewd werkzaam in de zeven provincies met het grootste areaal essenbos: Flevoland, Gelderland, Groningen, Limburg, Noord-Brabant, Noord-Holland en Zuid-Holland. Er zijn in totaal zeven beleidsmedewerkers/handhavers geïnterviewd werkzaam bij een provincie ofwel de omgevingsdienst⁴². Daarnaast zijn vijf vertegenwoordigers van terreinbeherende organisaties geïnterviewd die een groot areaal essenbos beheren: Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten, het Flevoland-landschap en het Geldersch Landschap & Kasteelen.

Daarnaast zijn de provinciale Omgevingsverordeningen van de zeven eerder genoemde provincies geraadpleegd. In deze omgevingsverordeningen zijn nadere regels opgenomen over de herplantplicht.

⁴² Een aantal provincies heeft de handhaving van de herplantplicht uit de Wet Natuurbescherming uitbesteed aan deze diensten.

Tot slot is Fred Kistenkas, senior onderzoeker omgevingsrecht bij Wageningen Universiteit en Research, geraadpleegd met de vraag of er jurisprudentie bekend is omtrent de herplantplicht bij calamiteiten (zoals ziekten of storm) in bosgebieden en welke inzichten deze jurisprudentie mogelijk biedt voor herplantplicht bij teniet gegane essenopstanden.

3. Resultaten

Uit de interviews en de provinciale verordeningen blijkt dat er geen eensluidende richtlijnen zijn voor het bepalen van het tenietgaan van essenopstanden en de wijze en termijn waarop de herplant dient te worden uitgevoerd. De provinciale verordeningen verschillen in mate van detail en de accenten die worden gelegd, bijvoorbeeld in de wijze waarop een 'bosbouwkundig verantwoorde' herplant wordt beschreven. Ook zijn er verschillen in de interpretatie van de herplantplicht tussen de geïnterviewden. Waar bijvoorbeeld de ene provinciale handhaver stelt minder snel geneigd te zijn tot het opleggen van een herplantplicht bij natuurlijke sterfte, zijn andere provincies wel van mening dat de herplantplicht altijd moet worden opgelegd bij natuurlijke sterfte.

De belangrijkste conclusies uit de interviews worden hier opgesomd.

- A. Het merendeel van de provincies en terreinbeheerders beschouwt een essenopstand als tenietgegaan als de kroondekking zakt onder de 60% door zowel kap als natuurlijke sterfte. Ook niet vitale bomen die op korte termijn dood dreigen te gaan worden over het algemeen als tenietgegaan beschouwd. Enkele geïnterviewden hanteren een lagere kroonbedekking als ondergrens en enkele geïnterviewden kijken niet naar de kroonbedekking, maar de omvang van de kap/sterfte in relatie tot het resterende bos.
- B. Niet alle natuurlijk gestorven essenbos wordt ook bij de provincie gemeld als tenietgegaan. Dit gebeurt deels omdat men zich niet altijd bewust is van de herplantplicht voor deze situaties. Er is nauwelijks actieve monitoring door de provincies of natuurlijk gestorven essenbos ook wordt gemeld als tenietgegaan en of er dus wordt voldaan aan de herplantplicht.
- C. Het merendeel van de geïnterviewden zegt struiken (deels) mee te tellen bij bepalen van de kroonbedekking. Er worden geen exacte richtlijnen gegeven voor het aandeel struiken dat mag meetellen.
- D. De termijn waarop de herplant dient plaats te vinden is maximaal zes jaar na de kap of het teniet gaan van de opstand. Dit is de wettelijke van drie jaar plus een uitstel van nog eens drie jaar. De geïnterviewden geven aan dat uitstel doorgaans verleend wordt als dit wordt aangevraagd. Hierbij geldt meestal een uitsteltermijn van drie jaar, enkele geïnterviewden geven aan dat langer uitstel soms ook mogelijk is.
- E. De herplant dient bosbouwkundig verantwoord te worden uitgevoerd. Dit betekent doorgaans dat:
 - a. De oppervlakte van de herplant ten minste even groot is als de gekapte of anderszins tenietgegane oppervlakte;
 - b. De nieuwe houtopstand binnen een periode van 10 jaar een gesloten kronendak kan vormen;
 - c. De herplant kwalitatief en kwantitatief in een redelijke verhouding staat tot de gevelde of anderszins tenietgegane houtopstand en op termijn tenminste vergelijkbare ecologische en landschappelijke waarden kan vertegenwoordigen.

Voor zover bekend bij Fred Kistenkas is er geen jurisprudentie over herplantplicht bij door essentaksterfte te niet gegane essenopstanden of andere door calamiteiten (ziekten, storm, brand, plagen) te niet gegane houtopstanden. Daarnaast geeft Fred Kistenkas aan dat de bepalingen omtrent houtopstanden in de Wet natuurbescherming louter en alleen zijn bedoeld om het bosareaal in stand te houden en Rijk en provincies de

regels voor herplant ook niet kunnen aanscherpen met oog op verhogen van de CO₂-vastlegging in het kader van het klimaatbeleid.

4. Additionaliteit CO₂-credits in relatie tot de herplantplicht

Op basis van de bovenstaande uitkomsten wordt voorgesteld om bij het bepalen van de CO₂-emissiereductie bij het revitaliseren van door essentaksterfte aangetaste essenbossen ten aanzien van de herplantplicht te volgende uitgangspunten te hanteren:

1. De CO₂-emissiereductie wordt beschouwd als additioneel als herplant- of andere verjongingsmaatregelen in een door essentaksterfte aangetast essenbos leiden tot een versnelde dan wel hogere CO₂ vastlegging dan herplant- of andere verjongingsmaatregelen die het gevolg zijn van de wettelijk herplantplicht voor houtopstanden die geldt in het kader van de Wet natuurbescherming.
2. De herplantplicht wordt als volgt bepaald:
 - a. De herplantplicht geldt als de kroondekking van de essenopstand onder de 60% zakt door kap of natuurlijke sterfte (ook als de bomen op korte termijn dood dreigen te gaan).
 - b. Struik mag worden meegeteld voor het bepalen van de kroonbedekking tot een maximum van 25% van de gehele oppervlakte.
 - c. De herplant oppervlakte is gelijk aan de tenietgegane oppervlakte en leidt minimaal tot een vergelijkbare kwaliteit houtopstand als de teniet gegane opstand.
 - d. De herplant (al dan niet via natuurlijke verjonging) moet binnen maximaal 6 jaar uitgevoerd zijn.
 - e. De herplant moet binnen 10 jaar na het uitvoeren van de maatregelen tot een gesloten kronendak leiden op de delen die zijn herplant met als uiteindelijke doel dat de totale opstand weer een kroonbedekking krijgt van minimaal 60%.
3. In het baselinescenario wordt er vanuit gegaan dat een boseigenaar de bovengenoemde herplantplicht door het gebrek aan financiële middelen zo minimaal mogelijk invult.

Annex 4 Voorbeeldberekeningen baseline- en projectscenario's

Ter illustratie is voor twee scenario's de baseline en het project ex-ante berekend op basis van een standaardrekenmodel. In dit rekenmodel wordt de koolstofvoorraad berekend volgens de formules uit hoofdstuk 6 op basis van de volgende bronnen:

- Actuele groei- en opbrengstcijfers op basis van de meest actuele opbrengsttabellen van Nederlandse boomsoorten⁴³;
- Standaardconversiefactoren om het spilhoutvolume om te rekenen naar koolstofvoorraad in de boven- en ondergrondse boombiomassa (zie hoofdstuk 6);
- De hoeveelheid hout die vrij komt uit dunningen en kap op basis van de opbrengsttabellen.

Baseline- en projectscenario 1

Baselinescenario 1

Grotendeels niet vitale (maar niet op korte termijn dode) essenopstand op kleigrond van 50 jaar oud met 80% kroonbedekking (waarvan een kwart struik, d.w.z. 20% van het perceel wordt bedekt met struiken). Dus) waarin geen ingrepen plaatsvinden behalve als dit noodzakelijk is om aan de herplantplicht te voldoen.

In dit baselinescenario worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Er geldt op dit moment geen herplantplicht, want de kroonbedekking (incl struik is) > 60%
De struiken mogen voor maximaal 25% meetellen bij het bepalen van de kroonbedekking t.a.v. de herplantplicht.
- De opstand bestaat op dit moment voor 60% uit essen van 50 jaar oud en voor 20% uit breed uitgegroeide hazelaarstruiken
- De aanwezige essen hebben een groeireductie opgelopen van gemiddeld 35%⁴⁴ gedurende de laatste 8 jaar⁴⁵. Ook voor de toekomstige groei wordt voor de essen een groeireductie van 35% aangehouden t.o.v. de groei in de opbrengsttabellen.
- 95% van de aanwezige essen zal op termijn sterven als gevolg van de essentaksterfte.
- Indien door de sterfte van es de kroonbedekking lager wordt dan 60%, wordt er bijgeplant. Hierbij wordt zoveel bijgeplant dat er in 10 jaar tijd weer 60% kroonbedekking wordt bereikt. De aanplant wordt uitgevoerd 6 jaar na het tenietgaan van de essen (= max termijn). Er wordt uitgegaan van aanplant van populier (plantverband 6x 6 m), aangezien dit de goedkoopste optie is.
- De verwachte spontane verjonging zonder ingrijpen is naar verwachting zeer laag, omdat op deze kleibodems sterke verruigging optreedt waardoor verjonging van bomen sterk wordt gehinderd. Daarnaast heeft ook de aanwezigheid van wild (reeën) een remmend effect op de verjonging.
Bij de spontane verjonging wordt gerekend met de volgende soortensamenstelling:
 - Boomvormers: es (15%), esdoorn (10%) berk (10%),
 - Struiken en kleinere boomvormers (vlier, lijsterbes, veldesdoorn): 65%.
- Voor de spontane verjonging van es wordt uitgegaan van een gemiddelde groeireductie van 90% als gevolg van verminderde vitaliteit als gevolg van essentaksterfte. Met het hanteren van een gemiddelde

⁴³ Jansen, H., A. Oosterbaan (Red.). 2018. *Opbrengsttabellen Nederland 2018*. Wageningen, Wageningen Academic Publishers. Wanneer er van boomsoorten geen data voorhanden zijn, wordt er gebruik gemaakt van buitenlandse literatuur of een expertinschatting van de groei.

⁴⁴ De groeireductie is gebaseerd op de gemiddeld afname in bijgroei bij essen in Groningen zoals gemeten door: Loo, T. te, B. Luiken, R. Oskam, W. Wassink. 2016. Essentaksterfte in Groningen. Onderzoek naar de invloed van essentaksterfte op de productiedoelstellingen van Staatsbosbeheer. Velp, Hogeschool VHL.

⁴⁵ De eerste waarneming van de ziekte stamt uit 2009. De inschatting is dat de ziekte sinds 2012 op grote(re) schaal voorkomt in Flevoland.

groei-reductie wordt ook gecorrigeerd voor toekomstige sterfte van een aanzienlijk deel van de essenverjonging.

- Groei en dunning bomen verloopt volgens opbrengsttabellen.

De ontwikkeling voor de komende 100 jaar wordt als volgt ingeschat:

- Jaar 10:
 - Als gevolg van essentaksterfte daalt het percentage es naar 40% kroonbedekking.
 - Er is geen spontane verjonging van andere soorten (te weinig licht op de bodem).
 - De hazelaars hebben een kroonbedekking van 20%.
 - De totale kroonbedekking incl. struik is 60%
- Jaar 20:
 - Als gevolg van essentaksterfte daalt het percentage es naar: 20% kroonbedekking.
 - Door het extra beschikbare licht, is er spontane verjonging op 5% van de oppervlakte.
 - De hazelaars profiteren van het extra licht en breiden uit naar 25% kroonbedekking.
 - De totale kroonbedekking incl. struik is 50%.
 - Na 6 jaar (jaar 26) wordt er op 5% van de oppervlakte populier aangeplant om aan de herplantplicht te voldoen. De verwachting is dat deze populieren binnen 10 jaar 10% kroonbedekking realiseren.
- Jaar 30:
 - Als gevolg van essentaksterfte daalt het percentage es naar 10% kroonbedekking.
 - Door het extra beschikbare licht, is er spontane verjonging op nog eens 5% van de oppervlakte. De oppervlakte spontane verjonging is daarmee 10%.
 - De kroonbedekking van de hazelaar die mee mag tellen voor de herplantplicht is: 25%
 - De kroonbedekking van de populier die meetelt voor de herplantplicht is: 10%.⁴⁶
 - De totale kroonbedekking die meetelt voor de herplantplicht is daarmee 55%.
 - Na 6 jaar (jaar 36) wordt er op 5%⁴⁷ van de oppervlakte populier aangeplant om aan de herplantplicht te voldoen. De verwachting is dat deze populieren binnen 10 jaar 10% kroonbedekking realiseren.
- Jaar 40:
 - Als gevolg van essentaksterfte daalt het percentage es naar 3% kroonbedekking.
 - Door het extra beschikbare licht, is er spontane verjonging op nog eens 5% van de oppervlakte. De oppervlakte spontane verjonging is daarmee 15%.
 - De kroonbedekking van de hazelaar die mee mag tellen voor de herplantplicht is: 25%
 - De kroonbedekking van de populier die meetelt voor de herplantplicht is: 20%.⁴⁸
 - De totale kroonbedekking die meetelt voor de herplantplicht is daarmee: 63%.
- Jaar 50:
 - Kroonbedekking es: 3%
 - Door het extra beschikbare licht, is er spontane verjonging op nog eens 5% van de oppervlakte. De oppervlakte spontane verjonging is daarmee 20%.
 - De kroonbedekking van de hazelaar die mee mag tellen voor de herplantplicht is: 25%
 - De kroonbedekking van de populier die meetelt voor de herplantplicht is: 20%.⁴⁹
 - De totale kroonbedekking die meetelt voor de herplantplicht is daarmee: 68%.
- Jaar 60:
 - Kroonbedekking es: 3%
 - Door het extra beschikbare licht, is er spontane verjonging op nog eens 5% van de oppervlakte. De oppervlakte spontane verjonging is daarmee 25%.
 - De kroonbedekking van de hazelaar die mee mag tellen voor de herplantplicht is: 25%

⁴⁶ Deels is deze kroonbedekking nog niet gerealiseerd, maar wel in gang gezet met de aanplant 4 jaar geleden.

⁴⁷ Er wordt hier een iets hoger aantal populieren geplant dan nodig is voor de herplantplicht om hiermee te anticiperen op toekomstige sterfte van de essen en dus een verwachte toekomstige herplantplicht.

⁴⁸ Deels is deze kroonbedekking nog niet gerealiseerd, maar wel in gang gezet met de aanplant 4 jaar geleden.

⁴⁹ Deels is deze kroonbedekking nog niet gerealiseerd, maar wel in gang gezet met de aanplant 4 jaar geleden.

- De kroonbedekking van de populier is 20%.
- De totale kroonbedekking die meetelt voor de herplantplicht is daarmee: 73%.
- Jaar 70 t/m 100:
 - Geen extra spontane verjonging
 - Groei en dunning bomen verloopt volgens opbrengsttabellen. Bij de populieren vindt geen eindkap plaats.

Tabel 1

Ontwikkeling CO₂-voorraad (ton CO₂/ha) in baselinescenario 1.

Jaar	Staande Essen & hazelaars	Spontane verjonging	Aanplant (Populier)	Totaal (tCO ₂ /ha)
Jaar 0	349	-	-	349
Jaar 5	371	-	-	371
Jaar 10	266	-	-	266
Jaar 15	279	-	-	279
Jaar 20	157	-	-	157
Jaar 25	163	1	-	163
Jaar 30	93	2	0	95
Jaar 35	96	3	3	103
Jaar 40	42	6	9	57
Jaar 45	42	8	18	68
Jaar 50	42	11	29	81
Jaar 55	42	13	27	81
Jaar 60	42	16	35	92
Jaar 65	42	19	29	90
Jaar 70	42	22	34	98
Jaar 75	42	25	37	103
Jaar 80	42	27	39	108
Jaar 85	42	29	39	110
Jaar 90	42	31	39	111
Jaar 95	42	32	39	113
Jaar 100	42	34	39	115

Projectscenario 1

Onderplanten van kloempen gemengd loofhout in een grotendeels niet vitale (maar niet op korte termijn dode) essenopstand op kleigrond van 50 jaar oud met 80% kroonbedekking (waarvan 20% struik).

In dit projectscenario worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Er geldt op dit moment geen herplantplicht, want de kroonbedekking (incl struik is) > 60%)
De bedekking van struiken mag tot 25% van de oppervlakte meetellen bij het bepalen van de kroonbedekking t.a.v. de herplantplicht.
- Om de opstand te revitaliseren wordt gemengd loofhout aangeplant:
 - esdoorn (50%) in plantverband 1,5 x 1,5 m
 - beuk (40%) in plantverband 1,5 x 1,5 m
 - populier (10%) in plantverband 6 x 6 m
- De opstand bestaat op dit moment voor 60% uit essen van 50 jaar oud en voor 20% uit breed uitgegroeide hazelaarstruiken

- De aanwezige essen hebben een groeireductie opgelopen van gemiddeld 35%⁵⁰ gedurende de laatste 8 jaar⁵¹. Ook voor de toekomstige groei wordt voor de essen een groeireductie van 35% aangehouden t.o.v. de groei in de opbrengstabellen.
- 95% van de aanwezige essen zal op termijn sterven als gevolg van de essentaksterfte.
- Groei en dunning bomen verloopt volgens opbrengstabellen.

De ontwikkeling voor de komende 100 jaar wordt als volgt ingeschat:

- Jaar 0:
 - Het grootste deel van de essen wordt gekapt om het hout te verwaarden en om plek te maken voor de aanplant. De meest vitale essen worden gespaard. De hazelaars worden afgezet om plek te maken voor aanplant. Hiermee wordt de kroonbedekking:
 - van es teruggebracht naar 5%; en
 - van hazelaar teruggebracht naar 0%.
 - Op 75% van de oppervlakte wordt esdoorn (50%), beuk (40%) en populier (10%) aangeplant
 - De totale kroonbedekking (incl. struik) is 80%
- Jaar 10:
 - Als gevolg van essentaksterfte daalt het percentage es naar 4% kroonbedekking⁵².
 - Er is geen spontane verjonging van andere soorten (te weinig licht op de bodem).
 - De hazelaars zijn opnieuw uitgelopen en hebben een kroonbedekking van 10%.
 - De aanplant uit jaar 0 beslaat 75% van de oppervlakte
 - De totale kroonbedekking (incl. struik) is 89%
- Jaar 20:
 - Als gevolg van essentaksterfte daalt het percentage es naar: 3% kroonbedekking.
 - Er is geen spontane verjonging van andere soorten (te weinig licht op de bodem).
 - De hazelaars breiden hun kroonbedekking uit naar 20%.
 - De aanplant uit jaar 0 beslaat 75% van de oppervlakte
 - De totale kroonbedekking (incl. struik) is 98%
- Jaar 30 t/m 100:
 - Geen veranderingen in het aandeel es en hazelaar.
 - Geen spontane verjonging
 - Groei en dunning bomen verloopt volgens opbrengstabellen

Tabel 2

Ontwikkeling CO₂-voorraad (ton CO₂/ha) in projectscenario 1.

Jaar	Staande Essen & hazelaars	Spontane verjonging	Aanplant (gemengd)	Totaal (tCO ₂ /ha)
Jaar 0	28	-	-	28
Jaar 5	30	-	3	33
Jaar 10	32	-	52	85
Jaar 15	34	-	118	151
Jaar 20	35	-	186	221
Jaar 25	36	-	242	278
Jaar 30	37	-	279	315

⁵⁰ De groeireductie is gebaseerd op de gemiddeld afname in bijgroei bij essen in Groningen zoals gemeten door: Loo, T. te, B. Luiken, R. Oskam, W. Wassink. 2016. Essentaksterfte in Groningen. Onderzoek naar de invloed van essentaksterfte op de productiedoelstellingen van Staatsbosbeheer. Velp, Hogeschool VHL.

⁵¹ De eerste waarneming van de ziekte stamt uit 2009. De inschatting is dat de ziekte sinds 2012 op grote(re) schaal voorkomt in Flevoland.

⁵² Net als in het baselinescenario daalt het percentage es met 20%.

Jaar 35	38	-	331	369
Jaar 40	38	-	382	420
Jaar 45	38	-	430	469
Jaar 50	38	-	474	513
Jaar 55	38	-	504	543
Jaar 60	38	-	532	570
Jaar 65	38	-	558	596
Jaar 70	38	-	582	621
Jaar 75	38	-	604	642
Jaar 80	38	-	648	687
Jaar 85	38	-	657	696
Jaar 90	38	-	665	704
Jaar 95	38	-	673	711
Jaar 100	38	-	680	718

Netto vastlegging scenario 1

Tabel 3

Ontwikkeling additionele CO₂-vastlegging (ton CO₂/ha) in projectscenario 1 t.o.v. baselinescenario 1.

Jaar	Staande Essen & hazelaars	Spontane verjonging	Aanplant	Totaal (tCO ₂ /ha)
Jaar 0	-321	-	-	-321
Jaar 5	-341	-	3	-338
Jaar 10	-234	-	52	-181
Jaar 15	-246	-	118	-128
Jaar 20	-122	-	186	64
Jaar 25	-127	-1	242	114
Jaar 30	-56	-2	278	220
Jaar 35	-58	-3	328	266
Jaar 40	-4	-6	372	363
Jaar 45	-4	-8	412	401
Jaar 50	-4	-11	446	432
Jaar 55	-4	-13	478	461
Jaar 60	-4	-16	497	478
Jaar 65	-4	-19	529	507
Jaar 70	-4	-22	548	522
Jaar 75	-4	-25	567	539
Jaar 80	-4	-27	609	579
Jaar 85	-4	-29	618	586
Jaar 90	-4	-31	627	592
Jaar 95	-4	-32	634	598
Jaar 100	-4	-34	641	603

Baseline- en projectscenario 2

Baselinescenario 2

Grotendeels (bijna) dode essenopstand op kleigrond van 50 jaar oud met 80% kroonbedekking waarvan alle dode en bijna dode essen worden gekapt.

In dit baselinescenario worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Er geldt een herplantplicht, omdat de opstand teniet is gegaan
- De herplantplicht wordt zo minimaal mogelijk ingevuld door gebrek aan financiële middelen. Hierbij wordt zoveel bijgeplant dat er in 10 jaar tijd weer 60% kroonbedekking wordt bereikt. De aanplant wordt uitgevoerd 6 jaar na het tenietgaan van de essen (= max termijn). Er wordt uitgegaan van aanplant van populier (plantverband 6x 6 m), aangezien dit de goedkoopste optie is.
- De opstand bestaat op dit moment voor 80% uit essen van 50 jaar oud
- 95% van de essen wordt gekapt, 5 % van de essen is vitaal genoeg om te laten staan.
- De aanwezige essen hebben een groeireductie opgelopen van gemiddeld 45%⁵³ gedurende de laatste 8 jaar⁵⁴. Voor de toekomstige groei wordt voor de essen een groeireductie van 35% aangehouden t.o.v. de groei in de opbrengsttabellen.
- De verwachte spontane verjonging is naar verwachting zeer laag, omdat op deze kleibodems sterke verruigging optreedt waardoor verjonging van bomen sterk wordt gehinderd. Daarnaast heeft ook de aanwezigheid van wild (reeën) een remmend effect op de verjonging.
Bij de spontane verjonging wordt gerekend met de volgende soortensamenstelling:
 - Boomvormers: es (15%), esdoorn (10%) berk (10%),
 - Struiken en kleinere boomvormers (vlier, lijsterbes, veldesdoorn): 65%.
- Voor de spontane verjonging van es wordt uitgegaan van een gemiddelde groeireductie van 90% als gevolg van verminderde vitaliteit als gevolg van essentaksterfte. Met het hanteren van een gemiddelde groeireductie wordt ook gecorrigeerd voor toekomstige sterfte van een aanzienlijk deel van de essenverjonging.
- Groei en dunning bomen verloopt volgens opbrengsttabellen.

De ontwikkeling voor de komende 100 jaar wordt als volgt ingeschat:

- Jaar 0:
 - De (bijna) dode essen worden gekapt en afgevoerd om het hout te verwaarden en met het oog op veiligheid. 5% vitale essen blijft staan. De kroonbedekking van es is daarmee: 4%
 - Na 6 jaar wordt op 28% van de oppervlakte populier aangeplant om aan de herplantplicht te voldoen. De verwachting is dat deze populieren binnen 10 jaar 56% kroonbedekking realiseren.
 - De totale kroonbedekking die meetelt voor de herplantplicht is daarmee: 60%
- Jaar 10:
 - De kroonbedekking van es is 4%
 - Er is voldoende licht voor spontane verjonging op 5% van de oppervlakte.
 - De kroonbedekking van de populier die meetelt voor de herplantplicht is: 56%.⁵⁵
 - De totale kroonbedekking die meetelt voor de herplantplicht is daarmee: 65%
- Jaar 20:
 - De kroonbedekking van es is 4%

⁵³ Aangezien een groot deel van de essen (bijna) dood is, is voor de groeireductie is een hogere reductie aangehouden dan de gemiddelde groeireductie uit: Loo, T. te, B. Luiken, R. Oskam, W. Wassink. 2016. Essentaksterfte in Groningen. Onderzoek naar de invloed van essentaksterfte op de productiedoelstellingen van Staatsbosbeheer. Velp, Hogeschool VHL.

⁵⁴ De eerste waarneming van de ziekte stamt uit 2009. De inschatting is dat de ziekte sinds 2012 op grote(re) schaal voorkomt in Flevoland.

⁵⁵ Deels is deze kroonbedekking nog niet gerealiseerd, maar wel in gang gezet met de aanplant 4 jaar geleden.

- Er is voldoende licht voor spontane verjonging op 5% van de oppervlakte. De oppervlakte spontane verjonging is daarmee 10%.
- De kroonbedekking van populier is 56%.
- De totale kroonbedekking is 70%.
- Jaar 30 t/m 100:
 - Geen extra spontane verjonging
 - Groei en dunning bomen verloopt volgens opbrengsttabellen.

Tabel 4

Ontwikkeling CO₂-voorraad (ton CO₂/ha) in baselinescenario 2.

Jaar	Staande Essen	Spontane verjonging	Aanplant (Populier)	Totaal (tCO ₂ /ha)
Jaar 0	22	-	-	22
Jaar 5	24	-	-	24
Jaar 10	25	-	1	26
Jaar 15	27	-	19	45
Jaar 20	28	-	50	78
Jaar 25	29	1	83	112
Jaar 30	30	2	111	143
Jaar 35	31	3	66	101
Jaar 40	32	4	83	119
Jaar 45	32	4	97	133
Jaar 50	32	5	108	146
Jaar 55	32	5	108	146
Jaar 60	32	6	108	147
Jaar 65	32	6	108	147
Jaar 70	32	6	108	147
Jaar 75	32	7	108	148
Jaar 80	32	7	108	148
Jaar 85	32	7	108	148
Jaar 90	32	7	108	148
Jaar 95	32	8	108	149
Jaar 100	32	8	108	149

Projectscenario 2

Herplanten met duurzaam loofhout van een (bijna) dode essenopstand op kleigrond van 50 jaar oud met 80% kroonbedekking waarvan alle dode en bijna dode essen worden gekapt.

In dit baselinescenario worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Er geldt een herplantplicht, omdat de opstand teniet is gegaan
- De opstand bestaat op dit moment voor 80% uit essen van 50 jaar oud
- 95% van de essen wordt gekapt, 5 % van de essen is vitaal genoeg om te laten staan

- De aanwezige essen hebben een groeireductie opgelopen van gemiddeld 45%⁵⁶ gedurende de laatste 8 jaar⁵⁷. Voor de toekomstige groei wordt voor de essen een groeireductie van 35% aangehouden t.o.v. de groei in de opbrengsttabellen.
- Om de opstand te revitaliseren wordt gemengd loofhout aangeplant:
 - esdoorn (50%) in plantverband 1,5 x 1,5 m
 - beuk (40%) in plantverband 1,5 x 1,5 m
 - populier (10%) in plantverband 6 x 6 m
- Er treedt geen spontane verjonging op omdat er door de aanplant te weinig licht is.
- Groei en dunning bomen verloopt volgens opbrengsttabellen.

De ontwikkeling voor de komende 100 jaar wordt als volgt ingeschat:

- Jaar 0:
 - De (bijna) dode essen worden gekapt en afgevoerd. De kroonbedekking van de resterende es is 4%
 - Op 96% van de oppervlakte wordt gemengd loofhout aangeplant: esdoorn (50%), beuk (40%), populier (10%)
- Jaar 10 t/m 100:
 - Geen extra spontane verjonging
 - Groei en dunning bomen verloopt volgens opbrengsttabellen

Tabel 5

Ontwikkeling CO₂-voorraad (ton CO₂/ha) in projectscenario 2.

Jaar	Staande Essen	Spontane verjonging	Aanplant (gemengd)	Totaal (tCO ₂ /ha)
Jaar 0	22	-	-	22
Jaar 5	24	-	4	27
Jaar 10	25	-	67	92
Jaar 15	27	-	150	177
Jaar 20	28	-	238	266
Jaar 25	29	-	309	339
Jaar 30	30	-	357	387
Jaar 35	31	-	424	455
Jaar 40	32	-	488	521
Jaar 45	32	-	551	583
Jaar 50	32	-	607	640
Jaar 55	32	-	645	678
Jaar 60	32	-	681	713
Jaar 65	32	-	714	747
Jaar 70	32	-	745	778
Jaar 75	32	-	773	805
Jaar 80	32	-	830	862

⁵⁶ Aangezien een groot deel van de essen (bijna) dood is, is voor de groeireductie is een hogere reductie aangehouden dan de gemiddelde groeireductie uit: Loo, T. te, B. Luiken, R. Oskam, W. Wassink. 2016. Essentaksterfte in Groningen. Onderzoek naar de invloed van essentaksterfte op de productiedoelstellingen van Staatsbosbeheer. Velp, Hogeschool VHL.

⁵⁷ De eerste waarneming van de ziekte stamt uit 2009. De inschatting is dat de ziekte sinds 2012 op grote(re) schaal voorkomt in Flevoland.

Jaar 85	32	-	841	874
Jaar 90	32	-	852	884
Jaar 95	32	-	861	894
Jaar 100	32	-	870	903

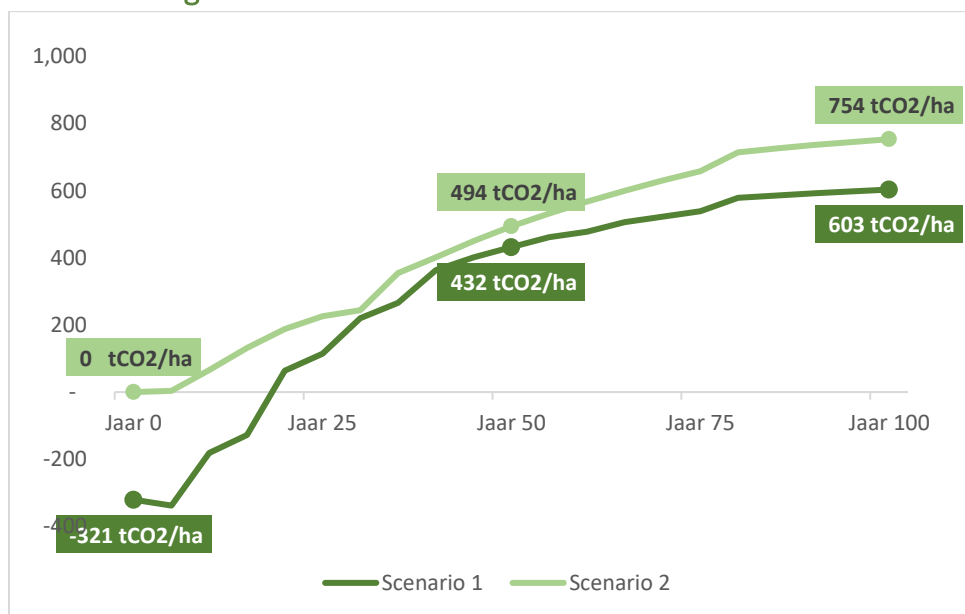
Netto vastlegging scenario 2

Tabel 6

Ontwikkeling additionele CO₂-vastlegging (ton CO₂/ha) in projectscenario 2 t.o.v. baselinescenario 2.

Jaar	Staande Essen & hazelaars	Spontane verjonging	Aanplant	Totaal (tCO ₂ /ha)
Jaar 0	-	-	-	-
Jaar 5	-	-	4	4
Jaar 10	-	-	66	66
Jaar 15	-	-	132	132
Jaar 20	-	-	188	188
Jaar 25	-	-1	227	226
Jaar 30	-	-2	246	244
Jaar 35	-	-3	357	354
Jaar 40	-	-4	406	402
Jaar 45	-	-4	454	450
Jaar 50	-	-5	499	494
Jaar 55	-	-5	537	532
Jaar 60	-	-6	572	567
Jaar 65	-	-6	606	600
Jaar 70	-	-6	637	630
Jaar 75	-	-7	664	658
Jaar 80	-	-7	721	714
Jaar 85	-	-7	733	726
Jaar 90	-	-7	743	736
Jaar 95	-	-8	753	745
Jaar 100	-	-8	762	754

Samenvatting resultaten scenario's



Figuur 1

Ontwikkeling additionele CO₂-vastlegging (ton CO₂/ha) in scenario 1 en scenario 2.

Tabel 7

Additionele CO₂ vastlegging per scenario .

Scenario	Additionele CO ₂ vastlegging (ton CO ₂ /ha) na 100 jaar	Gemiddelde additionele CO ₂ -vastlegging (ton CO ₂ /ha/jaar)
Projectscenario 1 in vergelijking met Baselinescenario 1	603 tCO ₂ /ha	6,0 tCO ₂ /ha/jr
Projectscenario 2 in vergelijking met Baselinescenario 2	754 tCO ₂ /ha	7,5 tCO ₂ /ha/jr