



FACE  
THE  
FUTURE

---

# Optimalisatie van CO<sub>2</sub>-vastlegging in door essentaksterfte aangetaste bossen

Resultaten van modelberekeningen voor verschillende  
omvormingsscenario's

---



---

Martijn Boosten<sup>1</sup> en Kars Riemer<sup>2</sup>

---

Wageningen, maart 2018





---

# Optimalisatie van CO<sub>2</sub>-vastlegging in door essentaksterfte aangetaste bossen

Resultaten van modelberekeningen voor verschillende  
omvormingsscenario's

---

---

Martijn Boosten<sup>1</sup> en Kars Riemer<sup>2</sup>

---

Wageningen, maart 2018



# Colofon

© Stichting Probos, Wageningen, maart 2018

**Auteurs:** Martijn Boosten<sup>1</sup> en Kars Riemer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Stichting Probos

<sup>2</sup> Face the Future

**Titel:** Optimalisatie van CO<sub>2</sub>-vastlegging in door essentaksterfte aangetaste bossen  
Resultaten van modelberekeningen voor verschillende omvormingsscenario's

**Uitgever:** Stichting Probos  
Postbus 253, 6700 AG Wageningen  
tel. 0317-46 65 55  
[mail@probos.nl](mailto:mail@probos.nl)  
[www.probos.nl](http://www.probos.nl)

In samenwerking met:  
Face the Future  
Hollandseweg 7g, 6706 KN Wageningen  
tel. 030- 310 10 44  
[www.facethefuture.com](http://www.facethefuture.com)

**Opdrachtgever(s):**  
Staatsbosbeheer  
  
Greenchoice



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

Foto omslag: Staatsbosbeheer



# Inhoudsopgave

<b>1 Inleiding</b>	<b>7</b>
1.1 Aanleiding	7
1.2 Doel	7
1.3 Aanpak en leeswijzer	7
1.4 Leeswijzer	7
<b>2 Beschrijving casussen en scenario's</b>	<b>9</b>
2.1 Casussen	9
2.2 Scenario's	9
2.2.1 Beschrijving scenario's voor casus 1	9
2.2.2 Beschrijving scenario's voor casus 2	11
2.2.3 Beschrijving scenario's voor casus 3	13
<b>3 Methode en resultaten CO<sub>2</sub>-berekening</b>	<b>15</b>
3.1 Methode CO <sub>2</sub> -berekening	15
3.1.1 Berekening CO <sub>2</sub> -voorraad bos	15
3.1.2 Berekening CO <sub>2</sub> -vastlegging in houtproducten en substitutie-effect	16
3.2 Resultaten CO <sub>2</sub> -berekening	18
3.2.1 CO <sub>2</sub> -vastlegging casus 1	18
3.2.2 CO <sub>2</sub> -vastlegging casus 2	18
3.2.3 CO <sub>2</sub> -vastlegging casus 3	19
<b>4 Vergelijking scenario's</b>	<b>21</b>
<b>Bronnen</b>	<b>25</b>
Literatuur	25
Overige bronnen	25
<b>Bijlage I Gedetailleerd overzicht resultaten CO<sub>2</sub>-berekening</b>	<b>27</b>





# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Staatsbosbeheer staat de komende jaren voor de opgave duizenden hectaren door essentaksterfte aangetaste bossen gezond te maken. Hierbij zal het aangetaste bos verjongd worden met andere boomsoorten (omvorming). De kosten hiervan zijn echter aanzienlijk. Greenchoice is geïnteresseerd in cofinanciering van omvormings- en verjongingsmaatregelen in door essentaksterfte aangetaste bossen, mits deze maatregelen ook meerwaarde bieden voor klimaatmitigatie. Staatsbosbeheer wil samen met Greenchoice verkennen wat 'klimaatSlimme' opties zijn voor de omvorming en verjonging van door essentaksterfte aangetaste bossen. Zij hebben Probos en Face the Future gevraagd om opties uit te werken en te berekenen wat de effecten zijn van maatregelen op de CO<sub>2</sub>-vastlegging, welke investeringen dit met zich meebrengt en wat de consequenties zijn voor de andere bosfuncties.

## 1.2 Doel

Het doel van dit project is het beantwoorden van de volgende onderzoeksvraag; welke ingrepen kunnen worden genomen om CO<sub>2</sub>-vastlegging in door essentaksterfte aangetaste bossen te optimaliseren, welke investeringen vergen ze en welke meerwaarde geeft het?

## 1.3 Aanpak en leeswijzer

Het project bestaat uit de volgende onderdelen:

- Keuze casussen  
Er zijn drie essenopstanden in de Flevopolder gekozen die dienen als casus voor de berekening en analyse.
- Keuze scenario's  
Er zijn drie scenario's geselecteerd voor de omvorming en verjonging van de bovengenoemde casussen.
- Berekening CO<sub>2</sub>-vastlegging  
Voor elke casus is vervolgens berekend:
  - Wat is de CO<sub>2</sub>-voorraad in het bos voor de omvorming?
  - Welke CO<sub>2</sub>-vastlegging na 50 jaar wordt gerealiseerd met de uitvoering van scenario 1, 2 en 3.
- Vergelijking scenario's op CO<sub>2</sub>-winst, kosten, productiewaarde en natuurwaarde  
Tot slot zijn de scenario's onderling vergeleken. Daarvoor is niet alleen het verschil in CO<sub>2</sub>-winst tussen de scenario's bepaald, maar is tevens per scenario een globale indicatie gegeven van de omvormingskosten, de te verwachten productiewaarde en de natuurwaarde.

## 1.4 Leeswijzer

De geselecteerde cases en scenario's met de daarbij gehanteerde uitgangspunten en aannames worden beschreven in hoofdstuk 2. De gehanteerde rekenmethode en de resultaten van de CO<sub>2</sub>-berekeningen worden behandeld in hoofdstuk 3. Tot slot worden in hoofdstuk 4

de scenario's onderling vergeleken met het oog op CO<sub>2</sub>-winst, kosten, productiewaarde en natuurwaarde.

## 2 Beschrijving casussen en scenario's

### 2.1 Casussen

In overleg met Staatsbosbeheer zijn drie bestaande essenopstanden in het Horsterwold (Flevopolder) geselecteerd die dienen als casus voor de berekeningen. De casussen zijn geselecteerd op basis van een veldbezoek op 8 november 2017 aan het Horsterwold. Het veldbezoek diende tevens om meer informatie te vergaren over de staat van de essenbossen. Uiteindelijk zijn de volgende drie praktijkvoorbeelden geselecteerd, waarbij is getracht voorbeelden te nemen die representatief zijn voor een groot deel van de essenbossen in de Flevopolder:

1. Een zwaar aangetaste monocultuur es (Vak 309 A2, kiemjaar 1972);
2. Een zwaar aangetaste monocultuur es met veel ondergroei van hazelaar (Vak 308 C, kiemjaar 1972);
3. Een licht aangetaste essenopstand gemengd met beuk (Vak 303 C6, kiemjaar 1990). De mengverhouding is geschat op 70% es en 30% beuk.

### 2.2 Scenario's

Door middel van (telefoon)gesprekken met de beheerder van het Horsterwold en twee bosadviseurs van Staatsbosbeheer is informatie vergaard over de huidige aanpak van Staatsbosbeheer in door essentaksterfte aangetaste bossen. Wat zijn de verjongings- en omvormingsopties? Welke knelpunten en praktische aandachtspunten kom je tegen in de praktijk bij het herplanten van essenvakken of het gebruik maken van natuurlijke verjonging?

Mede op basis van deze informatie is in overleg met Staatsbosbeheer besloten om de volgende drie scenario's uit te werken en door te rekenen:

1. De autonome ontwikkeling (spontane verjonging) na kap van de aangetaste essen;
2. Inplanten met populier na kap van de aangetaste essen;
3. Inplanten met duurzaam loofhout na kap van de aangetaste essen.

Scenario 1 dient als een soort referentiescenario, waarbij wordt gekeken wat er gebeurt als er niet actief wordt aangeplant. Hierbij is geen rekening gehouden met de herplantplicht die in het kader van de Wet natuurbescherming geldt na het vellen van houtopstanden.

De scenario's en de gehanteerde uitgangspunten en aannames worden hieronder puntsgewijs beschreven per casus. Bij het selecteren van de uitgangspunten en aannames (soortkeuze, plantverbanden, mengverhoudingen, kaprotaties etc.) is getracht om zoveel mogelijk aan te sluiten op de aanbevelingen uit de notitie 'Bos op rijke gronden: waar werken we naar toe?' (Staatsbosbeheer, 2017).

#### 2.2.1 Beschrijving scenario's voor casus 1

##### **Casus: zwaar aangetaste monocultuur es (Vak 309 A2, kiemjaar 1972)**

Uitgangspunt is dat 95% van de essen wordt geoogst, omdat ze zijn aangetast. 5% van de essen is vitaal en blijft gespaard. Er is ingeschat dat de essen als gevolg van de essentaksterfte een groeistagnatie van 10% hebben opgelopen in vergelijking met een gezonde essenopstand.

### Scenario 1: Autonome ontwikkeling

Gehanteerde aannames en uitgangspunten:

- 1) De overgebleven essen (ca 5% van het oppervlak) groeien verder volgens de opbrengsttabel (zie hoofdstuk 3) (voor es is gerekend met Boniteit II).
- 2) De volgende spontane verjonging wordt verwacht:
  - a. Jaar 1-4: geen spontane verjonging;
  - b. Jaar 5: op 20% van de oppervlakte vindt spontane vestiging van els (33%), berk (33%) en esdoorn (33%) plaats;
  - c. Jaar 10: op nog eens 20% van de oppervlakte vindt spontane vestiging van els (33%), berk (33%) en esdoorn (33%) plaats;
  - d. Jaar 20: op nog eens 20% van de oppervlakte vindt spontane vestiging van els (33%), berk (33%) en esdoorn (33%) plaats;
  - e. Uiteindelijk blijft 35% van de oppervlakte onbegroeid;

Voor alle soorten wordt gerekend met de hoogste groeiklasse.  
Na verloop van tijd wordt er in de spontane vestiging oogst (dunning) uitgevoerd conform de gehanteerde opbrengstabellen (zie hoofdstuk 3).

Het aandeel spontane vestiging na kap van de essen is relatief laag gehouden. De ervaring in het Horsterworld is dat spontane verjonging van boomsoorten zeer moeizaam van de grond komt door een sterke verruiging in de kruidlaag van onder andere brandnetel en braam. Daarnaast heeft ook de aanwezigheid van wild (reeën) een remmend effect op de verjonging.

### Scenario 2: Aanplant populier

Gehanteerde aannames en uitgangspunten:

- 1) De overgebleven essen (ca 5% van de oppervlakte) groeien verder volgens de opbrengsttabel (Boniteit II).
- 2) Aanplant populier op 95% van de oppervlakte in plantverband 4 x 4 m (Boniteit I). Na 20 jaar vindt er een eindkap plaats. Tussentijds vindt tweemaal een dunning plaats. Bij de eindkap van de populier blijven 10 overstaanders per hectare staan om de bosstructuur te versterken en om op termijn te dienen als veteranboom.
- 3) Na de eindkap van de populier in jaar 20 wordt er herplant met duurzaam loofhout. Hierbij worden op 95% van de oppervlakte met de plantmachine in plantverband 1,5 x 1,5 m de volgende soorten aangeplant: esdoorn (50%), beuk (40%), zoete kers (10%). Voor alle soorten wordt gerekend met de hoogste groeiklasse. Na verloop van tijd wordt er in de nieuwe aanplant oogst (dunning) uitgevoerd conform de gehanteerde opbrengstabellen.

Er is gekozen voor herplant van duurzaam loofhout na de kap van de populier, omdat dit het beste aansluit op de toekomstvisie van Staatsbosbeheer voor deze bossen. Aanplant van populier wordt momenteel vooral toegepast, omdat populierenstaken relatief eenvoudig te planten zijn tussen de achtergebleven essenstobben en –wortels. Het planten van ander loofhout met de plantmachine wordt sterk bemoeilijkt door de aanwezigheid van taaie essenwortels. Het idee is dat na 20 jaar de essenwortels zover zijn vergaan dat aanplant met een plantmachine eenvoudiger is uit te voeren. De populierenwortels vormen doorgaans geen probleem voor de plantmachine. Ook het feit dat populier op grotere afstand is geplant, zorgt ervoor dat er makkelijker met de plantmachine kan worden geplant.

### Scenario 3: Aanplant duurzaam loofhout

Gehanteerde aannames en uitgangspunten:

- 1) De overgebleven essen (ca 5% van de oppervlakte) groeien verder volgens de opbrengsttabel (Boniteit II).
- 2) Aanplant duurzaam loofhout op 95% van de oppervlakte in handkracht in plantverband 1,5 x 1,5 m. Hierbij worden twee varianten gehanteerd:

- Variant a: esdoorn (50%), beuk (40%), zoete kers (10%)
- Variant b: zomereik (75%), linde (10%), els (10%) en haagbeuk (5%)

Voor alle soorten wordt gerekend met de hoogste groeiklasse.

Na verloop van tijd wordt er in de nieuwe aanplant oogst (dunning) uitgevoerd conform de gehanteerde opbrengsttabellen.

Er wordt uitgegaan van aanplant in handkracht, vanwege de eerder genoemde beperkingen voor machinale aanplant door de aanwezigheid van de achtergebleven essenwortels.

## 2.2.2 Beschrijving scenario's voor casus 2

### ***Casus: zwaar aangetaste monocultuur es met veel ondergroei van hazelaar (Vak 308 C, kiemjaar 1972)***

Uitgangspunt is dat 95% van de essen wordt geoogst, omdat ze zijn aangetast. 5% van de essen is vitaal en blijft gespaard. Er is ingeschat dat de essen als gevolg van de essentaksterfte een groeistagnatie van 10% hebben opgelopen in vergelijking met een gezonde essenopstand. Er staan naar schatting 625 hazelaarstoven per ha (onderlinge afstand ca 4 m) met een geschatte leeftijd van 10 jaar en een kroonprojectie van 4 m<sup>2</sup>. De hazelaars beslaan daarmee 25% van het oppervlak. De jaarlijkse aanwas van de hazelaar bedraagt naar schatting 3,5 kg ds/stoof/jr. Dit cijfer is gebaseerd op de jaarlijkse groei van langzaam groeiende elzenhakhoutstoven (zoals gemeten in De Groot & Jansen, 2014). De aanname is dat langzaam groeiende elzenhakhoutstoven vergelijkbaar zijn met hazelaarstoven. Tegelijkertijd met de kap van de essen worden ook de hazelaarstoven gekapt om de spontane vestiging te bevorderen. De verwachting is dat vrijwel alle hazelaar(stoven) na de kap weer uitlopen.

#### Scenario 1: Autonome ontwikkeling

Gehanteerde aannames en uitgangspunten:

- 1) De overgebleven essen (ca 5% van de oppervlakte) groeien verder volgens de opbrengsttabel (Boniteit II).
- 2) De volgende spontane verjonging wordt verwacht:
  - a. Jaar 1-4: geen spontane verjonging;
  - b. Jaar 5: op 5 % van de oppervlakte vindt spontane vestiging van beuk (50%) en esdoorn (50%) plaats;
  - c. Jaar 10: op nog eens 5% van de oppervlakte vindt spontane vestiging van beuk (50%) en esdoorn (50%) plaats;
  - d. Jaar 20: op nog eens 10% van de oppervlakte vindt spontane vestiging van beuk (50%) en esdoorn (50%) plaats;
  - e. Jaar 30: op nog eens 10% van de oppervlakte vindt spontane vestiging van beuk (50%) en esdoorn (50%) plaats;
  - f. Jaar 40: op nog eens 10% van de oppervlakte vindt spontane vestiging van beuk (50%) en esdoorn (50%) plaats;
  - g. Uiteindelijk blijft 30% van de oppervlakte onbegroeid;

Voor alle soorten wordt gerekend met de hoogste groeiklasse.  
Na verloop van tijd wordt er in de spontane vestiging oogst (dunning) uitgevoerd conform de gehanteerde opbrengsttabellen (zie hoofdstuk 3).
- 3) De hazelaarstoven (25% van de oppervlakte) worden elke 10 jaar gekapt (afgezet). Hierbij worden de volgende groeicijfers gehanteerd:
  - Jaar 1-20: aanwas jaarlijks 3,5 kg ds/stoof/jr.
  - Jaar 20-50: aanwas jaarlijks 1,5 kg ds/stoof/jr (als gevolg van de toenemende schaduwdruk van boomsoorten die zich spontaan vestigen).

Het aandeel spontane vestiging na kap van de essen en de hazelaars is zeer laag gehouden, omdat er rekening wordt gehouden met sterke schaduwdruk vanwege de opnieuw uitlopende hazelaars en de verruiging van onder andere brandnetel en braam.

### Scenario 2: Aanplant populier

Gehanteerde aannames en uitgangspunten:

- 1) De overgebleven essen (ca 5% van de oppervlakte) groeien verder volgens de opbrengsttabel (Boniteit II).
- 2) Aanplant populier op 95% van de oppervlakte in plantverband 6 x 6 m (Boniteit I). Na 30 jaar vindt eindkap plaats. Tussentijds vindt er eenmaal een dunning plaats. Bij de eindkap van de populier blijven er 5 overstaanders per hectare staan om de bosstructuur te versterken en om op termijn te dienen als veteranboom.
- 3) Na de eindkap van de populier in jaar 30 wordt er herplant met duurzaam loofhout. Hierbij wordt er van uitgegaan dat door de aanwezigheid van de hazelaar slechts 75% van het oppervlak kan worden ingeplant met duurzaam loofhout. Hierbij worden met de plantmachine in plantverband 1,5 x 1,5 m de volgende soorten aangeplant: esdoorn (50%), beuk (40%), zoete kers (10%)

Voor alle soorten wordt gerekend met de hoogste groeiklasse.

Na verloop van tijd wordt er in de nieuwe aanplant oogst (dunning) uitgevoerd conform de gehanteerde opbrengsttabellen.

- 4) De hazelaarstoven (25% van het oppervlak) worden bij de eindkap van de populier na 30 jaar gekapt (afgezet) en daarna niet meer. Voor de hazelaar worden de volgende groeicijfers gehanteerd:
  - Jaar 1-10: aanwas jaarlijks 3,5 kg ds/stoof/jr.
  - Jaar 10-30 aanwas jaarlijks 1,5 kg ds/stoof/jr (als gevolg van de toegenomen schaduwdruk).
  - Jaar 30-50 productie jaarlijks 2 kg ds/stoof/jr (als gevolg van de verbeterde lichtomstandigheden na kap populier).

Zoals ook al in paragraaf 2.2.1 is vermeld, is gekozen voor herplant van duurzaam loofhout na de kap van de populier, omdat dit het beste aansluit op de toekomstvisie van Staatsbosbeheer voor deze bossen. Ondanks dat 25% van het oppervlak wordt ingenomen door hazelaar, kan er toch op 95% van het oppervlak populier worden geplant, aangezien er een ruim plantverband wordt gehanteerd en de lange populierenstaken naar verwachting snel boven de hazelaars uitgroeien.

### Scenario 3: Aanplant duurzaam loofhout

Gehanteerde aannames en uitgangspunten:

- 1) De overgebleven essen (ca 5% van de oppervlakte) groeien verder volgens de opbrengsttabel (Boniteit II).
- 2) Aanplant duurzaam loofhout op 70% van de oppervlakte in handkracht in plantverband 1,5 x 1,5 m. Hierbij worden twee varianten gehanteerd:
  - Variant a: esdoorn (50%), beuk (40%), zoete kers (10%)
  - Variant b: zomereik (75%), linde (10%), els (10%) en haagbeuk (5%)

Voor alle soorten wordt gerekend met de hoogste groeiklasse.

Na verloop van tijd wordt er in de nieuwe aanplant oogst (dunning) uitgevoerd conform de gehanteerde opbrengsttabellen.

- 3) Voor de hazelaarstoven (25% van het oppervlak) worden de volgende groeicijfers gehanteerd:
  - Jaar 1-10: aanwas jaarlijks 3,5 kg ds/stoof/jr.
  - Jaar 20-50 aanwas jaarlijks 1 kg ds/stoof/jr (als gevolg van toegenomen schaduwdruk).

Er wordt uitgegaan van aanplant in handkracht, vanwege de eerder genoemde beperkingen voor machinale aanplant door de aanwezigheid van de achtergebleven essenwortels.

### 2.2.3 Beschrijving scenario's voor casus 3

**Casus: Licht aangetaste essenopstand gemengd met beuk (Vak 303 C6, kiemjaar 1990).**

De mengverhouding is geschat op 70% es en 30% beuk. Uitgangspunt is dat 70% van de essen wordt geoogst, omdat ze zijn aangetast. 30% van de essen blijft gespaard.

#### Scenario 1: Autonome ontwikkeling

Gehanteerde aannames en uitgangspunten:

- 1) De overgebleven essen:
  - a. Jaar 1-10: overgebleven essen (=30% vitale essen op 70% van het oppervlak ≈20% van het totale oppervlak) groeien verder volgens de opbrengsttabel (Boniteit I), dunning vindt plaats conform de opbrengsttabel.
  - b. Jaar 10-50: na 10 jaar wordt nog eens de helft van de overgebleven essen gekapt vanwege een nieuwe aantasting door essentaksterfte. Op 10% van het oppervlak blijven essen over. Deze groeien door volgens de opbrengsttabel.
- 2) De overgebleven beuken (30% van de oppervlakte) groeien verder volgens de opbrengsttabel (Groeiklasse 12), dunning vindt plaats conform de opbrengsttabel.
- 3) De volgende spontane verjonging wordt verwacht:
  - a. Jaar 1-4: geen spontane verjonging;
  - b. Jaar 5: op 5% van de oppervlakte vindt spontane vestiging van beuk (50%) en esdoorn (50%) plaats;
  - c. Jaar 10: op nog eens 10% van de oppervlakte vind spontane vestiging van beuk (50%) en esdoorn (50%) plaats;
  - d. Jaar 20: op nog eens 10% van de oppervlakte vindt spontane vestiging van beuk (50%) en esdoorn (50%) plaats;
  - e. Jaar 30: op nog eens 10% van de oppervlakte vindt spontane vestiging van beuk (50%) en esdoorn (50%) plaats;
  - f. Jaar 40: op nog eens 10% van de oppervlakte vindt spontane vestiging van beuk (50%) en esdoorn (50%) plaats;
  - g. Uiteindelijk blijft 15% van de oppervlakte onbegroeid

Voor alle soorten wordt gerekend met de hoogste groeiklasse.  
Na verloop van tijd wordt er in de spontane vestiging oogst (dunning) uitgevoerd conform de gehanteerde opbrengstabellen (zie hoofdstuk 3).

Het aandeel spontane vestiging na kap van de essen is laag gehouden, omdat er rekening wordt gehouden met sterke schaduwdruk en de verruiging van onder andere brandnetel en braam.

#### Scenario 2: Aanplant populier

Gehanteerde aannames en uitgangspunten:

- 1) De overgebleven essen:
  - a. Jaar 1-10: overgebleven essen (=30% vitale essen op 70% van het oppervlak ≈20% van het totale oppervlak) groeien verder volgens de opbrengsttabel (Boniteit I), dunning vindt plaats conform de opbrengsttabel.
  - b. Jaar 10-50: Na 10 jaar wordt nog eens de helft van de overgebleven essen gekapt vanwege een nieuwe aantasting door essentaksterfte. Op 10% van het oppervlak blijven essen over. Deze groeien door volgens de opbrengsttabel.

- 2) De overgebleven beuken (30% van de oppervlakte) worden gekapt om aanplant van populier mogelijk te maken. Aanplant populier tussen(onder) 30 jaar oude beuken is namelijk bosbouwkundig onverstandig.
- 3) Aanplant populier op 80% van het oppervlak in plantverband 4 x 4 m (Boniteit I). Na 20 jaar vindt eindkap plaats. Tussentijds vindt tweemaal een dunning plaats.
- 4) Na de eindkap van de populier in jaar 20 wordt er herplant met duurzaam loofhout. Hierbij worden op 90% van de oppervlakte met de plantmachine in plantverband 1,5 x 1,5 de volgende soorten aangeplant: esdoorn (50%), beuk (40%), zoete kers (10%).  
Voor alle soorten wordt gerekend met de hoogste groeiklasse.  
Na verloop van tijd wordt er in de nieuwe aanplant oogst (dunning) uitgevoerd conform de gehanteerde opbrengsttabellen.

### Scenario 3: Aanplant duurzaam loofhout

Gehanteerde aannames en uitgangspunten:

- 1) De overgebleven essen:
  - a. Jaar 1-10: overgebleven essen (=30% vitale essen op 70% van het oppervlak ≈20% van het totale oppervlak) groeien verder volgens de opbrengsttabel (Boniteit I), dunning vindt plaats conform de opbrengsttabel.
  - b. Jaar 10-50: na 10 jaar wordt nog eens de helft van de overgebleven essen gekapt vanwege een nieuwe aantasting door essentaksterfte. Op 10% van het oppervlak blijven essen over. Deze groeien door volgens de opbrengsttabel.
- 2) De overgebleven beuken (30% van oppervlak) groeien verder volgens de opbrengsttabel (Groeiklasse 12), dunning vindt plaats conform de opbrengsttabel.
- 3) Aanplant duurzaam loofhout op 50% van de oppervlakte in handkracht in plantverband 1,5 x 1,5 m. Hierbij worden twee varianten gehanteerd
  - Variant a: esdoorn (50%), beuk (40%), zoete kers (10%)
  - Variant b: walnoot (50%), kers (20%), kastanje (30%)
 Voor alle soorten wordt gerekend met de hoogste groeiklasse.  
Na verloop van tijd wordt er in de nieuwe aanplant oogst (dunning) uitgevoerd conform de gehanteerde opbrengsttabellen.

Er wordt uitgegaan van aanplant in handkracht, vanwege de eerder genoemde beperkingen voor machinale aanplant door de aanwezigheid van de achtergebleven essenwortels.



## 3 Methode en resultaten CO<sub>2</sub>-berekening

### 3.1 Methode CO<sub>2</sub>-berekening

Voor elke casus is berekend:

- Wat is de CO<sub>2</sub>-voorraad in het bos voor de omvorming?
- Welke CO<sub>2</sub>-vastlegging wordt gerealiseerd na 50 jaar met de uitvoering van scenario 1, 2 en 3.

De CO<sub>2</sub>-vastlegging na 50 jaar is uitgedrukt in:

- a) De CO<sub>2</sub>-voorraad van het bos in jaar 50
- b) De CO<sub>2</sub> vastgelegd in producten in jaar 50.
- c) Het cumulatieve substitutie-effect tot en met jaar 50.

De berekeningen zijn uitgevoerd met een model ontwikkeld door Face the Future en Probos.

#### 3.1.1 Berekening CO<sub>2</sub>-voorraad bos

De CO<sub>2</sub>-voorraad van het bos is berekend aan de hand van de volgende parameters:

- Het spilhoutvolume met schors van boomsoorten in bosverband en de verwachte oogst (bij dunning en eindkap) volgens opbrengsttabellen (zie tabel 3.1).  
Uit de opbrengsttabellen zijn ook de gemiddelde dbh, gemiddelde hoogte, aantal geoogste bomen en aantal achterblijvende bomen afgeleid. Voor boomsoorten waar geen opbrengsttabel voorhanden is, is een opbrengsttabel van een andere boomsoort gebruikt die de groei naar verwachting het beste benaderd. Waar nodig is in de berekeningen een correctie toegepast wanneer in de scenario's ruimere plantverbanden worden gehanteerd dan in de opbrengsttabellen.
- De volumieke massa van boomsoorten (hout), zoals opgenomen in de <http://www.wood-database.com>
- Conversiefactoren voor het omrekenen van spilhoutvolume naar totale boven- en ondergrondse biomassa, zoals opgenomen in de biomassa tabellen van het IPCC (IPCC, 2003)

Dit resulteert in tonnen droge stof hout die zijn omgerekend naar CO<sub>2</sub> volgens de formule:

1 ton ds hout = 0,5\*44/12 ton CO<sub>2</sub>.

**Tabel 3.1**

*Overzicht gebruikte opbrengsttabellen in het CO<sub>2</sub>-rekenmodel*

Boomsoort	Gebruikte opbrengsttabel	Bron
Amerikaanse eik	Amerikaanse eik	Jansen <i>et al.</i> , 1996
Berk	Berk	Jansen <i>et al.</i> , 1996
Beuk	Beuk	Jansen <i>et al.</i> , 1996
Els	Zwarte els	Jansen <i>et al.</i> , 1996
Es	Es	Jansen <i>et al.</i> , 2017
Esdoorn	Es	Jansen <i>et al.</i> , 2017
Haagbeuk	Beuk	Jansen <i>et al.</i> , 1996
Iep	Es	Jansen <i>et al.</i> , 2017
Linde	Es	Jansen <i>et al.</i> , 2017

Populier	Populier	Jansen <i>et al.</i> , 1996
Robinia	Robinia	Lockow & Lockow, 2015
Tamme kastanje	Es	Jansen <i>et al.</i> , 2017
Walnoot / zwarte noot	Zoete kers	Van der Burgh, 2000
Wilg	Populier	Jansen <i>et al.</i> , 1996
Zoete kers	Zoete kers	Van der Burgh, 2000
Zomereik	Zomereik	Jansen <i>et al.</i> , 1996
Corsicaanse den	Corsicaanse den	Jansen <i>et al.</i> , 1996
Douglas	Douglas	Jansen <i>et al.</i> , 1996
Fijnspar	Fijnspar	Jansen <i>et al.</i> , 1996
Oostenrijkse den	Oostenrijkse den	Jansen <i>et al.</i> , 1996
Grove den	Grove den	Jansen <i>et al.</i> , 1996
Japanse lariks	Japanse lariks	Jansen <i>et al.</i> , 1996
Thuja	Thuja	Hamilton & Christie, 1971

De berekende CO<sub>2</sub>-voorraad van het bos heeft betrekking op de totale boven- en ondergrondse biomassavoorraad van de bomen (stam, takken en wortels). De voorraad in de eventueel aanwezige struik- of kruidlaag is buiten beschouwing gelaten, omdat hier onvoldoende betrouwbare kengetallen voor beschikbaar zijn en het lastig te modelleren is hoe de struik- en kruidlaag zich zullen ontwikkelen in de casussen. Uitzondering hierop zijn de hazelaars in casus 2. De hazelaars zijn in deze casus reeds te dominant aanwezig om ze te negeren in de CO<sub>2</sub>-berekening (zie hoofdstuk 2 voor de gehanteerde groeicijfers voor hazelaar).

De CO<sub>2</sub>-vastlegging in de strooisellaag en in de organische stof in de bodem is eveneens buiten beschouwing gelaten. Binnen de scope van de opdracht was het niet mogelijk om hier betrouwbare kengetallen voor te vinden en berekeningen uit te voeren.

### 3.1.2 Berekening CO<sub>2</sub>-vastlegging in houtproducten en substitutie-effect

De CO<sub>2</sub>-vastlegging in producten in jaar 50 is als volgt berekend:

- Aan de hand van de opbrengsttabellen is bepaald hoeveel hout bij dunningen en eindkap wordt geogst van jaar 1 tot en met jaar 50. Daarbij is tevens gekeken wat de gemiddelde diameter van dit hout is;
- Daarna is bepaald voor welke producten dit hout naar verwachting wordt benut. Hiervoor is een analyse gemaakt van de houtoogstcijfers in de periode 2009-2014 die door Staatsbosbeheer aan Probos zijn gerapporteerd in het kader van de jaarlijkse inventarisatie 'Rondhoutverwerking in Nederland'. Hierbij is geanalyseerd tot welke sortimenten de door Staatsbosbeheer geogste houtsoorten worden verwerkt. Hierbij is ook rekening gehouden met de diameter van het geogste hout. Dit leidde tot een onderverdeling van de houtsoorten in productcategorieën gerangschikt naar levensduur van de producten (zie tabel 3.1). Voor houtsoorten waar geen oogstdata van Staatsbosbeheer voorhanden waren, zijn de data van vergelijkbare houtsoorten overgenomen.

- Daarnaast is aan de hand van de verwachte levensduur van de geoogste houtproducten in jaar 1 tot en met jaar 50 berekend hoe lang de CO<sub>2</sub> opgeslagen blijft in deze producten en wat daar in jaar 50 nog van over is. Hiervoor is per productcategorie een omzettingfactor aangehouden die is overgenomen uit Wördehoff *et al.*, 2017 (zie tabel 3.2). De omzettingfactor is gekoppeld aan de verwachte levensduur van het hout en geeft aan hoe snel de koolstof uit dit hout naar verwachting vrijkomt. Bij houtproducten met een lange levensduur is de omzettingfactor 0,02, wat neerkomt op een gemiddelde levensduur van 50 jaar. Bij energiehout is de omzettingfactor 0,7, wat neerkomt op een gemiddelde levensduur van ongeveer 1,4 jaar.
- Tot slot is het cumulatieve substitutie-effect tot en met jaar 50 berekend. Dit geeft aan hoeveel fossiele CO<sub>2</sub> er is vervangen door de verwerking van het geoogste hout uit het bos in producten of door benutting van het hout voor energetische doeleinden. Dit substitutie-effect is berekend aan de hand van de eerder genoemde houtoogstcijfers, de verdeling in productcategorieën en een substitutiefactor die is overgenomen uit Wördehoff *et al.*, 2017 (zie tabel 3.2). In de substitutiefactor is rekening gehouden met CO<sub>2</sub>-emissies bij de oogst en transport van het hout. Voor producten met een lange levensduur is de substitutiefactor 1,5. Dit betekent dat er per ton C verwerkt hout 1,5 ton C fossiel wordt vervangen.

Voor de hazelaars wordt aangenomen dat ze na de oogst worden verkocht als energiehout.

**Tabel 3.2**

Onderverdeling in productcategorieën en de bijbehorende *omzettingfactor* en *substitutiefactor* per productcategorie. Als voorbeeld is voor een aantal houtsoorten aangegeven wat de procentuele verdeling van het geoogste volume is over de productcategorieën.

Productcategorie	Houtproducten met een lange levensduur	Houtproducten met een middellange levensduur	Houtproducten met een korte levensduur	Energiehout
<b>Omvat de volgende sortimenten:</b>	bouw- en constructiehout	vezel-, fineer, meubel, kist- en paalhout,	papier, pulp en karton	Brandhout en energiehout
<b>Omzettingfactor</b>	0,02	0,039	0,32	0,7
<b>Substitutiefactor (tC/tC)</b>	1,5	1,5	0,67	0,67
<b>Houtsoort</b>	<b>% oogst per productcategorie</b>			
Amerikaanse eik diameter < 25 cm	0,00	7,63	0,00	92,37
Amerikaanse eik diameter >= 25 cm	21,84	5,97	0,00	72,19
Berk diameter < 25 cm	0,00	49,68	0,00	50,32
Berk diameter >= 25 cm	0,00	49,68	0,00	50,32
Beuk diameter < 25 cm	0,00	66,30	0,00	33,70
Beuk diameter >= 25 cm	5,57	62,61	0,00	31,82
Etc.	...	...	...	...

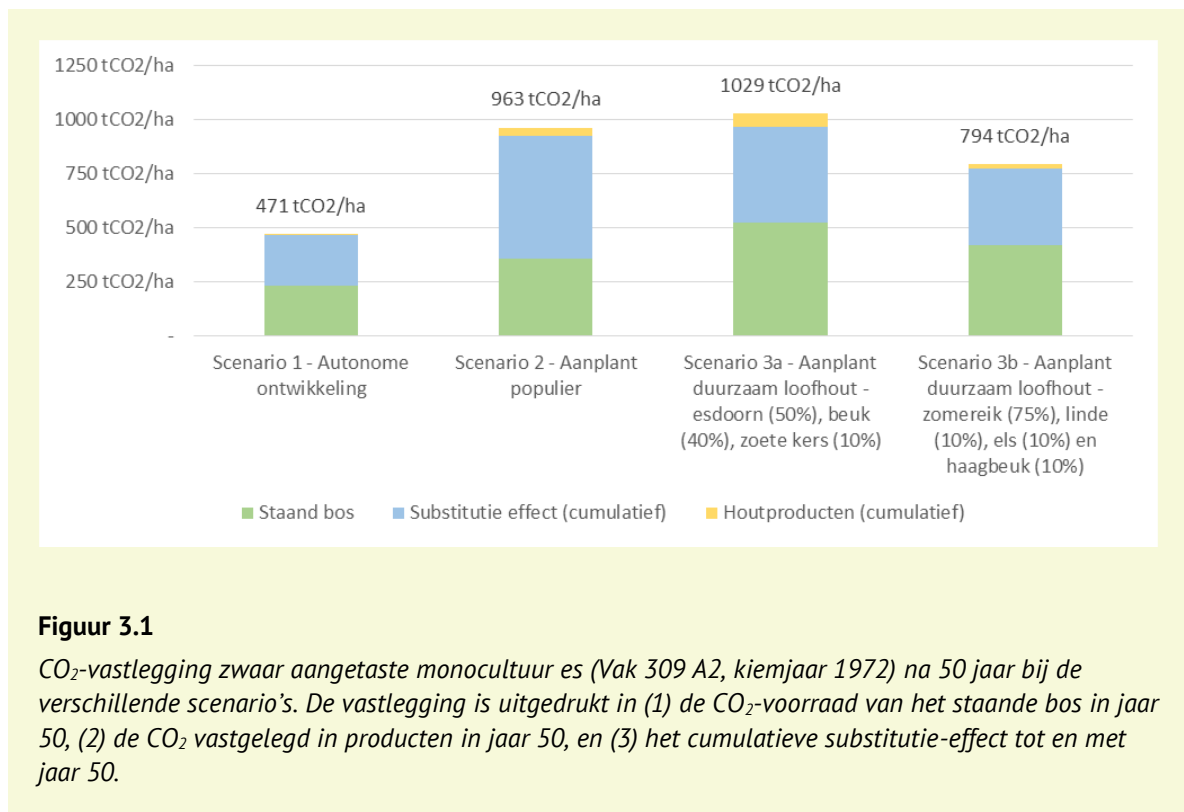
## 3.2 Resultaten CO<sub>2</sub>-berekening

### 3.2.1 CO<sub>2</sub>-vastlegging casus 1

De huidige CO<sub>2</sub>-voorraad in de zwaar aangetaste monocultuur es (Vak 309 A2, kiemjaar 1972) is berekend op 440 ton CO<sub>2</sub>/ha.

Figuur 3.1 toont de CO<sub>2</sub>-vastlegging na 50 jaar bij de verschillende scenario's. Tabel I.I in Bijlage I bevat een gedetailleerd overzicht van de resultaten van de CO<sub>2</sub>-berekening. In deze tabel wordt per beplantingscomponent weergegeven wat de bijdrage is aan de CO<sub>2</sub>-vastlegging.

Uit figuur 3.1 komt naar voren dat de autonome ontwikkeling de laagste totale vastlegging kent. Aanplant van esdoorn, beuk en zoete kers (scenario 3a) kent de hoogste vastlegging. De lagere vastlegging van scenario 3b ten opzichte van 3a wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat in scenario 3b langzaam groeiende soorten worden toegepast. Het scenario met de aanplant van populier (gevolgd door herplant met duurzaam loofhout) kent een hoge vastlegging als gevolg van het hoge substitutie-effect. Bij dit scenario wordt op relatief korte termijn veel hout geproduceerd dat in de producten terecht komt.



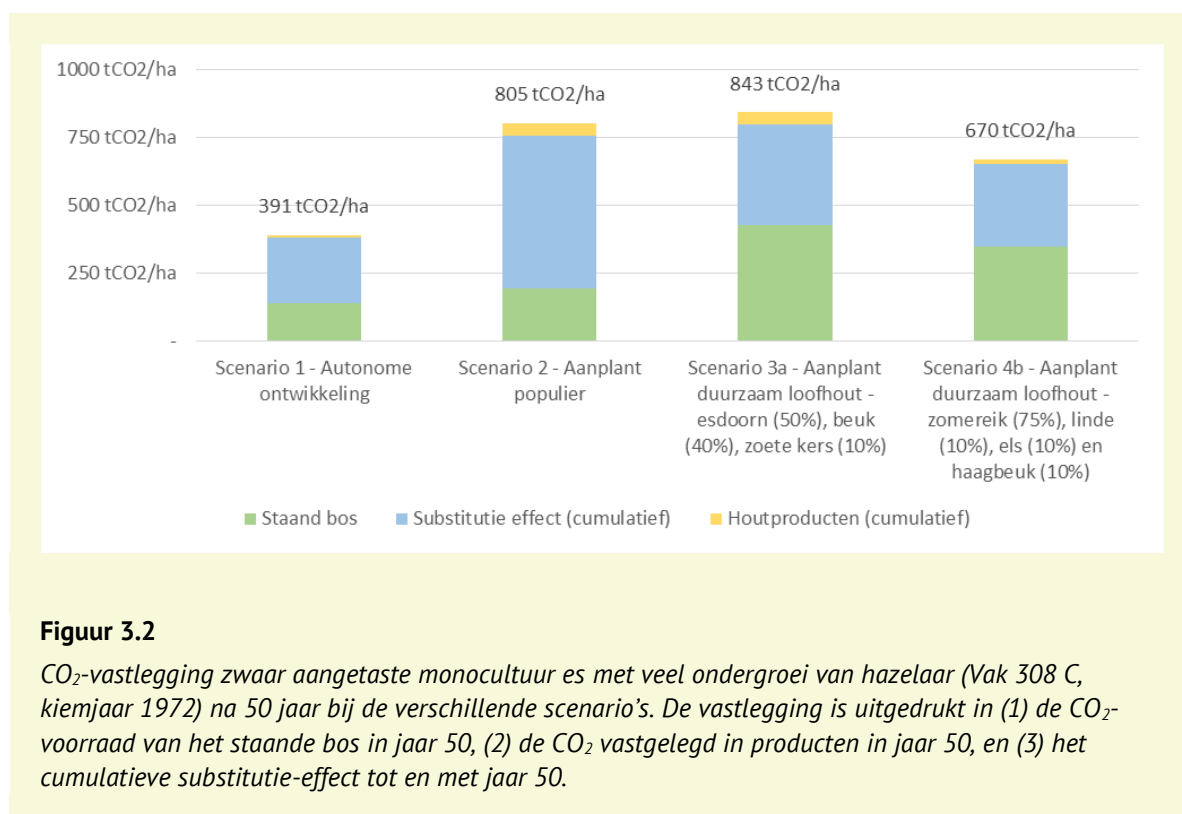
### 3.2.2 CO<sub>2</sub>-vastlegging casus 2

De huidige CO<sub>2</sub>-voorraad in de monocultuur es met veel ondergroei van hazelaar (Vak 308 C, kiemjaar 1972) is berekend op 453 ton CO<sub>2</sub>/ha. Van de CO<sub>2</sub>-voorraad is 440 ton opgeslagen in de essen en 13 ton in de hazelaar.

Figuur 3.2 toont de CO<sub>2</sub>-vastlegging na 50 jaar bij de verschillende scenario's. Tabel I.II in bijlage I bevat een gedetailleerd overzicht van de resultaten van de CO<sub>2</sub>-berekening. In deze tabel wordt per beplantingscomponent weergegeven wat de bijdrage is aan de CO<sub>2</sub>-vastlegging.

Uit figuur 3.2 blijkt dat de autonome ontwikkeling de laagste totale vastlegging kent. De vastlegging komt zelfs niet boven de baseline uit. De scenario's met aanplant van populier (scenario 2) en aanplant van esdoorn, beuk en zoete kers (scenario 3a) kennen de hoogste vastlegging. Bij het scenario met populier wordt er weinig CO<sub>2</sub> voor langere tijd in het bos vastgelegd. De vastlegging wordt voornamelijk gerealiseerd door substitutie van andere materialen. Ook kent het scenario met populier de hoogste vastlegging in producten na 50 jaar. Net als bij figuur 3.1 kent scenario 3b ook hier weer een lagere vastlegging als gevolg van langzaam groeiende soorten.

Opvallend is dat bij geen van de scenario's de CO<sub>2</sub>-voorraad in het bos in jaar 50 boven de huidige CO<sub>2</sub>-voorraad uit komt.



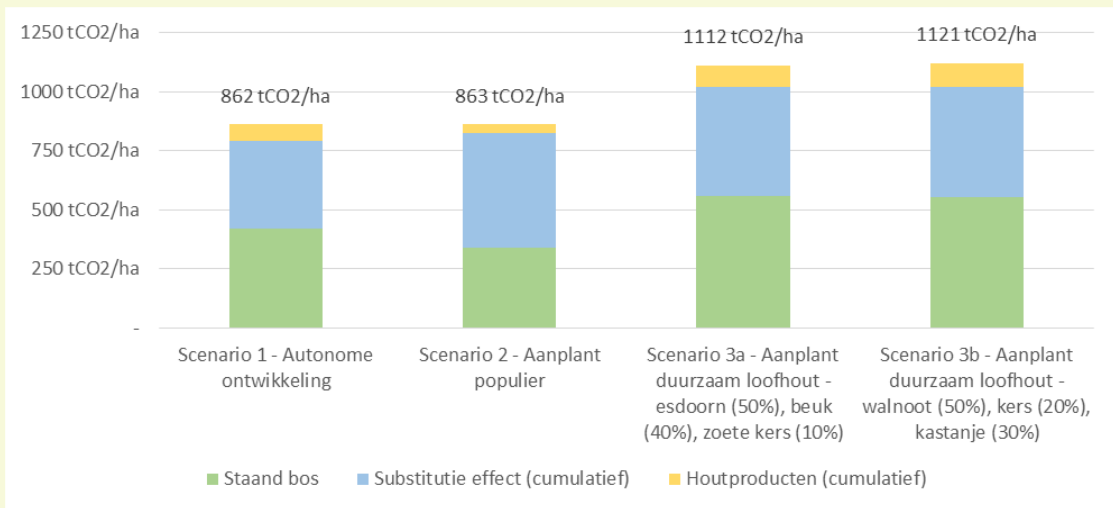
### 3.2.3 CO<sub>2</sub>-vastlegging casus 3

De huidige CO<sub>2</sub>-voorraad in de licht aangetaste essenopstand gemengd met beuk (Vak 303 C6, kiemjaar 1990) is berekend op 302 ton CO<sub>2</sub>/ha.

Figuur 3.3 toont de CO<sub>2</sub>-vastlegging na 50 jaar bij de verschillende scenario's. Tabel I.III in Bijlage I bevat een gedetailleerd overzicht van de resultaten van de CO<sub>2</sub>-berekening. In deze tabel wordt per beplantingscomponent weergegeven wat de bijdrage is aan de CO<sub>2</sub>-vastlegging.

De scenario's met respectievelijk de autonome ontwikkeling en de aanplant van populier kennen de laagste vastlegging. De scenario's met de aanplant van duurzaam loofhout kennen de hoogste vastlegging.

In vergelijking met casus 1 en 2 lijken de scenario's bij casus 3 de grootste totale CO<sub>2</sub>-winst op te leveren. Van de baseline van 302 ton CO<sub>2</sub>/ha in jaar 0 wordt bij casus 3 bij het beste scenario (3b) in jaar 50 een CO<sub>2</sub>-vastlegging behaald van 1121 ton totaal (waarvan 554 ton CO<sub>2</sub> in het bos).



**Figuur 3.3**

CO<sub>2</sub>-vastlegging licht aangetaste essenopstand gemengd met beuk (Vak 303 C6, kiemjaar 1990) na 50 jaar bij de verschillende scenario's. De vastlegging is uitgedrukt in (1) de CO<sub>2</sub>-voorraad van het staande bos in jaar 50, (2) de CO<sub>2</sub> vastgelegd in producten in jaar 50, en (3) het cumulatieve substitutie-effect tot en met jaar 50.

## 4 Vergelijking scenario's

In tabel 4.1 t/m 4.3 worden per casus de scenario's vergeleken op CO<sub>2</sub>-winst, omvormingskosten, productiewaarde en natuurwaarde. De CO<sub>2</sub>-winst is bepaald door de totale CO<sub>2</sub>-vastlegging in jaar 50 (in bos, producten en substitutie-effect) te vergelijken met de huidige CO<sub>2</sub>-voorraad in het bos.

Het viel buiten de scope van deze opdracht om een uitgebreide kosten-batenanalyse te maken van de scenario's van jaar 1 t/m jaar 50. Daarom is gekozen om een indicatie te geven van de omvormingskosten in jaar 1. Indien van toepassing zijn ook de kosten voor herplant met duurzaam loofhout gegeven na kap van de populieren in jaar 20 of 30. De kosten voor kap van de aangetaste essen zijn hierin niet meegenomen, omdat wordt aangenomen dat de houtopbrengsten de kapkosten zullen dekken. De kosten behelzen kosten voor aanplant, het plaatsen van rasters tegen wildschade en nazorg (maaien, inboeten etc). Deze zijn gebaseerd op ervaringscijfers van Staatsbosbeheer die zijn genoemd tijdens het veldbezoek d.d 8-11-2017. Hierbij zijn de volgende richtgetallen gehanteerd.

- Populier (plantverband 6 x 6 m): €5.000,-/ha
- Populier (plantverband 4 x 4 m): €6.000,- /ha
- Duurzaam loofhout: € 9.000,-/ha.

De bedragen in de tabellen 4.1 t/m 4.3 zijn gecorrigeerd voor het percentage van het oppervlak dat beplant wordt (zie scenariobeschrijvingen in hoofdstuk 2).

De productiewaarde wordt aangeduid door middel van een score van 1 tot en met 4. Het scenario waarin in 50 jaar de hoogste houtproductie wordt gerealiseerd krijgt score 4. Het scenario met de laagste productie krijgt score 1. Er is bij het toekennen van de scores alleen rekening gehouden met het gerealiseerde oogstvolume en niet met het type houtproducten en houtprijzen.

Tot slot wordt aangegeven of de natuurwaarde in 50 jaar in het scenario verbetert of verslechtert. De mate van verbetering of verslechtering wordt aangeduid met + of -. Bij het beoordelen van de effecten op de natuurwaarde is vooral gekeken in hoeverre de scenario's ertoe bijdragen dat binnen de opstand: (1) de bosstructuur verbetert (meer gelaagdheid, aanwezigheid open plekken, meer diverse leeftijdsopbouw), (2) het aandeel mengboomsoorten toeneemt, (3) het aandeel dikke(re) bomen toeneemt. Verwachte effecten op bosgebonden biodiversiteit zijn buiten beschouwing gelaten, omdat deze lastig zijn te voorspellen (zeker op opstandsniveau).

**Tabel 4.1**

*Vergelijking effecten scenario 1 t/m 3 op CO<sub>2</sub>-winst, omvormingskosten, productiewaarde en natuurwaarde voor casus 1.*

	Casus 1: zwaar aangetaste monocultuur es			
	Scenario 1: autonome ontwikkeling	Scenario 2: aanplant populier	Scenario 3a: aanplant duurzaam loofhout (esdoorn, beuk, zoete kers)	Scenario 3b: aanplant duurzaam loofhout (zomereik, linde, els, haagbeuk)
CO <sub>2</sub> -voorraad huidig bos (ton/ha)	440			
CO <sub>2</sub> -vastlegging in jaar 50 (ton/ha)	471	963	1029	794
CO <sub>2</sub> -winst in jaar 50 (ton/ha)	31	523	589	354

Omvormingskosten (€/ha): Jaar 1	€0,-	€ 5.700,-	€ 8.550,-	€ 8.550,-
Herplantkosten (€/ha): Jaar 20	€0,-	€ 8.550	€0,-	€0,-
Productiewaarde (score 1 t/m 4)	1	4	3	2
Natuurwaarde	++	+	++	++

**Tabel 4.2**

Vergelijking effecten scenario 1 t/m 3 op CO<sub>2</sub>-winst, omvormingskosten, productiewaarde en natuurwaarde voor casus 2.

	Casus 2: zwaar aangetaste monocultuur es met veel ondergroei van hazelaar			
	Scenario 1: autonome ontwikkeling	Scenario 2: aanplant populier	Scenario 3a: aanplant duurzaam loofhout (esdoorn, beuk, zoete kers)	Scenario 3b: aanplant duurzaam loofhout (zomereik, linde, els, haagbeuk)
CO <sub>2</sub> -voorraad huidig bos (ton/ha)	453			
CO <sub>2</sub> -vastlegging in jaar 50 (ton/ha)	391	805	843	670
CO <sub>2</sub> -winst in jaar 50 (ton/ha)	-62	352	390	217
Omvormingskosten (€/ha): Jaar 1	€0,-	€ 4.750,-	€ 6.300,-	€ 6.300,-
Herplantkosten (€/ha): Jaar 30	€0,-	€ 6.300,-	€0,-	€0,-
Productiewaarde (score 1 t/m 4)	1	4	3	2
Natuurwaarde	+	+	++	++

**Tabel 4.3**

Vergelijking effecten scenario 1 t/m 3 op CO<sub>2</sub>-winst, omvormingskosten, productiewaarde en natuurwaarde voor casus 3.

	Casus 3: licht aangetaste essenopstand gemengd met beuk			
	Scenario 1: autonome ontwikkeling	Scenario 2: aanplant populier	Scenario 3a: aanplant duurzaam loofhout (esdoorn, beuk, zoete kers)	Scenario 3b: aanplant duurzaam loofhout (walnoot, zoete kers, kastanje)
CO <sub>2</sub> -voorraad huidig bos (ton/ha)	302			
CO <sub>2</sub> -vastlegging in jaar 50 (ton/ha)	862	863	1112	1121
CO <sub>2</sub> -winst in jaar 50 (ton/ha)	560	561	810	820
Omvormingskosten (€/ha): Jaar 1	€0,-	€ 4.800,-	€ 4.500,-	€ 4.500,-
Herplantkosten (€/ha): Jaar 20	€0,-	€ 8.100,-	€0,-	€0,-
Productiewaarde (score 1 t/m 4)	1	2,5*	2,5*	4
Natuurwaarde	++	+	++	++

\* Scenario 2 en 3a scoren nagenoeg gelijk qua productie waarde. Daarom hebben zij een gelijke score toegekend gekregen.







## Bronnen

### Literatuur

- Burgh, F. van der (Eindred.). 2000. *Boskriek. Een nieuwe impuls voor het landelijke gebied*. Wageningen/Heilige Landstichting/Nijmegen, Stichting Robinia, Bronnen Onderzoek en Advies & Adviesbureau Goderie.
- Groot, C. de, P. Jansen. 2014. *Elzenhakhout op omgekeerde rabatten*. Wageningen, Stichting Probos.
- Hamilton, G.J., J.M. Christie. 1971. *Forest management Tables (metric)*. Forestry Commission Booklet No. 34. London, HMSO
- IPCC. 2003. *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Annex 3A.1. Biomass Default Tables for Section 3.2 Forest Land*. IPCC.
- Jansen, J.J., J. Sevenster, P.J. Faber (Red.). 1996. *Opbrengst tabellen voor belangrijke boomsoorten in Nederland. IBN-rapport 221/Hinkeloord Report No. 17*. Wageningen, IBN-DLO/Landbouwniversiteit Wageningen.
- Jansen, J.J., L. Goudzwaard, A. Oosterbaan, G.M.J. Mohren, J. den Ouden. 2017. *Groei en productie van es in Nederland*. Wageningen, Forest Ecology and Forest Management group, Environmental Sciences, Wageningen UR.
- Lockow, K.W., J. Lockow. 2015. *Ertragstafel für die Robinie (Robinia pseudoacacia L.)*. s.l., Gesellschaft zur Förderung schnellwachsender Baumarten in Norddeutschland.
- Staatsbosbeheer. 2017 *Conceptnotitie 'Bos op rijke gronden: waar weken we naar toe?'*. Intern document Staatsbosbeheer.
- Wördehoff, R., C. Schulz, J. Nagel. 2017. Nutzung oder Nutzungsverzicht aus Sicht des Klimaschutzes. *AFZ Der Wald*. 72; 21, 30-32.

### Overige bronnen

- E-mail met basisgegevens bezochte opstanden Horsterwold aangeleverd door Vincent Troost (Junior Beheerder Staatsbosbeheer) d.d. 9-11-2017.
- Telefoongesprek Casper de Groot (Bosadviseur Staatsbosbeheer) d.d. 25-10-2017.
- Telefoongesprek Sander Wijdeven (Senior Bosadviseur Staatsbosbeheer) d.d. 26-10-2017.
- Veldbezoek Martijn Boosten (Probos), Kars Riemer (Face the Future) & Jaap Meeuwissen (Beheerder Almere/Zeevolde, Staatsbosbeheer) aan het Horsterwold d.d. 8-11-2017.



## Bijlage I Gedetailleerd overzicht resultaten CO<sub>2</sub>-berekening

**Tabel I.I**

Overzicht CO<sub>2</sub>-vastlegging zwaar aangetaste monocultuur es (Vak 309 A2, kiemjaar 1972) na 50 jaar bij de verschillende scenario's. De vastlegging is uitgedrukt in (1) de CO<sub>2</sub>-voorraad van het staande bos in jaar 50, (2) de CO<sub>2</sub> vastgelegd in producten in jaar 50, en (3) het cumulatieve substitutie-effect tot en met jaar 50. In de tabel wordt per beplantingscomponent weergegeven wat de bijdrage is aan de CO<sub>2</sub>-vastlegging.

Scenario 1 - Autonome ontwikkeling		Scenario 2 - Aanplant populier		Scenario 3a - Aanplant duurzaam loofhout - esdoorn (50%), beuk (40%), zoete kers (10%)		Scenario 3b - Aanplant duurzaam loofhout - zomereik (75%), linde (10%), els (10%) en haagbeuk (10%)	
<b>CO2 voorraad na 50 jaar</b>	<b>471 tCO2/ha</b>	<b>CO2 voorraad na 50 jaar</b>	<b>963 tCO2/ha</b>	<b>CO2 voorraad na 50 jaar</b>	<b>1029 tCO2/ha</b>	<b>CO2 voorraad na 50 jaar</b>	<b>794 tCO2/ha</b>
<b>Totaal</b>		<b>Totaal</b>		<b>Totaal</b>		<b>Totaal</b>	
Staan bos	231 tCO2/ha	Staan bos	357 tCO2/ha	Staan bos	526 tCO2/ha	Staan bos	418 tCO2/ha
Houtproducten (cumulatief)	5 tCO2/ha	Houtproducten (cumulatief)	39 tCO2/ha	Houtproducten (cumulatief)	62 tCO2/ha	Houtproducten (cumulatief)	21 tCO2/ha
Substitutie effect (cumulatief)	236 tCO2/ha	Substitutie effect (cumulatief)	567 tCO2/ha	Substitutie effect (cumulatief)	441 tCO2/ha	Substitutie effect (cumulatief)	355 tCO2/ha
<b>95% Es (45 jaar, gekapt, 10% groeistagnatie)</b>		<b>95% Es (45 jaar, gekapt, 10% groeistagnatie)</b>		<b>95% Es (45 jaar, gekapt, 10% groeistagnatie)</b>		<b>95% Es (45 jaar, gekapt, 10% groeistagnatie)</b>	
Staan bos	-	Staan bos	-	Staan bos	-	Staan bos	-
Houtproducten (cumulatief)	-	Houtproducten (cumulatief)	-	Houtproducten (cumulatief)	-	Houtproducten (cumulatief)	-
Substitutie effect (cumulatief)	160 tCO2/ha	Substitutie effect (cumulatief)	160 tCO2/ha	Substitutie effect (cumulatief)	160 tCO2/ha	Substitutie effect (cumulatief)	160 tCO2/ha

<b>5% Es (95 jaar oud)</b>		<b>5% Es (95 jaar oud)</b>		<b>5% Es (95 jaar oud)</b>		<b>5% Es (95 jaar oud)</b>	
Staan bos	45 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	45 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	45 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	45 tCO <sub>2</sub> /ha
Houtproducten (cumulatief)	-	Houtproducten (cumulatief)	-	Houtproducten (cumulatief)	-	Houtproducten (cumulatief)	-
Substitutie effect (cumulatief)	14 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	14 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	14 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	14 tCO <sub>2</sub> /ha
<b>95% populier (4m) kap na 20 jaar / 10 overstaanders</b>							
<b>Jaar 5 - 20% spontaan (els 33%, berk 33%, esdoorn 33%)</b>		<b>48% Esdoorn</b>				<b>71% Zomereik (plantverband 1.5x1.5m)</b>	
Staan bos	72 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	55 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	260 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	275 tCO <sub>2</sub> /ha
Houtproducten (cumulatief)	2 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	14 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	1 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	7 tCO <sub>2</sub> /ha
Substitutie effect (cumulatief)	25 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	272 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	94 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	123 tCO <sub>2</sub> /ha
<b>Jaar 10 - 20% spontaan (els 33%, berk 33%, esdoorn 33%)</b>		<b>Jaar 20 - 48% Esdoorn</b>		<b>38% Beuk</b>		<b>10% Linde (plantverband 1.5x1.5m)</b>	
Staan bos	65 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	141 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	177 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	45 tCO <sub>2</sub> /ha
Houtproducten (cumulatief)	2 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	1 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	52 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	6 tCO <sub>2</sub> /ha
Substitutie effect (cumulatief)	22 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	68 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	149 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	29 tCO <sub>2</sub> /ha
<b>Jaar 20 - 20% spontaan (els 33%, berk 33%, esdoorn 33%)</b>		<b>Jaar 20 - 38% Beuk</b>		<b>10% Zoete Kers</b>		<b>10% Els (plantverband 1.5x1.5m)</b>	
Staan bos	48 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	91 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	44 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	29 tCO <sub>2</sub> /ha
Houtproducten	1 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten	20 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten	8 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten	1 tCO <sub>2</sub> /ha

(cumulatief) Substitutie effect (cumulatief)	15 tCO <sub>2</sub> /ha	(cumulatief) Substitutie effect (cumulatief)	42 tCO <sub>2</sub> /ha	(cumulatief) Substitutie effect (cumulatief)	25 tCO <sub>2</sub> /ha	(cumulatief) Substitutie effect (cumulatief)	10 tCO <sub>2</sub> /ha
		<b>Jaar 20 - 10% Zoete Kers</b>				<b>5% Haagbeuk (plantverband 1.5x1.5m)</b>	
		Staan bos Houtproducten (cumulatief) Substitutie effect (cumulatief)	25 tCO <sub>2</sub> /ha 5 tCO <sub>2</sub> /ha 10 tCO <sub>2</sub> /ha			Staan bos Houtproducten (cumulatief) Substitutie effect (cumulatief)	23 tCO <sub>2</sub> /ha 7 tCO <sub>2</sub> /ha 19 tCO <sub>2</sub> /ha

**Tabel I.II**

Overzicht CO<sub>2</sub>-vastlegging zwaar aangetaste monocultuur es met veel ondergroei van hazelaar (Vak 308 C, kiemjaar 1972) na 50 jaar bij de verschillende scenario's. De vastlegging is uitgedrukt in (1) de CO<sub>2</sub>-voorraad van het staande bos in jaar 50, (2) de CO<sub>2</sub> vastgelegd in producten in jaar 50, en (3) het cumulatieve substitutie-effect tot en met jaar 50. In de tabel wordt per beplantingscomponent weergegeven wat de bijdrage is aan de CO<sub>2</sub>-vastlegging

<b>Scenario 1 - Autonome ontwikkeling</b>		<b>Scenario 2 - Aanplant populier</b>		<b>Scenario 3a - Aanplant duurzaam loofhout - esdoorn (50%), beuk (40%), zoete kers (10%)</b>		<b>Scenario 4b - Aanplant duurzaam loofhout - zomereik (75%), linde (10%), els (10%) en haagbeuk (10%)</b>	
<b>CO<sub>2</sub> voorraad na 50 jaar</b>	391 tCO <sub>2</sub> /ha	<b>CO<sub>2</sub> voorraad na 50 jaar</b>	805 tCO <sub>2</sub> /ha	<b>CO<sub>2</sub> voorraad na 50 jaar</b>	843 tCO <sub>2</sub> /ha	<b>CO<sub>2</sub> voorraad na 50 jaar</b>	670 tCO <sub>2</sub> /ha
<b>Totaal</b>		<b>Totaal</b>		<b>Totaal</b>		<b>Totaal</b>	
Staan bos	139 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	196 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	427 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	347 tCO <sub>2</sub> /ha

Houtproducten (cumulatief)	9 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	49 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	45 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	15 tCO <sub>2</sub> /ha
Substitutie effect (cumulatief)	244 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	560 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	371 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	307 tCO <sub>2</sub> /ha
<b>95% Es (45 jaar, gekapt, 10% groeistagnatie)</b>		<b>95% Es (45 jaar, gekapt, 10% groeistagnatie)</b>		<b>95% Es (45 jaar, gekapt, 10% groeistagnatie)</b>		<b>95% Es (45 jaar, gekapt, 10% groeistagnatie)</b>	
Staan bos	-	Staan bos	-	Staan bos	-	Staan bos	-
Houtproducten (cumulatief)	-	Houtproducten (cumulatief)	-	Houtproducten (cumulatief)	-	Houtproducten (cumulatief)	-
Substitutie effect (cumulatief)	160 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	160 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	160 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	160 tCO <sub>2</sub> /ha
<b>5% Es (95 jaar oud)</b>		<b>5% Es (95 jaar oud)</b>		<b>5% Es (95 jaar oud)</b>		<b>5% Es (95 jaar oud)</b>	
Staan bos	45 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	45 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	45 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	45 tCO <sub>2</sub> /ha
Houtproducten (cumulatief)	-	Houtproducten (cumulatief)	-	Houtproducten (cumulatief)	-	Houtproducten (cumulatief)	-
Substitutie effect (cumulatief)	14 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	14 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	14 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	14 tCO <sub>2</sub> /ha
<b>Hazelaar (200bomen/ha) afzetten om de 10 jaar</b>		<b>Hazelaar (200bomen/ha) 1x afzetten na 30 jaar</b>		<b>Hazelaar (200bomen/ha) afzetten om de 10 jaar</b>		<b>Hazelaar (200bomen/ha) afzetten om de 10 jaar</b>	
Staan bos	-	Staan bos	15 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	28 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	28 tCO <sub>2</sub> /ha
Houtproducten (cumulatief)	-	Houtproducten (cumulatief)	-	Houtproducten (cumulatief)	-	Houtproducten (cumulatief)	-
Substitutie effect (cumulatief)	28 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	16 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	-	Substitutie effect (cumulatief)	-
<b>Jaar 5 - 5% spontaan (Beuk 50%, Esdoorn 50%)</b>		<b>95% populier (6m) kap na 30 jaar / 5 overstaanders blijven 35% Esdoorn</b>				<b>53% Zomereik</b>	



staan							
Staan bos	22 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	27 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	191 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	203 tCO <sub>2</sub> /ha
Houtproducten (cumulatief)	3 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	45 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	1 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	5 tCO <sub>2</sub> /ha
Substitutie effect (cumulatief)	13 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	328 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	69 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	90 tCO <sub>2</sub> /ha
<b>Jaar 10 - 5% spontaan (Beuk 50%, Esdoorn 50%)</b>		<b>Jaar 30 - 35% Esdoorn</b>		<b>28% Beuk</b>		<b>7% Linde</b>	
Staan bos	19 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	64 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	131 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	33 tCO <sub>2</sub> /ha
Houtproducten (cumulatief)	2 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	-	Houtproducten (cumulatief)	39 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	5 tCO <sub>2</sub> /ha
Substitutie effect (cumulatief)	10 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	34 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	109 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	22 tCO <sub>2</sub> /ha
<b>Jaar 20 - 10% spontaan (Beuk 50%, Esdoorn 50%)</b>		<b>Jaar 30 - 28% Beuk</b>		<b>7% Zoete Kers</b>		<b>7% Els</b>	
Staan bos	27 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	35 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	32 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	22 tCO <sub>2</sub> /ha
Houtproducten (cumulatief)	3 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	3 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	6 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	0 tCO <sub>2</sub> /ha
Substitutie effect (cumulatief)	13 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	6 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	18 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	7 tCO <sub>2</sub> /ha
<b>Jaar 30 - 10% spontaan (Beuk 50%, Esdoorn 50%)</b>		<b>Jaar 30 - 7% Zoete Kers</b>		<b>4% Haagbeuk</b>			
Staan bos	15 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	10 tCO <sub>2</sub> /ha			Staan bos	17 tCO <sub>2</sub> /ha
Houtproducten (cumulatief)	1 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	1 tCO <sub>2</sub> /ha			Houtproducten (cumulatief)	5 tCO <sub>2</sub> /ha

<i>Substitutie effect (cumulatief)</i>	6 tCO <sub>2</sub> /ha	<i>Substitutie effect (cumulatief)</i>	2 tCO <sub>2</sub> /ha	<i>Substitutie effect (cumulatief)</i>	14 tCO <sub>2</sub> /ha
<b>Jaar 40 - 10% spontaan (Beuk 50%, Esdoorn 50%)</b>					
<i>Staan bos</i>	10 tCO <sub>2</sub> /ha				
<i>Houtproducten (cumulatief)</i>	-				
<i>Substitutie effect (cumulatief)</i>	-				

**Tabel I.III**

Overzicht CO<sub>2</sub>-vastlegging Licht aangetaste essenopstand gemengd met beuk (Vak 303 C6, kiemjaar 1990) na 50 jaar bij de verschillende scenario's. De vastlegging is uitgedrukt in (1) de CO<sub>2</sub>-voorraad van het staande bos in jaar 50, (2) de CO<sub>2</sub> vastgelegd in producten in jaar 50, en (3) het cumulatieve substitutie-effect tot en met jaar 50. In de tabel wordt per beplantingscomponent weergegeven wat de bijdrage is aan de CO<sub>2</sub>-vastlegging

Scenario 1 - Autonome ontwikkeling		Scenario 2 - Aanplant populier		Scenario 3a - Aanplant duurzaam loofhout - esdoorn (50%), beuk (40%), zoete kers (10%)		Scenario 3b - Aanplant duurzaam loofhout - walnoot (50%), kers (20%), kastanje (30%)	
<b>CO2 voorraad na 50 jaar</b>	<b>862 tCO2/ha</b>	<b>CO2 voorraad na 50 jaar</b>	<b>863 tCO2/ha</b>	<b>CO2 voorraad na 50 jaar</b>	<b>1112 tCO2/ha</b>	<b>CO2 voorraad na 50 jaar</b>	<b>1121 tCO2/ha</b>
<b>Totaal</b>		<b>Totaal</b>		<b>Totaal</b>		<b>Totaal</b>	
Staan bos	420 tCO2/ha	Staan bos	337 tCO2/ha	Staan bos	560 tCO2/ha	Staan bos	554 tCO2/ha
Houtproducte n (cumulatief)	72 tCO2/ha	Houtproducte n (cumulatief)	36 tCO2/ha	Houtproducte n (cumulatief)	93 tCO2/ha	Houtproducte n (cumulatief)	102 tCO2/ha
Substitutie effect (cumulatief)	371 tCO2/ha	Substitutie effect (cumulatief)	489 tCO2/ha	Substitutie effect (cumulatief)	460 tCO2/ha	Substitutie effect (cumulatief)	465 tCO2/ha
<b>49% Es (30 jaar, gekapt)</b>		<b>49% Es (30 jaar, gekapt)</b>		<b>49% Es (30 jaar, gekapt)</b>		<b>49% Es (30 jaar, gekapt)</b>	
Staan bos	-	Staan bos	-	Staan bos	-	Staan bos	-
Houtproducten (cumulatief)	-	Houtproducten (cumulatief)	-	Houtproducten (cumulatief)	-	Houtproducten (cumulatief)	-
Substitutie effect (cumulatief)	62 tCO2/ha	Substitutie effect (cumulatief)	62 tCO2/ha	Substitutie effect (cumulatief)	62 tCO2/ha	Substitutie effect (cumulatief)	62 tCO2/ha

<b>11% Es (kap na 10 jaar, 40 jaar oud)</b>		<b>11% Es (kap na 10 jaar, 40 jaar oud)</b>		<b>11% Es (kap na 10 jaar, 40 jaar oud)</b>		<b>11% Es (kap na 10 jaar, 40 jaar oud)</b>	
Staan bos	-	Staan bos	-	Staan bos	-	Staan bos	-
Houtproducten (cumulatief)	-	Houtproducten (cumulatief)	-	Houtproducten (cumulatief)	-	Houtproducten (cumulatief)	-
Substitutie effect (cumulatief)	19 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	19 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	19 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	19 tCO <sub>2</sub> /ha
<b>11% Es (80 jaar oud)</b>		<b>11% Es (80 jaar oud)</b>		<b>11% Es (80 jaar oud)</b>		<b>11% Es (80 jaar oud)</b>	
Staan bos	94 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	94 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	94 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	94 tCO <sub>2</sub> /ha
Houtproducten (cumulatief)	1 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	1 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	1 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	1 tCO <sub>2</sub> /ha
Substitutie effect (cumulatief)	15 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	15 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	15 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	15 tCO <sub>2</sub> /ha
<b>30% Beuk (80 jaar oud)</b>		<b>30% Beuk (30 jaar oud, gekapt)</b>		<b>30% Beuk (80 jaar oud)</b>		<b>30% Beuk (80 jaar oud)</b>	
Staan bos	213 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	-	Staan bos	213 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	213 tCO <sub>2</sub> /ha
Houtproducten (cumulatief)	60 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	-	Houtproducten (cumulatief)	60 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	60 tCO <sub>2</sub> /ha
Substitutie effect (cumulatief)	223 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	50 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	223 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	223 tCO <sub>2</sub> /ha
<b>Jaar 5 - 5% spontaan (Beuk 50%, Esdoorn 50%)</b>		<b>80% populier (4m) kap na 20 jaar</b>		<b>25% Walnoot</b>		<b>25% Walnoot</b>	
Staan bos	22 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	-	Staan bos	137 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	123 tCO <sub>2</sub> /ha
Houtproducten (cumulatief)	3 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	12 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	1 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	22 tCO <sub>2</sub> /ha
Substitutie	13 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie	229 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie	49 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie	69 tCO <sub>2</sub> /ha

effect (cumulatief)		effect (cumulatief)		effect (cumulatief)		effect (cumulatief)	
<b>Jaar 10 - 10% spontaan (Beuk 50%, Esdoorn 50%)</b>		<b>Jaar 20 - 45% Esdoorn</b>		<b>20% Beuk</b>		<b>10% Zoete Kers</b>	
Staan bos	39 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	134 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	93 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	46 tCO <sub>2</sub> /ha
Houtproducten (cumulatief)	5 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	1 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	28 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	8 tCO <sub>2</sub> /ha
Substitutie effect (cumulatief)	21 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	65 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	78 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	26 tCO <sub>2</sub> /ha
<b>Jaar 20 - 10% spontaan (Beuk 50%, Esdoorn 50%)</b>		<b>Jaar 20 - 36% Beuk</b>		<b>5% Zoete Kers</b>		<b>15% Tamme Kastanje</b>	
Staan bos	27 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	86 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	23 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	79 tCO <sub>2</sub> /ha
Houtproducten (cumulatief)	3 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	19 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	4 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	11 tCO <sub>2</sub> /ha
Substitutie effect (cumulatief)	13 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	40 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	13 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	51 tCO <sub>2</sub> /ha
<b>Jaar 30 - 10% spontaan (Beuk 50%, Esdoorn 50%)</b>		<b>Jaar 20 - 9% Zoete Kers</b>					
Staan bos	15 tCO <sub>2</sub> /ha	Staan bos	24 tCO <sub>2</sub> /ha				
Houtproducten (cumulatief)	1 tCO <sub>2</sub> /ha	Houtproducten (cumulatief)	4 tCO <sub>2</sub> /ha				
Substitutie effect (cumulatief)	6 tCO <sub>2</sub> /ha	Substitutie effect (cumulatief)	10 tCO <sub>2</sub> /ha				
<b>Jaar 40 - 10% spontaan (Beuk 50%, Esdoorn 50%)</b>							

<i>Staan bos</i>	<i>10 tCO<sub>2</sub>/ha</i>
<i>Houtproducten</i> <i>(cumulatief)</i>	-
<i>Substitutie</i> <i>effect</i> <i>(cumulatief)</i>	-