

# Adviesrapport

*CO<sub>2</sub> Bosbeheer Beekenbos*







Opdrachtgever: Joost van Beek  
Titel: Adviesrapport CO<sub>2</sub> bosbeheer Beekenbos  
Status: Eindversie  
Datum: 24 januari 2020  
Auteurs: Wouter van Veen, Florian Stuivenberg, Ad Mutsaers en Laurens van Egmond  
Foto's: Laurens van Egmond, Florian Stuivenberg  
Kaartmateriaal: ArcMap, Laurens van Egmond en Wouter van Veen

Hogeschool Van Hall Larenstein, November 2019  
Postbus 9001  
6880 GB Velp  
Telefoon: 026 3695695 (receptie)  
[www.hogeschoolvhl.nl](http://www.hogeschoolvhl.nl)



## Samenvatting

Door de toenemende bewustwording van CO<sub>2</sub>-uitstoot door mensen, zijn er mogelijkheden ontwikkeld om CO<sub>2</sub> te compenseren. Stichting het Beekenbos is hiervan een voorbeeld, leden kunnen doormiddel van donaties hun CO<sub>2</sub>-uitstoot compenseren. Het doel van dit rapport is te achterhalen hoeveel CO<sub>2</sub> het Beekenbos per jaar compenseert en op welke wijze er meer CO<sub>2</sub> kan worden gecompenseerd. Om antwoord te geven op deze vraagstukken is ten eerste een passende methode voor CO<sub>2</sub>-compensatie in bos opgesteld, vervolgens het huidige bos geïnventariseerd. Aan de hand van de methode en de huidige bosgegevens is berekend hoeveel CO<sub>2</sub> het Beekenbos heeft gecompenseerd en hoeveel CO<sub>2</sub> per jaar wordt gecompenseerd. Aan de hand van een deskresearch is een advies gegeven van beheermaatregelen ten behoeve van een optimale CO<sub>2</sub>-vastlegging in het Beekenbos. Bij dit beheeradvies is een werkplan meegeleverd zodat de beheermaatregelen door leden van de stichting uitgevoerd kunnen worden.

## Inhoud

Samenvatting.....	5
Inleiding .....	10
Aanleiding.....	14
Stichting het Beekenbos.....	14
CO <sub>2</sub> -problematiek.....	14
Maatschappelijk kader .....	14
Wetenschappelijk kader.....	15
Landschapsbiografie.....	18
Weichselien .....	18
Holoceen.....	18
Paleolithicum, Prehistorie .....	18
Bronstijd, IJzertijd en Romeinse tijd.....	18
Middeleeuwen .....	20
Moderne tijd.....	20
Inventarisatie.....	24
Bosinventarisatie methode .....	24
Analyse bosinventarisatie.....	24
Bijgroei.....	26
Vegetatie .....	26
Kwaliteit.....	27
Dood hout.....	28
Bodem en landgebruik .....	28
CO <sub>2</sub> -opname in het bos .....	36
CO <sub>2</sub> -vastlegging in de bodem .....	36
CO <sub>2</sub> -vastlegging in het hout.....	36
CO <sub>2</sub> inventarisatie.....	40
CO <sub>2</sub> -vastlegging op basis inventarisatie in bodem .....	40
CO <sub>2</sub> -vastlegging op basis van inventarisatie in hout .....	41
Ideaalbeeld CO <sub>2</sub> bos .....	44
Ideaalbeeld bodem.....	44
Ideaalbeeld hout .....	44
Beheerplan .....	48
Vergelijking optimale situatie met huidige situatie .....	48
Bodem .....	48

Bijgroei.....	48
Houtvooraad en CO <sub>2</sub> -vastlegging .....	48
Alternatieve boomsoorten .....	49
Planning.....	51
Werkplan .....	56
Aanplanten douglas.....	56
Opsnoeien douglas.....	56
Meten van staand hout .....	56
Gebruiken Excel om bijgroei te berekenen .....	57
Ringen van bomen.....	59
Stappenplan: dunne bomen ringen (5 tot 10 cm doorsnede).....	59
Stappenplan: dikkere bomen ringen (>10 cm doorsnede).....	59
Discussie .....	62
Visie opdrachtgever.....	62
Houtverkoop.....	62
Klimaatbestendigheid.....	63
Duurzaamheidsanalyse .....	63
Bronnenlijst .....	64
Bijlagen .....	66
Bijlage 1: Cirkeldiagrammen.....	66
Bijlage 2: Biomass Expansion Factors.....	67
Bijlage 3: Houtdichtheids factoren.....	67
Bijlage 4: Root/shoot ratio factoren.....	68
Bijlage 5: Carbon fraction of aboveground forest biomass.....	69

# 1 Inleiding





## Inleiding

Het voorliggend rapport betreft een onderzoek en beheerplan dat is uitgevoerd in opdracht van Stichting Beekenbos en Hogeschool Van Hall Larenstein. De stichting Beekenbos heeft een bos in het zuiden van Brabant aangekocht. De geografische ligging van het gebied is weergegeven in *figuur 1*. Het eigendom heeft een oppervlakte van ongeveer 4,5 hectare en betreft een gemengd bos waar de Corsicaanse den (*Pinus nigra var. Corsicana*) de overhand heeft.

Stichting Beekenbos loopt tegen het probleem aan dat zij geen beheerplan hebben voor dit bos. Om deze reden is de uitvraag gedaan om te komen tot een beheerplan voor het Beekenbos. Daarnaast wil de stichting Beekenbos graag zelf kunnen vaststellen hoeveel CO<sub>2</sub> er door het jaar heen in het bos wordt gecompenseerd. Er is gevraagd om een methode aan te leveren waarmee de stichting beter kan berekenen hoeveel CO<sub>2</sub> er wordt gecompenseerd in het Beekenbos.

In het voorliggend rapport is onderzoek gedaan naar CO<sub>2</sub>-vastlegging in het natuurtype bos. Hierbij is er eerst onderzocht hoe dit in het Nederlandse bos in het algemeen mogelijk is zodat deze kennis vervolgens toegepast kan worden op het Beekenbos. Vervolgens is de optimale CO<sub>2</sub> situatie vergeleken met de huidige situatie waarna een beheerplan is opgesteld voor het Beekenbos specifiek.

Tevens hebben er veel gesprekken plaats gevonden met experts op het gebied van CO<sub>2</sub>-vastlegging. Zij hebben concrete beheermaatregelen maar ook meetwijzen

aangereikt. Met deze kennis en literatuurstudie is het mogelijk geweest om te komen tot een werkplan voor Stichting Beekenbos. In dit werkplan is in stappen aangegeven hoe de stichting met haar vrijwilligers het beheer moet uitvoeren en de CO<sub>2</sub>-vastlegging van het Beekenbos kan bepalen.

Ondanks dat er een studie heeft plaatsgevonden naar de CO<sub>2</sub>-vastlegging in het Nederlandse bos zijn de aanbevelingen in het rapport alleen bruikbaar voor het Beekenbos. Echter valt de gedachtegang achter het beheerplan en de meetwijze wel over te nemen op vergelijkbare bossen.

Het rapport zal openen met de aanleiding tot het opstellen van dit rapport, vervolgens zal de landschapsbiografie beschreven worden door in te gaan op de geomorfologie en de cultuurhistorie van het projectgebied. Daarna wordt de inventarisatie van het huidige projectgebied behandeld. Vervolgens wordt het onderzoek naar CO<sub>2</sub> in het Nederlandse bos behandeld waarna bepaald is wat het ideale CO<sub>2</sub> bos zou zijn. Met dit ideale bosbeeld is vervolgens een beheerplan opgesteld voor het Beekenbos. Vervolgens volgt een handreiking betreft de meetwijze waarop de stichting een beeld kan krijgen over de vastgelegde CO<sub>2</sub> in het Beekenbos. Ter afsluiting volgt het werkplan waarin zowel de beheermaatregelen als de meetwijze wordt uitgelegd aan de vrijwilligers doormiddel van concrete beschrijvingen.



Figuur 1: Luchtfoto projectgebied (Google, 2020)

# 2 Aanleiding



## Aanleiding

*Dit hoofdstuk behandelt de aanleiding van het opstellen van het, in welk kader het rapport geschreven is en wie de opdrachtgever is.*

### Stichting het Beekenbos

De stichting het Beekenbos is opgericht door de familie van Beek, een reislustige familie die op het idee kwam om de CO<sub>2</sub>-uitstoot van hun reizen te gaan compenseren.

Op een familiedag kwam het idee om een bos te kopen of aan te planten om op deze wijze de CO<sub>2</sub>-uitstoot van de reizen te neutraliseren. Het eerste doel was een bos in Zweden te bezitten. Echter mag, in Zweden, een stichting geen bos kopen. Vandaar dat er uiteindelijk is gekozen is voor het kopen van een bos in Nederland. Het unieke van deze stichting is dat de CO<sub>2</sub>-compensatie daadwerkelijk in Nederland plaatsvindt. Dit in tegenstelling tot veel andere CO<sub>2</sub>-compensatie regelingen die de compensatie realiseren in de tropen.

De genoemde stichting heeft als doel om de uitstoot van CO<sub>2</sub> door het reizen van donateurs te compenseren. Dit willen zij doen doormiddel van de groei van bomen in bos. Er zal niet (voor commerciële doeleinden) gekapt gaan worden in het bos. Immers is het de bedoeling dat er CO<sub>2</sub> wordt omgezet in hout. De stichting dient wel te monitoren hoeveel CO<sub>2</sub> nu daadwerkelijk in hout wordt omgezet.

De opdrachtgever, Joost van Beek, is de voorzitter van Stichting het Beekenbos.

### CO<sub>2</sub>-problematiek

De CO<sub>2</sub>-problematiek is wereldwijd een actueel onderwerp. Het verbranden van fossiele brandstoffen, kool, olie en gas in combinatie met de wereldwijde ontbossing heeft geleid tot een stijgende concentratie CO<sub>2</sub> in de atmosfeer. CO<sub>2</sub> betreft een gas dat zorgt voor het vasthouden van warmte die afstraalt van de aarde. Dit zorgt voor een soort deken van warmte waardoor de aarde steeds minder afkoelt. De CO<sub>2</sub> die mensen uitstoten doormiddel van hun acties voegt zich bij de al bestaande hoeveelheid CO<sub>2</sub> die

zich in de atmosfeer bevindt. Hierdoor wordt de concentratie CO<sub>2</sub> steeds hoger en blijft er meer warmte gevangen in de atmosfeer. Dit is een proces dat al ruim 200 jaar aan de gang is en sinds de industriële revolutie en de intensivering van de landbouw alleen maar groter is geworden, zie *figuur 2*.

Deze opwarming van de aarde leidt vervolgens tot klimaatveranderingen. Deze klimaatveranderingen zullen zorgen voor extremer weer zoals meer stormen en warmere, drogere zomers.

Om de CO<sub>2</sub>-problematiek tegen te gaan zal er wereldwijd moeten worden gewerkt aan het verder reduceren van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van de mens. Naast het reduceren van de CO<sub>2</sub>-uitstoot zal de bestaande CO<sub>2</sub> in de atmosfeer en de CO<sub>2</sub> die er de komende jaren nog bij komt weer moeten worden vastgelegd in natuurlijke bronnen. Eén van de mogelijkheden hiervoor is het vastleggen van koolstof (C) in bomen. Bomen gebruiken de koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) uit de lucht samen met water (H<sub>2</sub>O) en zonlicht om via fotosynthese suikers te creëren voor het verder groeien van de massa van de boom waarbij de zuurstof (O<sub>2</sub>) weer in de lucht vrijkomt. Hierdoor nemen de planten dus CO<sub>2</sub> op vanuit de atmosfeer. Een mogelijkheid om CO<sub>2</sub> uit de atmosfeer te halen is het aanleggen van nieuwe bossen. Ook kan men ervoor zorgen dat bestaande bossen meer CO<sub>2</sub> vastleggen door beheermaatregelen toe te passen. (Wageningen University & Research, sd), voor meer uitleg zie hoofdstuk 5, *CO<sub>2</sub>-opname in het bos*.

### Maatschappelijk kader

Kijkend naar het maatschappelijk kader ligt hier een vraag die een veel groter probleem omvat: hoe wordt de toenemende CO<sub>2</sub>-uitstoot teruggedrongen? De toename van CO<sub>2</sub>-uitstoot is een probleem dat wereldwijd

speelt en niet alleen te betrekken is op één opdracht. Hierdoor is het van belang dat er wordt gezocht naar een verantwoordelijke manier om met de CO<sub>2</sub> die door de mens wordt uitgestoten, om te gaan.

Door de toenemende media-aandacht voor de CO<sub>2</sub>-problematiek ontstaat er meer bewustwording onder het individu. Daarnaast speelt de daadwerkelijke toename van de CO<sub>2</sub>-uitstoot voor meer aandacht voor dit groeiende probleem onder de mensen. Door deze bewustwording is er sprake van een omwenteling in de maatschappij waarbij mensen hun eigen CO<sub>2</sub> gebruik gaan bekijken en bereid zijn om verantwoordelijkheid te nemen voor hun acties die de CO<sub>2</sub>-problematiek veroorzaken. Dit heeft geleid tot een breed scala aan CO<sub>2</sub>-compensatiemethodes. Men kan bijvoorbeeld de CO<sub>2</sub>-uitstoot compenseren door geld te doneren aan organisaties die investeren in CO<sub>2</sub>-reductie en vastlegging.

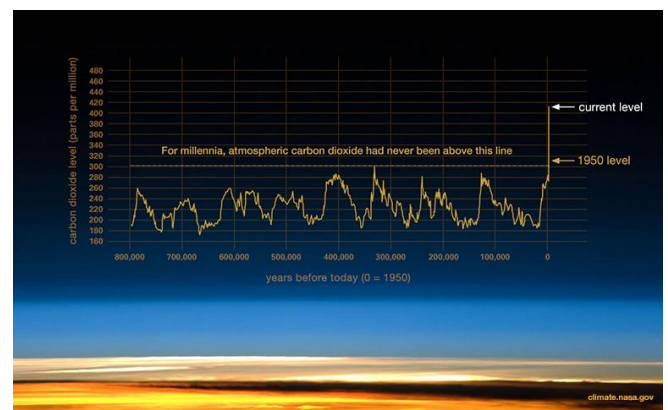
### Wetenschappelijk kader

Naar het onderwerp CO<sub>2</sub> zijn al diverse onderzoeken gedaan, reikend van de koolstof opslag per boomsoort tot de totale koolstof opslag van landen. In een recent onderzoek is gekeken naar de koolstof opslag en vastlegging van Nederland. Hierin is te lezen dat de hoeveelheid koolstof dat wordt opgeslagen langzaam aan het verminderen is (Arets, 2018). In dit onderzoek is ook te vinden dat er veel koolstof wordt opgeslagen in bodem. Dit is een facet waar rekening mee

moet worden gehouden wanneer er wordt gekeken naar de totale opslag van koolstof in een bos per hectare.

Het onderzoek Natuurlijk Kapitaal beschrijft het belang van ecosystemendiensten in de vastlegging van CO<sub>2</sub> (Egmond & Ruijs, 2016). Hierbij wordt ingegaan op de CO<sub>2</sub>-emissie in verschillende natuurtypen. Aan de hand van de ontwikkelde CO<sub>2</sub>-atlas wordt inzichtelijk waar welke hoeveelheden CO<sub>2</sub> wordt opgeslagen. Om dit te bepalen is een koolstofvastleggingsmodel ontwikkeld. Dit onderzoek kan worden gebruikt ter onderbouwing van de algemene CO<sub>2</sub>-problematiek.

In de bovengenoemde onderzoeken is op wetenschappelijke wijze onderzocht hoeveel koolstof er kan worden opgeslagen in verschillende natuurtypen. Echter is hierbij nog geen duidelijk overzicht of werkplan beschikbaar dat klein- en grootschalige boseigenaren in staat stelt om de koolstof vastlegging in hun bos te inventariseren en evalueren.



Figuur 2: De hoeveelheid CO<sub>2</sub> in atmosfeer (NASA, sd)

# 3 Landschaps biografie





## Landschapsbiografie

*Het Beekenbos kent een lange en dynamische geschiedenis. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de onstaans-, de bewonings- en de ontginningsgeschiedenis van het Beekenbos en haar nabije omgeving. Een visueel overzicht van de geschiedenis van het Beekenbos is te zien in figuur 4.*

### Weichselien

Aan het Weichselien zijn twee periodes voorafgegaan; het Saalien en het Eemien. Ongeveer 18.000 jaar geleden is tijdens het Weichselien de basis gelegd voor het huidige landschap van het Beekenbos. Tijdens deze meest recente ijstijd was de ondergrond permanent bevroren waardoor het stuifzand vrij spel kreeg en het gehele gebied bedekt werd met een golvende laag kalkloos dekzand. Op het einde van deze ijstijd begonnen de gletsjers te smelten. Dit smeltwater kon echter niet opgenomen worden in de bodem omdat deze nog in bevroren toestand verkeerde. Het smeltwater zocht een andere uitweg en stroomde naar zee. Door deze situatie zijn brede smeltwaterdalen in het landschap uitgesleten. Deze smeltwaterstromen zette het eerder opgestoven zand af in de vorm van dekzandruggen. Het huidige landschap van het Beekenbos is dus vormgegeven door het opstuiven van zand en het uitslijten van de bodem door smeltwater (Strootman, 2011).

### Holoceen

Ruim 11.000 jaar geleden brak een warme periode aan. De eerst zo droge en arme toendra maakte geleidelijk plaats voor bos. Het bos bestond destijds voornamelijk uit dennen en weinig tot geen loofboomsoorten. Enkele duizenden jaren later bereikte

loofboomsoorten het projectgebied pas. Door deze menging kon het bos aangeduid worden als Atlantisch eiken-lindenwoud, ofwel een oerbos (Strootman, 2011).

### Paleolithicum, Prehistorie

De tijd van jagers en verzamelaars begon ongeveer 10.000 jaar geleden, ofwel de steentijd. Dit is een periode die parallel loopt met het eerder benoemde Holoceen. In de nabije omgeving van het projectgebied zijn enkele archeologische vondsten gedaan die duiden op bewoning van het gebied. Na veranderen van het klimaat in het gebied is de menselijke activiteit door jagers en verzamelaars toegenomen wat leidde tot een jagerskamp in de nabije omgeving van het projectgebied. Opvallend is dat de bewoning in de omgeving van het projectgebied in de periode van vroegste bewoning tot aan het Neolithicum naar het noorden is verschoven.

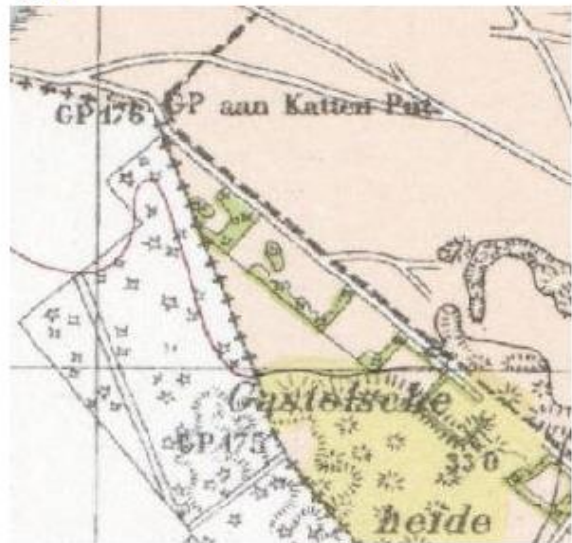
### Bronstijd, IJzertijd en Romeinse tijd

Aan de noordgrens van het projectgebied ligt een ondergegraven Urneveld dat dateert uit de Bronstijd. Wat opvalt is dat de bewoning in de Bronstijd en de IJzertijd voornamelijk plaatsvond op de vochtige dekzandgronden en dat de hoge dekzandgronden gemedend werden. Dit is te verklaren doordat vochtige grond gunstiger is voor kleinschalige landbouw (Strootman, 2011).

1850



1950



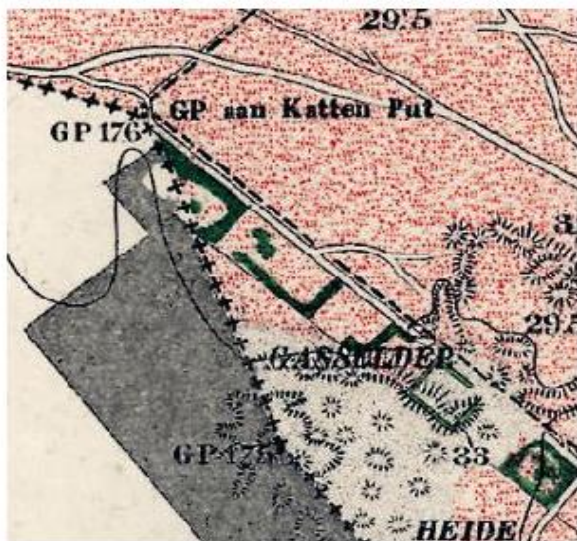
1900



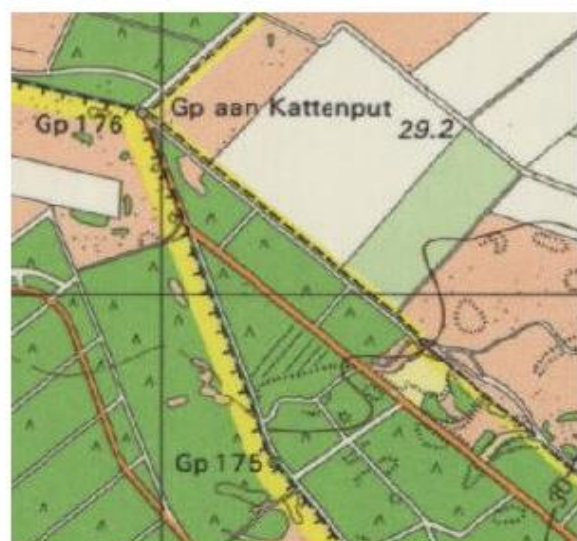
1960



1910



1985



Figuur 3: Recente ontwikkelingen landgebruik Beekenbos (Topo tijdreis, 2020)

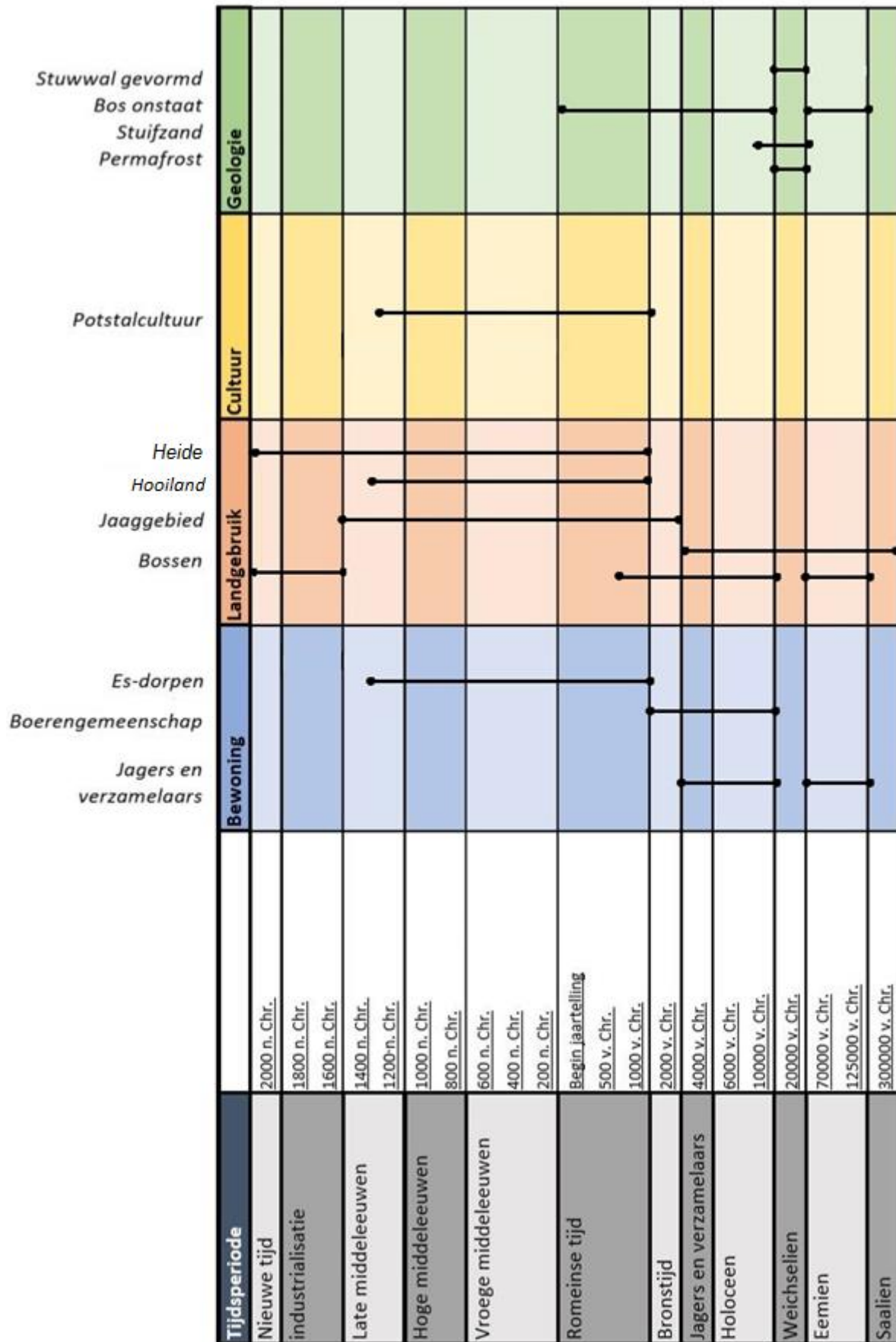
## Middeleeuwen

Ten tijde van de middeleeuwen was er sprake van een sterke bevolkingsgroei in de Brabantse Kempen. Deze toename van bevolking leidde tot een grotere vraag naar voedsel, en daardoor naar meer akkercomplexen. In de late middeleeuwen, toen de bevolking nog meer toenam, werd er een landbouwsysteem ontwikkeld om effectiever landbouw te plegen. Er werd voor landgebruik onderscheid gemaakt tussen de lagergelegen akkers, de hogere heidevelden en de laag gelegen hooivelden. Een belangrijk element voor dit systeem was het houden van vee. Het vee voorzagen in de nodige bemesting van de akkers en kreeg in ruil daarvoor de heidevelden en hooilanden voor grazen. In de winter voorzagen de hooilanden in de voedselvoorziening wanneer het vee op stal stond. Destijds werd het projectgebied ontbost ten behoeve van dit landbouwsysteem. Het projectgebied behoorde tot de Grootte Heide en de Gastelsche Heide. Sommige delen in de omgeving van het projectgebied zijn door het intensieve gebruik van de heideterreinen in de late middeleeuwen verstoven (Strootman, 2011).

## Moderne tijd

Rond 1860 is begonnen met het aanplanten van bossen op heideterreinen in de nabije omgeving van het projectgebied. Eerst werd dit gedaan door particulieren, daarna door Staatsbosbeheer (SBB). Zo is ten zuiden van het projectgebied in 1963 een bos aangeplant door SBB. Een reden voor de aanleg van bos in heideterreinen is de uitvinding van kunstmest waardoor de mest van vee overbodig geacht werd. In diezelfde tijd ontstond er een grote vraag naar grove den voor de mijnbouw. Daarnaast was de aanleg van bos noodzakelijk om de grootschalige verstuingen tegen te gaan (Strootman, 2011). De meest recente ontwikkelingen in landgebruik zijn weergegeven in *figuur 3*.

Ten noordwesten van het projectgebied is rond 1944 een militair oefenterrein aangewezen. Sinds 1965 is de bebossing van heideterreinen gestopt doordat er minder vraag meer was naar hout. Vanaf 1990 worden de eerste bossen aangewezen met natuurdoelstellingen, voorheen werden alleen bossen aangeplant met het oog op productiewaarden (Strootman, 2011).



Figuur 4: Visuele weergave cultuurhistorie Beekbos

# 4 Inventarisatie



## Inventarisatie

*Dit hoofdstuk geeft een uitgebreid overzicht van de huidige staat van het Beekenbos. Hierbij wordt ingegaan op de staande houtvoorraad, de huidige bodemkwaliteit en de vegetatie.*

### Bosinventarisatie methode

De huidige situatie van de vegetatie en het staand hout in het Beekenbos is geïnventarieerd aan de hand van een opstandsgewijze inventarisatie. Hiervoor wordt 10-15% van het bos geïnventarieerd, dat neerkomt op 4.500 m<sup>2</sup> te inventariseren bosopstand. Een opstandsgewijze inventarisatie berust zich op extrapolatie. Per plot wordt vanuit het vooraf bepaalde middelpunt een cirkel met een straal van 10 meter uitgezet, mits hierbinnen minimaal 20 bomen vallen. Wanneer er minder dan 20 bomen in de cirkel staan, wordt de straal uitgebreid om het minimaal aantal bomen te kunnen halen. Om 10-15% van de opstand te halen moeten er 15 plots uitgezet worden met een straal van minimaal 10 meter.

Om te bepalen welke plots geïnventarieerd moeten worden, zijn vooraf op een kaart aan de hand van een raster deze punten vastgelegd, zie *figuur 5*. Van deze punten zijn de gps-coördinaten bepaald. Via Google Maps zijn vervolgens in het veld deze punten gelokaliseerd en als middelpunt van de plots gebruikt. Hierbij moet wel worden vermeld dat er door een aantal aspecten afwijkingen in de bepaling van de exacte locaties kunnen zitten. Zo kan de precisie van Google Maps een aantal meters verschillen. Wanneer het gps-punt te dicht bij een rand van het bos of weg bevond, werd het punt een aantal meters verplaatst om een correct beeld van het bos te behouden. Een ander aspect is dat in het noordwesten van het gebied de punten relatief dicht bij elkaar lagen en het bos vrij open is, dat de radius van de cirkels heeft vergroot. Hierdoor zou er bij het behouden van de bepaalde punten een overlap in bomen zijn geweest. Om dit te compenseren zijn de

punten in het noordwesten wat verschoven om een accurate inventarisatie te kunnen behouden.

Doordat in het bos uiteindelijk is gekozen voor het vergroten van de straal van sommige plots, is er een groter oppervlakte geïnventarieerd dan verwacht. Het totaal geïnventarieerde bos is uiteindelijk 10.132 m<sup>2</sup>, oftewel 1 hectare. Dit komt uit op 22,9% van oppervlakte van het Beekenbos dat geïnventarieerd is.

### Analyse bosinventarisatie

Uit de complete bosinventarisatie is gebleken dat het bos voornamelijk uit vijf boomsoorten bestaat, Corsicaanse den (*Pinus nigra* var. *Corsicana*), Grove den (*Pinus sylvestris*), Berk (*Betula spec.*) en Amerikaanse eik (*Quercus Rubra*) en Inlandse zomereik (*Quercus Robur*).

Uit *tabel 1* blijkt dat de Corsicaanse den en de grove den het meest voorkomen in het gebied, dit zijn de oorspronkelijk aangeplante boomsoorten in het gebied. In *bijlage 1, figuur 1* zijn de stamtallen per boomsoort in een cirkeldiagram weergegeven, *bijlage 1, figuur 2* geeft het volume per boomsoort weer. De Corsicaanse dennen bevinden zich voornamelijk in het zuidwestelijke gedeelte van het gebied langs de grensweg van het gebied. De grove dennen komen voornamelijk ten oosten van het zuidelijke pad voor. Naast deze twee hoofdboomsoorten hebben zich recent loofboomsoorten gemengd in de opstand. De aanwezige berken en Amerikaanse eiken zijn gemiddeld 10 meter hoog. In *figuur 6* is de spreiding van de aanwezige boomsoorten als hoofdboomsoorten te vinden.





Tabel 1: Inventarisatie gegevens

<b>Boomsoort</b>	<b>Dg</b>	<b>Hg</b>	<b>N</b>	<b>Gv (m<sup>2</sup>/ha)</b>	<b>V (m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>Bijgroei</b>	<b>H/D</b>
Amerikaanse eik	12,39	9,32	71,06	0,86	4,21	0,42	75,23
Berk	13,87	10,19	106,60	1,61	7,67	0,75	73,43
Beuk	11,60	5,00	0,99	0,01	0,02	0,00	43,10
Corsicaanse den	40,62	21,52	113,51	14,71	153,54	6,84	52,97
Grove den	34,31	18,24	89,82	8,30	71,17	4,34	53,15
Inlandse eik	12,55	6,74	21,71	0,27	0,88	0,00	53,70

## Bijgroei

De bijgroei is het aantal m<sup>3</sup> aan hout dat er elk jaar bijgroeit door de groei van de bomen. De bijgroei wordt uitgedrukt in m<sup>3</sup> per hectare per jaar. In veel gevallen wordt de bijgroei van een bos bepaald door de opbrengsttabellen van Nederland. Echter is voor de huidige opstand geen aanplantjaar bekend waardoor het niet mogelijk is om de bijgroei via de opbrengsttabellen van Nederland te bepalen (Jansen & Oosterbaan, 2018). Wel is er een schatting van de leeftijd doormiddel van historische kaarten (Topo tijdreis, 2020) en op basis van het naastgelegen aangeplante perceel dat uit 1963 komt (Strootman, 2011). Met deze informatie wordt het aanplantjaar tussen 1960 en 1970 geschat dat de opstand 49 tot 59 jaar oud maakt.

Om de bijgroei toch te kunnen berekenen zijn met een aanwasboor een aantal boringen uitgevoerd. Aan de hand van deze boringen is een omrekening gedaan naar de gemiddelde bijgroei per hectare. Deze is per boomsoort weergegeven in *bijlage 1, figuur 3*.

Uit deze gegevens is af te leiden dat de bijgroei voor Corsicaanse den, de hoofdboomsoort van het gebied, 6,84 m<sup>3</sup> per jaar is. Dit is voor deze boomsoort met de geschatte leeftijd van ongeveer 55 jaar oud onder de maat. Wanneer er in de opbrengsttabellen wordt gekeken zou aan de hand van de huidige hoogte van de Corsicaanse dennen, in combinatie met de geschatte leeftijd, het bos een boniteit (groei klasse) van 3 krijgen. Wanneer je dan in de opbrengsttabellen naar de bijgroei van de Corsicaanse den gaat kijken zou deze op 16,7 m<sup>3</sup> bijgroei per jaar moeten zitten. Hiernaar kijkend zit er een erg groot verschil in de bijgroei. Dit is mogelijk te verklaren door de droge zomers van 2018 en 2019. Uit gesprekken met onder andere Probos en Bosgroepen Noordoost is gebleken dat door de droogte in bossen in heel Nederland beperkte tot geen bijgroei is gesignaleerd in de afgelopen 2 jaar. De aanwasboor registreert alleen de bijgroei van de laatste jaren doordat er wordt gekeken naar de hoeveelheid jaarringen in de laatste centimeter. Hierdoor valt bij een meting met een aanwasboor ook op te merken dat bijgroei beperkt is geweest en veel lager uitvalt dan het zou moeten zijn voor de vergelijkbare boniteit bij de opbrengsttabellen.

## Vegetatie

Naast de boomsoorten zijn ook moslaag, kruidlaag en struiklaag geanalyseerd. In de moslaag komt gewoon klauwtjes mos voor zie *figuur 7*. Dit mos bevindt zich in vrijwel het hele bos en beslaat op sommige meetlocaties een groot deel van de bodem. Vooral in stukken waar een beperkte hoeveelheid loofbomen staan en de bodem open is komt dit mos in hoge bedekkingspercentages voor. In de kruid en struiklaag is voornamelijk verjonging te vinden van de reeds aanwezige boomsoorten en de Amerikaanse Vogelkers. Opvallend is dat er verder in het zuidoosten van het gebied struikheide (*Calluna vulgaris*) in combinatie met pijpenstrootje (*Molina cearulea*) groeit, zie *figuur 8*. Dit is mogelijk te verklaren vanuit de oude gronden in het Beekenbos, voorheen was het Beekenbos heideterrein, zie *paragraaf cultuurhistorie*. Vermoedelijk is de vegetatie opgeschoten vanuit deze oude gronden.

## Kwaliteit

Tijdens de inventarisatie is de kwaliteit van de bomen geanalyseerd. Dit werd gedaan per gemeten plot en beoordeeld op een schaal van 1-10. Gemiddeld behaalde het Beekenbos hiervoor een 7,5. De kwaliteit is bepaald aan de hand van de volgende kenmerken: Rechtheid stam, vitaliteit kroon, mate van beschadigingen aan de stammen en de mate van vergroeiingen.

Te stellen is dat over het algemeen de opstand kwalitatief goed is, met name de Corsicaanse dennen groeien recht en tak vrij. Bij de Grove dennen lag de kwaliteit een stuk lager, dit is te wijten aan verdraaiingen in de stam, afgebroken takken in de kronen en soms beschadigingen op de stam. De loofboomsoorten vertonen goede kwaliteit kenmerken, echter is de toekomstige kwaliteit lastig te voorspellen doordat de loofboomsoorten zich nog niet in de boomfase bevinden.



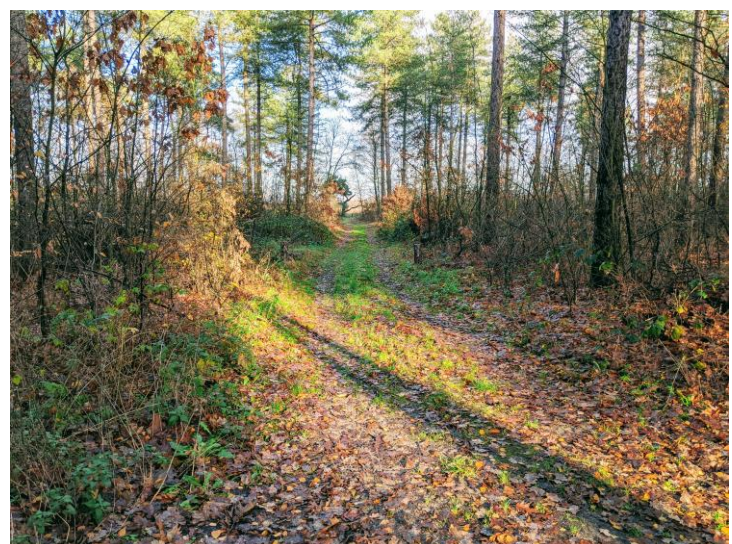
Figuur 7: Gewoon klauwtjes mos (van Egmond, 2020)



Figuur 8: Struikhei (van Egmond, 2020)



Figuur 9: Open bos, grove dennen (van Egmond, 2020)



Figuur 10: Pad door het bos (van Egmond, 2020)

## Dood hout

Voor de waardering van het dood hout is per plot gekeken naar de hoeveelheid aanwezig staand en liggend dood hout. Over het algemeen is er een degelijke hoeveelheid liggend dood hout in het bos te vinden, zie *figuur 11*. Dit gaat voornamelijk over dunnere stammen en takken. Er is echter maar een beperkte hoeveelheid staand dood hout aanwezig in het bos, met name dikkere stammen met dood hout ontbreken. Voor de bevordering van de biodiversiteit, en daarmee de groeisnelheid en CO<sub>2</sub>-opslag, zou een grotere aanwezigheid van dood hout een pré zijn.



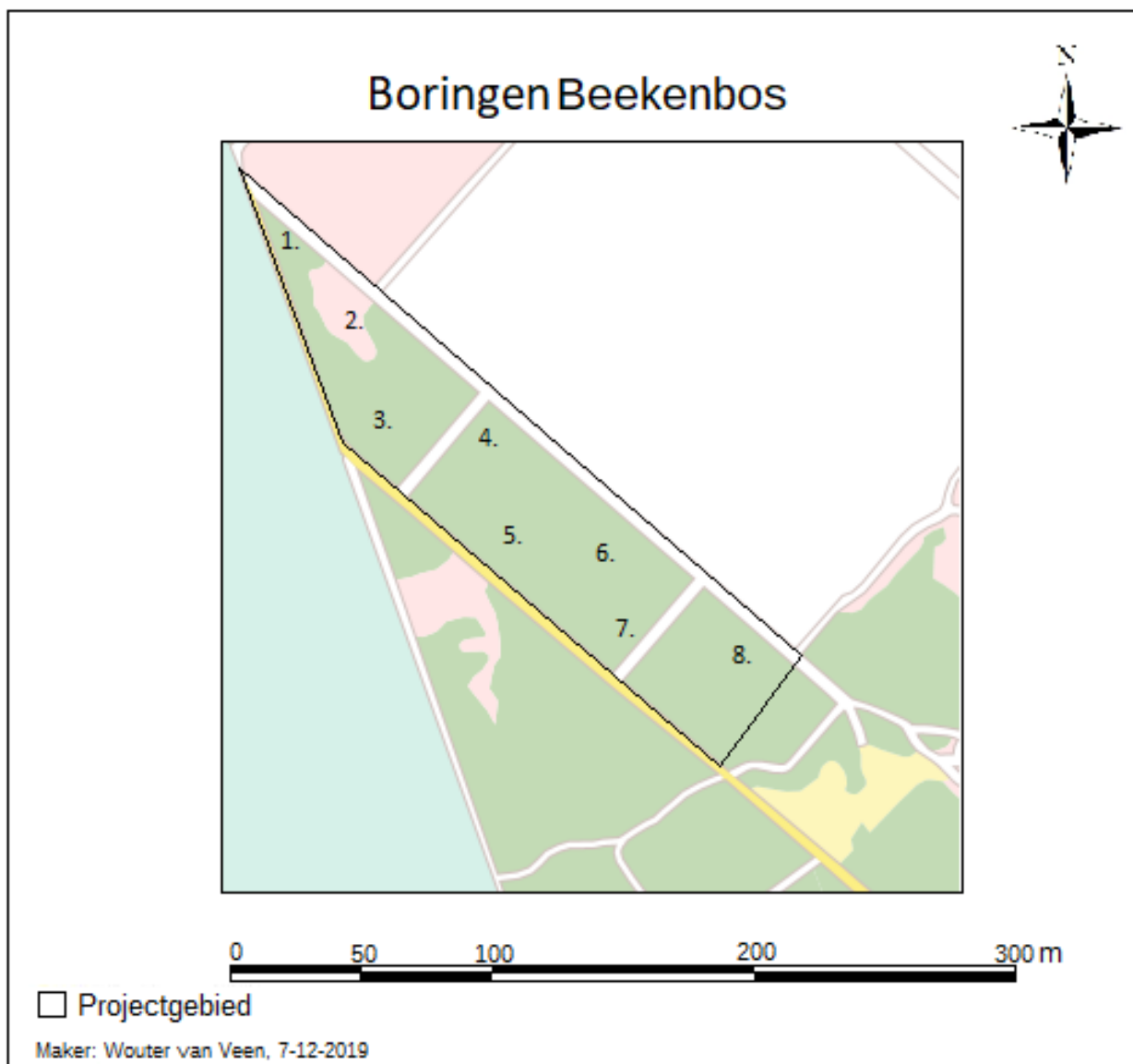
*Figuur 11: Aanwezig dood hout (van Egmond, 2020)*

## Bodem en landgebruik

Om de bodem van het Beekenbos te classificeren zijn acht grondboringen uitgevoerd. De boorstaten zijn in *figuur 13* weergegeven. De locaties van de boringen zijn vooraf bepaald en ter plekke gelokaliseerd aan de hand van GPS-coördinaten, deze locaties zijn te vinden in *figuur 12*. Het Beekenbos maakt deel uit van het zuidelijke dekzandlandschap. Hieronder vallen de droge zandgronden van Nederland. Kenmerkend voor deze zandgronden is dat ze voedselarm, droog en zuur zijn. Tijdens de boringen is er weinig organisch materiaal in de grond aangetroffen evenals het ontbreken van grondwater tot op 150 cm onder maaiveld. Wel zijn roestplekken in de bodem aangetroffen, dit betekent dat in het verleden de grondwaterstand hoger is geweest. De zuurgraad van de boringen ligt vrij hoog, namelijk een pH-waarde van 3,6 tot 4,5.

Na het determineren (Ten Cate, van Holst, Kleijer, & Stolp, 1995) van de boorstaten is gebleken dat het Beekenbos drie verschillende bodems bezit: een vlakvaaggrond (*boring 1, 2, 5, 6 en 7*), een duinvaaggrond (*boring 3*) en een haarpodzolgrond (*boring 4 en 8*). Deze bodems worden vaak samen aangetroffen en worden geclassificeerd als zandgrond. Vaaggronden zijn jonge bodems waarin nog weinig ontwikkeling in heeft plaats gevonden vanwege het stuiven van zand. Er komt frequent enige humus (grijs/bruin) in de bovenlaag voor. Deze humuslaag gaat langzaam over in geel mineraalloos dekzand, ook wel het moedermateriaal genoemd. Het verschil tussen beide vaaggronden is dat de vlakvaaggrond hydromorfe kenmerken vertoont, namelijk roestvlekken. De duinvaaggrond vertoont deze kenmerken niet. Voor de aanplant van het Beekenbos heeft Boswachterij Leende de bodem tot circa 80 cm diepte gespit. Bij *boring 1* is de begraven mineraalrijke (zwarte) laag waar te nemen. Vaaggronden hebben normaliter een minerale bovenlaag van maximaal 40 cm dik, in *figuur 13* is te zien dat deze laag dikker is dan 40 cm. Dit leidt tot een ontwikkeling naar een podzolgrond.

De aangetroffen haarpodzolgrond is een veel voorkomende bodem in de hoge zandgronden van Nederland. Een haarpodzolgrond is te herkennen aan zijn donkere minerale bovenlaag waarin organisch materiaal is omgezet, deze donkere laag wordt gevolgd door een grijze uitspoelingslaag. Door neerslagprocessen zijn de mineralen vanuit deze grijze laag naar de onderliggende laag getransporteerd. De haarpodzolgrond wordt gerekend tot de xeropodzolgronden. Kenmerkend voor xeropodzolgronden is de aanwezigheid van een lage grondwaterstand.



Figuur 12: Boorlocaties (van Veen, 2020)





1.

2.

3.

4.



5.



6.



7.



8.

Figuur 13: De 8 boorstaten: een vlakvaaggrond (boring 1, 2, 5, 6 en 7), een duinvaaggrond (boring 3) en een haarpodzolgrond (boring 4 en 8) (Stuivenberg, 2020)







5 CO<sub>2</sub>-

opname in

het bos



## CO<sub>2</sub>-opname in het bos

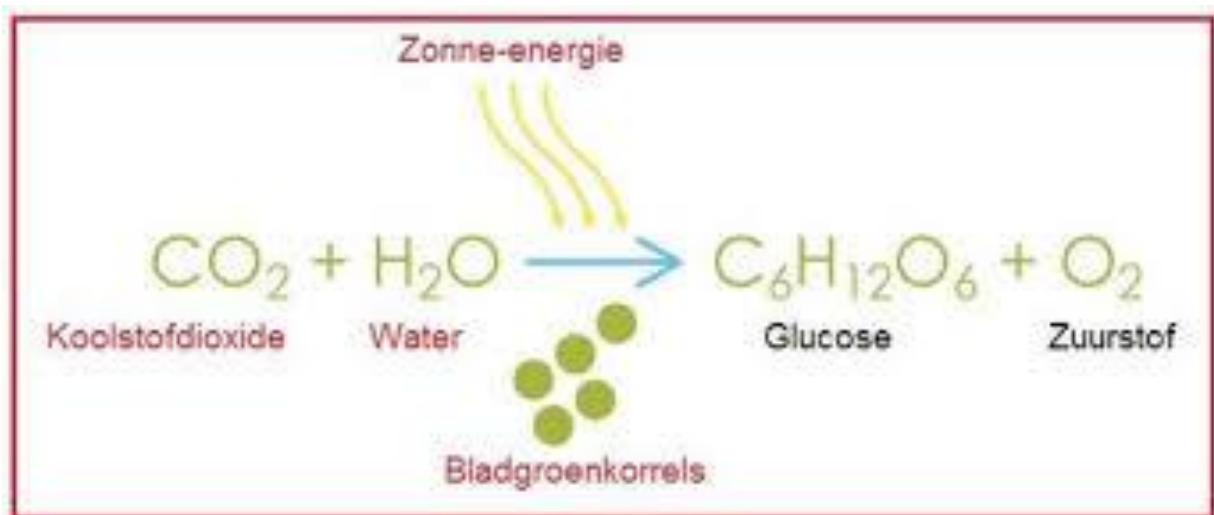
Dit hoofdstuk geeft essentiële achtergrondinformatie met betrekking tot de opname van CO<sub>2</sub> in bos. De opname van CO<sub>2</sub> vindt plaats in twee onderdelen, de bodem en het hout.

### CO<sub>2</sub>-vastlegging in de bodem

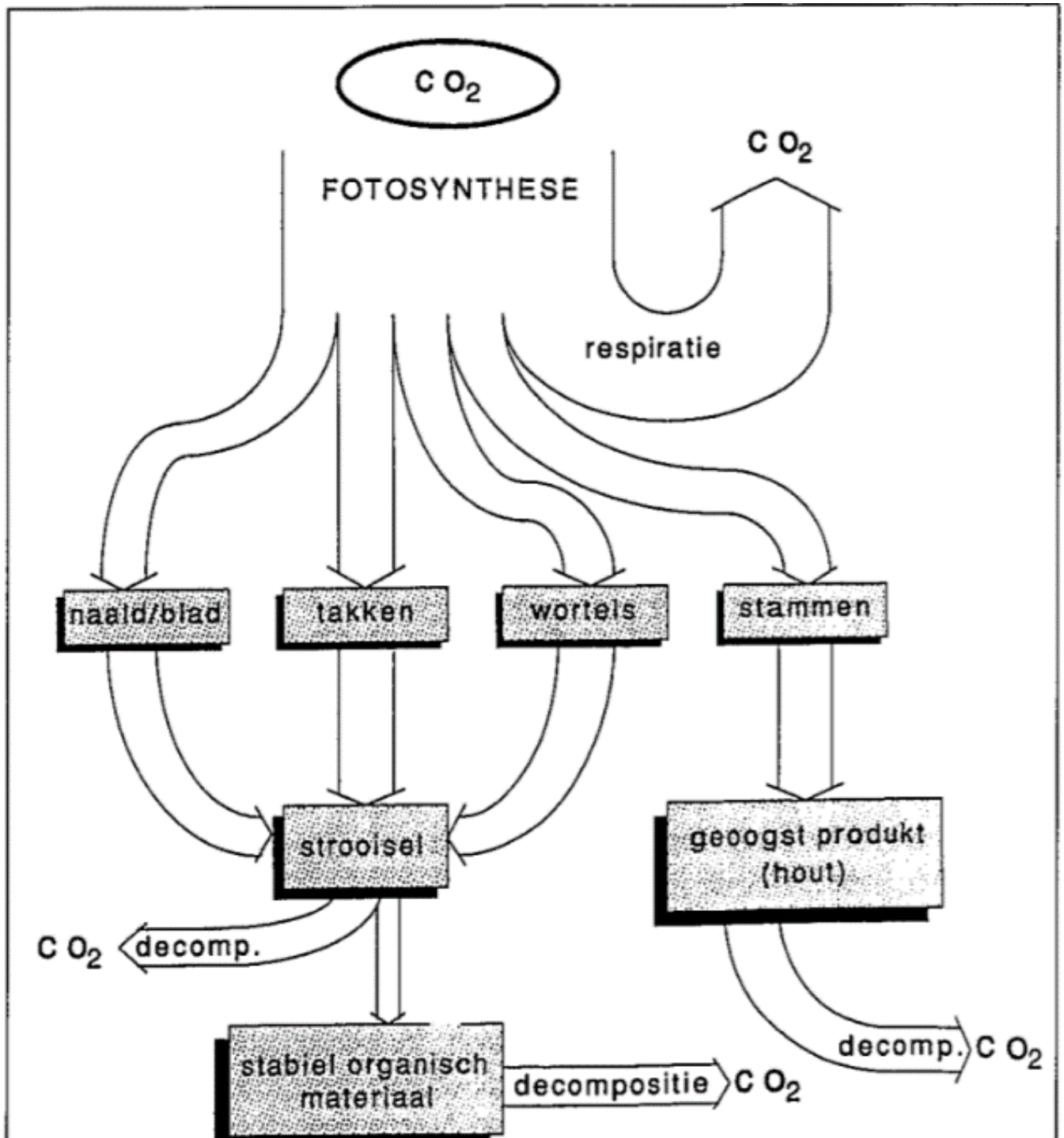
Bladeren en takken komen na verloop van tijd op de bosbodem terecht en vormen het begin van de ontwikkeling van een strooisellaag. De strooisellaag bestaat uit opgehoopt organisch materiaal dat langzaam afgebroken wordt op een natuurlijke manier door schimmels en bodemdieren. Deze afbraak heeft twee producten als gevolg; een onstabiele en een stabiele humuslaag. De onstabiele humuslaag legt voor een korte tijd CO<sub>2</sub> vast waarna deze aan de atmosfeer wordt vrijgegeven. De stabiele humuslaag houdt echter voor een lange periode CO<sub>2</sub> vast en is een duurzame oplossing voor de vastlegging van CO<sub>2</sub>. Het is te concluderen dat CO<sub>2</sub> in een kringloop zit omdat de CO<sub>2</sub> kan worden opgeslagen en worden vrijgegeven. Een vereenvoudigde weergave van de CO<sub>2</sub>-kringloop is in *figuur 15* weergegeven (Nabuurs & Mohren, 1994).

### CO<sub>2</sub>-vastlegging in het hout

CO<sub>2</sub> wordt door de boom via bladeren of naalden opgenomen en vervolgens via fotosynthese omgezet in suikers (glucose) en zuurstof zoals te zien in *figuur 14*. De zuurstof komt direct weer in de lucht en de suikers worden naar de andere delen van de boom getransporteerd zoals de bladeren, de takken, de wortels en de stam. Suiker wordt daar omgezet in structuurweefsel waardoor de boom groeit. Delen als de takken en de stam zullen langer onderdeel uitmaken van de boom dan bijvoorbeeld de bladeren. Hieruit is te concluderen dat de langdurige koolstof opslag in de houtige delen van de boom plaatsvindt (Nabuurs & Mohren, 1994).



*Figuur 14:5 De chemische reactie van fotosynthese (Börger & Broekhuisen, 1994)*



Figuur 15: CO<sub>2</sub> kringloop in het bos (Nabuurs & Mohren, 1994)

6 CO<sub>2</sub>

inventarisatie



## CO<sub>2</sub> inventarisatie

Dit hoofdstuk geeft een toelichting op de berekening van CO<sub>2</sub>-opslag in de bodem en in het hout en de uitkomsten daarvan.

### CO<sub>2</sub>-vastlegging op basis inventarisatie in bodem

Voor het berekenen van de CO<sub>2</sub>-opslag in de bodem wordt een andere methode gehanteerd dan voor de CO<sub>2</sub>-opslag berekening in bomen. In *tabel 2* is de gemiddelde koolstofvoorraad in de stabiele humus van Nederland voor een aantal bodemsoorten per hectare weergegeven (Nabuurs & Mohren, 1994). Deze zijn gebruikt om een indicatie te krijgen hoeveel CO<sub>2</sub> de gevonden bodems vasthouden. Om van koolstof (C) naar CO<sub>2</sub> te komen is dezelfde conversiefactor ( $44,01/12,01 = 3,66$ ) als in het voorgaande hoofdstuk gebruikt.

Een gemiddelde CO<sub>2</sub>-waarde van de drie gevonden bodemsoorten (Vlakvaaggrond, duinvaaggrond en haarpodzolgrond) is berekend om een indicatie te krijgen van de huidige voorraad CO<sub>2</sub>-opslag in de bodem van het Beekenbos. De totale vastlegging in het Beekenbos betreft 929 ton CO<sub>2</sub>.

Tabel 2: Berekeningen huidige CO<sub>2</sub>-opslag bodem

<b>Bodemsoort</b>	<b>Stabiele humus Ton C / ha</b>	<b>Stabiele humus Ton CO<sub>2</sub> / ha</b>	<b>Totale oppervlakte Ton CO<sub>2</sub></b>
Venige en moergronden	425	1555,5	6999,8
Haarpodzolgrond	107	385,2	1733,4
Duinvaaggrond	49	176,4	793,8
Vlakvaaggrond	16	57,6	259,2
Gemiddelde	57,33	206,4	928,8

Tabel 3, Resultaten CO<sub>2</sub> berekeningen totale volume

<b>Boomsort</b>	<b>V</b>	<b>V * BEF</b>	<b>KG Dry Mass</b>	<b>KG with R/S</b>	<b>C</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>
Amerikaanse eik	4,21	5,56	3224,94	4708,42	2401,29	8788,73
Berk	7,67	10,13	5771,89	8426,96	4297,75	15729,77
Beuk	0,02	0,03	19,88	29,02	14,80	54,17
Corsicaanse den	153,54	202,67	99310,44	128110,47	61493,02	225064,47
Grove den	71,17	93,94	46031,03	59380,03	28502,42	104318,85
Inlandse eik	0,88	1,16	670,05	978,28	498,92	1826,05

Tabel 4, Resultaten CO<sub>2</sub> berekeningen bijgroei

<b>Boomsort</b>	<b>Icv (bijgroei in m<sup>3</sup>)</b>	<b>Icv * Drymass (kg)</b>	<b>Icv C (kg)</b>	<b>Icv CO<sub>2</sub> (kg)</b>
Amerikaanse eik	0,42	245,35	125,13	457,97
Berk	0,75	427,53	218,04	798,02
Corsicaanse den	6,84	3353,42	1710,25	6259,50
Grove den	4,34	2127,89	1085,22	3971,92



## CO<sub>2</sub>-vastlegging op basis van inventarisatie in hout

Op basis van de inventarisatie is gekeken naar de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die er momenteel wordt vastgehouden in het Beekenbos. Hiervoor zijn er een aantal stappen van de IPCC doorgelopen om tot de conversie m<sup>3</sup> naar CO<sub>2</sub> te komen. In *tabel 3 en 4* zijn alle resultaten van de berekening weergegeven. Hiervoor zijn de volgende stappen ondernomen:

1. Het berekenen van de hoeveelheid volume (*V*) wat aanwezig is per boomsoort in het gehele gebied in m<sup>3</sup>. Bij het werkhoutvolume ontbreekt het tak hout.
2. Hiervoor wordt een Biomassa Expansie Factor (*BEF*) toegepast op het werkhoutvolume. De gehanteerde factoren zijn te vinden in *bijlage 2*. Voor de factor is er gebruik gemaakt van de gemiddelde factor.
3. Om tot een accurate berekening van de hoeveelheid koolstof te komen zal de fractie droge stof per m<sup>3</sup> moeten worden berekend. Dit wordt gedaan door de voorgaande waarde te vermenigvuldigen met de houtdichtheidsfactor (*D*) en vervolgens te vermenigvuldigen met 1000 om van cm<sup>3</sup>/g naar m<sup>3</sup>/kg te gaan. De gebruikte factoren zijn te vinden in *bijlage 3*.
4. Daarnaast slaan bomen in de vorm van wortels ook biomassa op. Deze factor wordt meegerekend door de Root/Shoot ratio toe te passen. Deze factor wordt vermenigvuldigd met de waarde uit stap 3. Het gehanteerde ratio komt uit het IPCC 2006 (IPCC, 2006), hier wordt de fractie bepaald aan de aanwezige hoeveelheid bovengrondse biomassa. Omdat er voor naaldbomen tussen de 50 en de 150 ton aanwezig is per ha wordt factor 0,29 gehanteerd. In het geval van loofbomen is de hoeveelheid bovengrondse biomassa minder dan 75 ton per ha waardoor factor 0,46 wordt gehanteerd. De gehanteerde tabel is terug te vinden in *bijlage 4*.
5. Als de hoeveelheid biomassa in kg bekend is, wordt deze vermenigvuldigd met de koolstoffractie. Voor een gematigd klimaat is een waarde van 0,48 voor naaldbomen en 0,51 voor loofboomsoorten vastgesteld, zie *bijlage 5*.
6. Als de totale hoeveelheid koolstof is berekend moet dit nog worden verrekend met de CO<sub>2</sub> fractie. Dit wordt berekend door de molaire massa van CO<sub>2</sub> te delen door de molaire massa van koolstof (C). Dit geeft een conversiefactor die kan worden toegepast op de totale hoeveelheid koolstof. De molaire massa van CO<sub>2</sub> is 44,01 g/mol en die van C is 12,01 g/mol. Conversiefactor =  $44,01/12,01 = 3,66$ .

De berekening kan samengevat worden als: CO<sub>2</sub> waarde = Werkhoutvolumevolume \* BEF \* R/S ratio \* Houtdichtheidsfactor \* Koolstoffractie \* Conversiefactor

Wanneer deze formule wordt toegepast op de gemeten data bij de inventarisatie komt er een CO<sub>2</sub> gehalte van 355,782 ton CO<sub>2</sub> per hectare uit. Voor het gehele Beekenbos is dit dan 1574 ton CO<sub>2</sub> dat op dit moment wordt gecompenseerd. In *bijlage 1, figuur 4* is de totale CO<sub>2</sub>-compensatie per boomsoort weergegeven.

# 7 Ideaalbeeld

## CO<sub>2</sub> bos



## Ideaalbeeld CO<sub>2</sub> bos

*Dit hoofdstuk geeft een beschrijving van een bos dat op optimale wijze CO<sub>2</sub> opslaat. Hierbij wordt wederom onderscheid gemaakt tussen de opslag in de bodem en de opslag in het hout. Deze beschrijving is nodig om in hoofdstuk 8, Beheerplan, een vergelijking te maken met het huidige Beekenbos.*

### Ideaalbeeld bodem

Om te bepalen welke bodem optimaal geschikt is voor de opslag van CO<sub>2</sub> wordt *tabel 2* geraadpleegd. Uit *tabel 2* blijkt dat in venige en moerige gronden de meeste CO<sub>2</sub>-vastlegging plaatsvindt. Echter venige en moergronden zijn geen geschikte groeiplaats voor veel boomsoorten die optimaal CO<sub>2</sub> vastleggen. Om deze reden worden randvoorwaarden aan de optimale bodemsoort verbonden; geschiktheid voor arme zandgronden. Aan deze randvoorwaarde voldoen de holtpodzolgronden en de haarpodzolgronden. Voor het berekenen van het aantal ton CO<sub>2</sub> per hectare wordt dezelfde conversiefactor als in hoofdstuk 6, *CO<sub>2</sub> inventarisatie*, toegepast. De berekeningen voor de opslag van CO<sub>2</sub> in een optimale bodem zijn in *tabel 5* weergegeven. Holtpodzolgronden zijn met gemiddeld 472 ton CO<sub>2</sub> vastlegging per hectare het best gebleken voor de opslag van CO<sub>2</sub> in de zandbodems van Nederland.

*Tabel 2: Opslag optimale bodem berekeningen.*

<b>Bodem</b>	<b>Stabiele humus Ton C / ha</b>	<b>Stabiele humus Ton CO<sub>2</sub> / ha</b>
<i>Haarpodzolgrond</i>	107	385,2
<i>Holtpodzolgrond</i>	131	471,6

### Ideaalbeeld hout

Om te bepalen welke boomsoort optimaal CO<sub>2</sub> vastlegt, zijn de meest voorkomende boomsoorten in Nederland geanalyseerd. Voor dit onderzoek zijn dit monoculturen van de beuk, de berk, de inlandse eik, de Amerikaanse eik, de douglas, de grove den en de Corsicaanse den. Deze soorten kunnen gedijen op de huidige bodem van het

Beekenbos. Per boomsoort wordt het omslagpunt vastgesteld. Het omslagpunt is het best te omschrijven als het punt waarop de boom weinig tot niet meer in dikte groeit en het daardoor aan te raden is te gaan oogsten. Zo kan worden berekend in welke tijdsomloop de bomen kunnen groeien, wat interessant is voor de CO<sub>2</sub>-opslag. Voor het vaststellen van het omslagpunt en de volumes zijn opbrengsttabellen (Jansen & Oosterbaan, 2018) geraadpleegd, hierbij is de boniteit 3 (voedselrijkdom klasse) gehanteerd. De stappen die zijn toegepast om het aantal ton CO<sub>2</sub> per boom te berekenen betreffen de eerder beschreven methode uit hoofdstuk 6, *CO<sub>2</sub> inventarisatie*, de resultaten zijn weergegeven in *tabel 3*.

De jaarlijkse optimale aanwas CO<sub>2</sub> per boomsoort is weergegeven in *bijlage 1 figuur 6*. De douglasspar legt 15,5 ton CO<sub>2</sub> per jaar per hectare vast in een monocultuur en is vanuit de optimale vastlegging dé CO<sub>2</sub> boomsoort. De douglas heeft naast een hoge CO<sub>2</sub>-vastlegging ook een snelle omlooptijd van 60 jaar. Na 60 jaar is de douglas op zijn omslagpunt en kan vanaf dat moment, vanwege zijn hoge houtkwaliteit, verwerkt worden tot kwaliteitsproducten. Echter vanuit het klimaatbestendig perspectief is het aan te raden naast deze optimale 'CO<sub>2</sub> boom' ook andere soorten met een hoge vastlegging te introduceren om zo het behoud van de opstand te garanderen. *Figuur 16* geeft een beeld van een potentieel ideaal bosbeeld weer.

Vier boomsoorten die mogelijk passen in het ideaalbeeld van een CO<sub>2</sub> bos in een menging met douglas worden hiernaast behandeld.

De beuk legt 8,6 ton CO<sub>2</sub> vast per hectare in een monocultuur. De beuk heeft een



*Figuur 16: Ideaal bosbeeld (de Jong, 2015)*

omlooptijd van 95 jaar. Door zijn dichte kroon en zijn verzurende werking op de bodem, is het niet aan te raden om deze boomsoort aan te planten in een menging met douglas. Tevens levert de beuk niet de gewenste houtkwaliteit en valt daarom als potentieel te introduceren boomsoort in het Beekenbos (Jansen, et al., 2018).

In een monocultuur legt de Corsicaanse den 12,6 ton CO<sub>2</sub> per hectare per jaar vast. Dit aantal is aanzienlijk lager ten opzichte van de vastlegging van de douglas. De boom heeft een omlooptijd van 80 jaar. De Corsicaanse den produceert een goede houtkwaliteit. Echter is het nadelig dat de Corsicaanse den zichzelf niet kan verjongen waardoor er altijd aanplant nodig zal blijven. Door het ontbreken van verjongend vermogen is gekozen de Corsicaanse den niet in een menging met douglas te introduceren (Jansen, et al., 2018).

De esdoorn is een boomsoort die een goede houtkwaliteit produceert. Het omslagpunt ligt rond de 35 jaar. De esdoorn is geschikt om in een menging met douglas aan te planten vanwege het percentage CO<sub>2</sub>-vastlegging, de hoge houtkwaliteit en daarmee de lange vastlegging in kwaliteitsproducten. Vanuit het klimaatbestendige perspectief is deze menging aan te raden. Tevens is de boomsoort een strooiselverbeteraar (Jansen, et al., 2018).

De winterlinde is een potentieel interessante soort voor de aanplant samen met de douglas. De winterlinde produceert een gemiddeld goede houtkwaliteit. Vanwege zijn goede invloed op de strooisellaag is het aan te raden deze soort in een menging met douglas aan te planten. Echter is het onzeker of deze soort aanslaat op droge zandgronden (Jansen, et al., 2018).

# 8 Beheerplan



## Beheerplan

*Dit hoofdstuk behandelt de verschillen tussen het ideaalbeeld en het huidige beeld van het Beekenbos op het gebied van bodem, bijgroei, houtvoorraad en CO<sub>2</sub>-vastlegging en is gekeken naar alternatieve boomsoorten. Vanuit deze verschillen wordt een beheeradvies met planning gegeven.*

### Vergelijking optimale situatie met huidige situatie

#### Bodem

Uit de voorgaande inventarisatie is gebleken dat in het Beekenbos sprake is van duinvaaggronden, vlakvaaggronden en er sporadisch sprake is van haarpodzolgronden. Deze gronden hebben een gemiddeld lage CO<sub>2</sub>-vastlegging. De vlakvaaggronden hebben een lage CO<sub>2</sub>-vastlegging van 57,6 ton CO<sub>2</sub> per hectare. In vergelijking met het ideaalbeeld leggen deze bodems weinig CO<sub>2</sub> vast. Zo legt een holtpodzolgrond gemiddeld 471,6 CO<sub>2</sub> per hectare vast, de vastlegging ligt in het ideaalbeeld dus veel hoger dan in het huidige Beekenbos.

#### Bijgroei

Voor de bijgroei is er een vrij groot verschil te vinden in de hoeveelheid CO<sub>2</sub> die wordt opgeslagen. De CO<sub>2</sub>-bijgroei in de huidige aanwezige boomsoorten is op dit moment 6,3 ton per hectare per jaar voor Corsicaanse den en 3,9 ton per hectare per jaar voor de grove den, zie *bijlage 1 figuur 5*. Volgens het ideaalbeeld heeft de Corsicaanse den een bijgroei van 16,1 en de grove den een bijgroei 5,7 ton per hectare per jaar, zie *bijlage 1 figuur 6*. De Corsicaanse den is een boomsoort die onder de goede omstandigheden een erg hoge bijgroei in massa heeft en deze tot op late leeftijd ook kan volhouden. Volgens het ideaalbeeld is de douglas beter geschikt voor CO<sub>2</sub>-vastlegging op het gebied van bijgroei dan de Corsicaanse den. Onder ideale omstandigheden kan de boom op de leeftijd van 40 jaar 21,2 ton CO<sub>2</sub> per hectare per jaar vastleggen. Kijkend naar de overige boomsoorten is de grove den de boomsoort

die het minste aan bijgroei oplevert waarbij soorten zoals beuk en eik een hogere bijgroei opleveren. Een volledig beeld van bijgroei per boomsoort vergeleken met het ideaalbeeld is in *tabel 6* weergegeven.

*Tabel 6: Vergelijking bijgroei huidig, ideaal.*

<b>Boomsoort</b>	<b>Bijgroei CO<sub>2</sub> huidig indien aanwezig in ton per ha per jaar</b>	<b>Bijgroei CO<sub>2</sub> ideaalbeeld in ton per ha per jaar</b>
<i>Amerikaanse eik</i>	0,45	10,0
<i>Berk</i>	0,80	8,70
<i>Beuk</i>	4,20	11,50
<i>Corsicaanse den</i>	6,30	16,10
<i>Douglas</i>	Afwezig	21,20
<i>Grove den</i>	4,00	5,80
<i>Inlandse eik</i>	Afwezig	9,70

#### Houtvoorraad en CO<sub>2</sub>-vastlegging

De huidige houtvoorraad van het Beekenbos kan worden vergeleken met de optimale situatie. De meest voorkomende boomsoorten in het gebied zijn de Amerikaanse eik, Corsicaanse den, inlandse eik, Grove den en berk. Bekend is dat de douglas in een optimale situatie de meeste CO<sub>2</sub> vastlegt. Te concluderen is dat de huidige boomsoorten in vergelijking met de optimale situatie minder volume bevatten en daarmee minder CO<sub>2</sub> vastleggen.



## Alternatieve boomsoorten

Ondanks dat douglas de boomsoort is die de hoogste CO<sub>2</sub>-vastlegging gaat opleveren is het een exoot met een negatieve werking op de bodem. Daarnaast is hij niet volledig klimaat bestendig en is een monocultuur van douglas erg vatbaar voor ziekten en plagen. Met het oog op klimaatbestendig bosbeheer worden een aantal alternatieve boomsoorten behandeld en geadviseerd welke mogelijk handig zijn in een menging met de douglas of ter vervanging hiervan. Hiervoor is gekeken naar schaduwtolerantie, bodemvruchtbaarheid eisen, droogteresistentie, zuurtolerantie, bodem verbeterend strooisel en menging mogelijkheden, zie *tabel 7* (Jansen, et al., 2018).

*Tabel 7: Potentiele boomsoorten*

<b>Boomsoort</b>	<b>Advies</b>
<i>Haagbeuk</i> ( <i>Carpinus betulus</i> )	De haagbeuk is een klimaatbestendige boomsoort en is bestand tegen extremen (droogte) en kan dienen als bodemverbeteraar. De haagbeuk eist niet te droge, voedselarme en zure omstandigheden en is schaduwtolerant. Hij is te combineren met eiken, esdoorns en zoete kers. De boom kan goed hout leveren voor bijvoorbeeld meubels
<i>Populier</i> ( <i>Populus spec.</i> )	Grauwe abeel en ratelpopulier zijn droogteresistente populieren. De bomen kunnen groeien op droge, matig voedselrijke en het liefst kalkhoudende bodems. Ratelpopulier is minder veeleisend maar heeft wel een hogere lichtbehoefte dan de grauwe abeel. Doordat populieren snel groeien en hoog worden vormen ze al gauw een bosklimaat. Het hout is niet duurzaam en wordt onder andere gebruikt voor pallets.
<i>Robinia</i> ( <i>Robinia pseudoacacia</i> )	De robinia levert een van de meest duurzame houtsoorten van Europa. Zijn goed verteerbare bladeren zorgen voor een goede strooisel laag. De boomsoort is bestand tegen droogte en is een licht eisende boomsoort. De soort is wel gevoelig voor wind dus moet niet aan een bosrand geplaatst worden. Hij groeit niet op te zure bodems.
<i>Grove den</i> ( <i>Pinus sylvestris</i> )	De grove den is een lichtboomsoort die verder weinig eisen heeft en geschikt is voor droge woeste gronden. De naalden zijn lastig te verteren en daardoor draagt de soort niet bij aan een goede bodem. Het hout kan gebruikt worden voor constructie- en meubelhout.
<i>Reuzenzilverspar</i> ( <i>Abies grandis</i> )	De jonge bomen van de reuzenzilverspar verdragen veel schaduw. De boom groeit niet op kalkhoudende bodems en kleigronden en kan goed tegen droge en arme bodems. Strooisel zet snel om en is neutraal tot positief voor de bodem. Het hout is niet erg duurzaam.
<i>Boomhazelaar</i> ( <i>Corylus colurna</i> )	De boomhazelaar is een lichtboom soort die van nature in zuidoost Europa, Turkije en Iran voorkomt. Het is een soort redelijk droogte resistent is en geen voedselrijke bodems behoeft (Goudzwaard, 2013). Omdat deze soort van nature voorkomt in veel droge gebieden is hij met de huidige klimaat veranderingen erg klimaatbestendig. Het is ook een boomsoort die op dit moment veel door Bosgroepen wordt aangeplant als een klimaat bestendige soort.

De haagbeuk, populier en robinia zijn geschikte soorten wanneer het bos onder voedselrijkere omstandigheden is. Wanneer de zuurgraad van het bos omhoog gaat hebben deze soorten potentie in het bos te groeien en de bodem verder te verbeteren. De grove den kan een goede bijdrage leveren aan de CO<sub>2</sub>-opname, zie *bijlage 1 figuur 5*. Echter draagt deze soort negatief bij aan het verbeteren van de strooisel laag. De reuzenzilverspar daarentegen is een naaldboomsoort die geen negatieve werking op de bodem heeft en geschikt is om in het bos te groeien. Ook de boomhazelaar is een geschikte soort voor het Beekenbos.

<b>Categorie</b>	<b>Beheermaatregel</b>	<b>Verantwoording</b>
<i>Optimalisatie bijgroei en voorraad</i>	Aanplanten douglas	Douglas wordt aangeplant in verband met zijn snelle groei eigenschappen en daardoor hoge CO <sub>2</sub> -opname. Daarnaast levert douglas een hoge kwaliteit hout dat langer in de CO <sub>2</sub> -kringloop blijft bestaan en voor een langere CO <sub>2</sub> -vastlegging zorgt. De douglas kan aan het begin van de omvorming worden aangeplant omdat de douglas schaduwtolerant is in zijn vroege levensfase. Deze kan onder het huidige scherm van Corsicaanse den ontwikkelen.
	Onderhoud douglas	Op het moment dat de douglas 15 jaar oud is, is het aan te raden om te beginnen met het opsnoeien van de bomen. Dit leidt tot een kwaliteitsverbetering van het hout wat uiteindelijk ook leidt tot een langere CO <sub>2</sub> -vastlegging in de CO <sub>2</sub> -kringloop. Snoeien van dode takken kan het hele jaar door, levende takken alleen in de winter (van den Ouden, Muys, & Mohren, 2016).
<i>Uitkappen</i>	Gefaseerd uitkappen Corsicaanse dennen	Omdat de Corsicaanse dennen aan het einde van hun omlooptijd komen, is het aan te raden deze gefaseerd uit te kappen. Gebeurt dit niet dan zullen de Corsicaanse dennen uiteindelijk afsterven en door het rottingsproces en daarmee de CO <sub>2</sub> in de atmosfeer brengen. Door deze bomen gefaseerd uit te kappen blijft het scherm voor de jonge douglas behouden en krijgen de Corsicaanse dennen die blijven staan meer ruimte om verder te groeien.
<i>Exoten bestrijding</i>	Bestrijding Amerikaanse eik	De Amerikaanse eik bevindt zich momenteel in de jonge fase. Deze soort heeft potentie zich explosief te ontwikkelen op het moment dat er meer licht op de bodem gaat komen. Daarnaast zijn op dit moment de bomen nog niet manbaar en zetten nog geen tot weinig zaad af (van den Ouden, Muys, & Mohren, 2016). Wanneer dit wel het geval wordt zal er nog veel meer opslag van Amerikaanse eik ontstaan waardoor deze het gebied kan overnemen en de groei van overige soorten in de weg zal staan.
<i>Aanplant nieuwe soorten</i>	Aanplant loofbomen	Wanneer er wordt begonnen met de uitkap van de Corsicaanse dennen en er meer licht op de bodem komt kunnen de gekozen loofboomsoorten worden aangeplant.
<i>Verbetering bodem</i>	Bekalken bodem	Door de zuurgraad van de bodem is het voor veel soorten lastig zich te ontwikkelen, met name loofboomsoorten hebben baat bij een hogere pH-waarde. Door het gebied te bekalken met van steenmeel wordt er langzaam meer kalk in het systeem losgelaten waardoor de verzuring afneemt. Wanneer de pH-waarde stijgt zal de podzolering (uitspoeling van nutriënten) van de bodem ook afnemen en kunnen er meer voedingsstoffen in de bodem worden vastgehouden dat ook weer bevorderlijk is voor de ontwikkeling van de biomassa bovengronds en daardoor ook de CO <sub>2</sub> -opslag (van den Ouden, Muys, & Mohren, 2016).

## Planning

*In tabel 8 is een planning weergegeven met betrekking tot de beheerende werkzaamheden voor de komende 20 jaar. Hieronder zal een korte toelichting deze werkzaamheden plaatsvinden.*

### **Aanplant douglas**

De aanplant van de douglas staat vroeg op de agenda. Dit tijdstip is gekozen zodat deze soort nog onder het scherm van de huidige Corsicaanse dennen kan groeien en zich al redelijk heeft gevestigd op het moment dat de eerste uitkap plaats zal vinden.

### **Opsnoeien Douglas**

Om te focussen op kwaliteitshout voor uiteindelijke kap is de afwezigheid van noesten van belang. Het afsterven van takken verloopt niet altijd natuurlijk en kan ervoor worden gekozen om een deel van de levende en dode takken op te snoeien. Dode takken kunnen het hele jaar door gesnoeid worden, levende takken van naaldhout in de winter. Het is belangrijk dat er op juiste wijze gesnoeid wordt om bijvoorbeeld houtrot, houtscheuren en zonnebrand te voorkomen. Aangeraden wordt om de bomen die na 15 jaar een diameter van rond de 15 cm hebben op te snoeien tot op 50 tot 60 % van de totale hoogte (ongeveer 12 meter). Dat betekent snoeien tot een hoogte van maximaal 6 meter (van den Ouden, Muys, & Mohren, 2016). Wanneer er gesnoeid wordt voor kwaliteitshout zou dit tot een hogere prijs moeten leiden, er zijn certificeringssystemen ontwikkeld om aan te tonen dat er gesnoeid is. Een instructie voor het snoeien zal worden toegevoegd in het werkplan.

### **Bestrijding van Amerikaanse eik**

De bestrijding van de Amerikaanse eik wordt ook zo vroeg mogelijk toegepast. Voor de wijze van bestrijding is het advies om de exemplaren die dikker zijn dan 5 cm te ringen. Exemplaren dunner dan 5 cm kunnen het beste worden verwijderd met een spade waarbij het wortelstelsel wordt meegenomen. Ringen is een techniek waarbij er in 2 ringen om de boom worden gemaakt door de buitenste lagen van de stam (het floëem en het cambium) te verwijderen. Door op 2 plaatsen te ringen en ongeveer 5-10 cm door te snijden wordt de sapstroom met nutriënten richting de wortels doorbroken maar blijft de sapstroom naar boven intact. Hierdoor zal de boom langzaam afsterven, dit is noodzakelijk want wanneer de boom in één keer afsterft door te diep te ringen of af te zagen zit er nog genoeg energie in de wortels om nieuwe uitlopers te creëren onder de ringen. Hierdoor sterft de boom uiteindelijk niet af en zal opnieuw gaan groeien. Een beschrijving van hoe er precies geringd moet worden zal in het werkplan behandeld worden.

### **Bestrijding van Amerikaanse vogelkers**

De Amerikaanse vogelkers wordt niet bestreden. De boomsoort kan enige tijd in schaduwrijke omstandigheden groeien maar wanneer het bos door de ontwikkelingen van de douglas dicht zal groeien zal het te donker worden voor de Amerikaanse vogelkers. De sneller groeiende douglas wint op het gebied van lichtconcurrentie waardoor de Amerikaanse vogelkers na verloop van tijd vanzelf verdwijnt. De Amerikaanse vogelkers is een invasieve soort maar kan net als de esdoorn ook zorgen voor bodemverbetering. De basische werking van de bladeren kunnen de bodem minder zuur maken (Nyssen, Koopmans, & den Ouden, 2019).

### **Uitstrooien steenmeel**

Om het verdere verzuren van de bodem tegen te gaan en meer nutriënten aan de bodem toe te voegen is het advies om in het gebied steenmeel toe te gaan voegen. Dit is vermalen gesteente dat als restproduct bij steenmijnen vandaan komt. In tegenstelling tot bekalken geeft steenmeel langzaam zijn nutriënten, waaronder kalk, vrij. Hierdoor is er een lagere impact op de bodem en het bodemleven maar zorgt het wel voor een verhoging van de pH-waarde van de bodem en de hoeveelheid nutriënten. Er zijn echter twee nadelen aan bekalken waarmee rekening dient te worden gehouden. Allereerst is het een dure ingreep, om een goed effect te hebben zal er veel steenmeel moeten worden uitgestrooid en de manier van verspreiden kan met de hand maar is erg arbeidsintensief. Op grote schaal wordt dit door helikopters gedaan maar de kosten hiervan kunnen al snel in de enkele duizenden lopen per hectare. Het tweede aandachtspunt is het effect op de lange duur. Het toevoegen van steenmeel aan gebieden is een relatief nieuwe ingreep en ondanks dat voorlopig onderzoek laat zien dat de effecten zeer positief zijn voor de ontwikkeling van de bodem en biomassa is er nog maar weinig bekend over de effecten op langere duur (Jansen, et al., 2018).

### **Opmeten bomen voor CO<sub>2</sub> werkplan**

Om preciezer bij te kunnen houden hoeveel CO<sub>2</sub> er extra per jaar in het bos wordt vastgehouden zal er door middel van periodieke metingen worden vastgesteld wat de precieze bijgroei in het bos is. Er zullen een aantal bomen als modelbomen in het bos worden geselecteerd en genummerd zodat deze om de drie jaar kunnen worden gemeten. Hierdoor zal er een duidelijk beeld ontstaan van de bijgroei per jaar in het Beekenbos. Met de gemiddelde bijgroei in m<sup>3</sup> per jaar kan vervolgens worden berekend hoeveel CO<sub>2</sub> er per jaar extra wordt vastgelegd. Er is gekozen voor een periode van 3 jaar omdat 1-2 jaar te kort is om een duidelijk verschil te krijgen dat niet te wijden is aan menselijke meetfouten.

### **Verwijderen Corsicaanse den**

Zoals al eerder genoemd is het advies om de Corsicaanse dennen gefaseerd uit het gebied te verwijderen. Door elke 5 jaar een selectie van bomen weg te halen is er een beperkter effect op de veranderingen in het bosbeeld en is er een kleinere impact op de veranderingen in de bodem. Door op deze momenten de dikste bomen te verwijderen wordt er meer licht gecreëerd voor de achterblijvende bomen waardoor deze meer stam massa kunnen creëren. Dit is weer positief voor de kwaliteit van het hout en vergroot de kans dat het hout kan worden gebruikt als bouwhout en daardoor langer in de CO<sub>2</sub>-kringloop blijft. Het advies is om elke 5 jaar ongeveer 15-20% van de aanwezige bomen te verwijderen. Hiermee behoud je genoeg van de bomen om het bosbeeld niet te veel aan te tasten en genoeg schaduw op de bodem te behouden. Op deze wijze kunnen alsnog alle Corsicaanse worden dennen verwijderd. Een blesinstructie zal worden toegevoegd in het werkplan.

### **Beginnen met aanplant Esdoorn**

Na de tweede uitkap wordt aangeraden te starten met aanplanten van de esdoorn. Na de tweede uitkap zal er meer licht in het bos zijn dat fijn is voor de groei van deze soort. Het aanplanten kan pas starten wanneer de Amerikaanse eik volledig bestreden is omdat deze soort zeer goed groeit door aanwezigheid zonlicht.

Tabel 8: Planning beheermaatregelen

<b>Jaartal</b>	<b>Uitvoering</b>
2020	Aanplant douglas en bestrijding Amerikaanse eik
2021	Uitrooien steenmeel
2022	Opmeten bomen voor CO <sub>2</sub> werkplan
2023	Geen werkzaamheden
2024	Blessen Corsicaanse dennen
2025	Uitvoeren bles werkzaamheden en opmeten bomen voor CO <sub>2</sub> werkplan
2026	Geen werkzaamheden
2027	Geen werkzaamheden
2028	Opmeten bomen voor CO <sub>2</sub> werkplan
2029	Blessen Corsicaanse dennen
2030	Uitvoering bleswerkzaamheden en Beginnen met aanplanten esdoorn na blessen
2031	Opmeten bomen voor CO <sub>2</sub> werkplan
2032	Geen werkzaamheden
2033	Geen werkzaamheden
2034	Opmeten bomen voor CO <sub>2</sub> werkplan en blessen Corsicaanse dennen
2035	Uitvoeren bleswerkzaamheden en controleren of douglas gesnoeid moet worden
2036	Geen werkzaamheden
2037	Opmeten bomen voor CO <sub>2</sub> werkplan
2038	Geen werkzaamheden
2039	Blessen Corsicaanse dennen
2040	Opmeten bomen voor CO <sub>2</sub> werkplan en uitvoeren bleswerkzaamheden

# 9 Werkplan



## Werkplan

Voor het werkplan zijn een aantal instructies opgesteld zodat voor de donateurs duidelijk is hoe de maatregelen van het beheerplan uitgevoerd kunnen worden. Per onderdeel staat stap voor stap omschreven hoe er te werk moet worden gegaan.

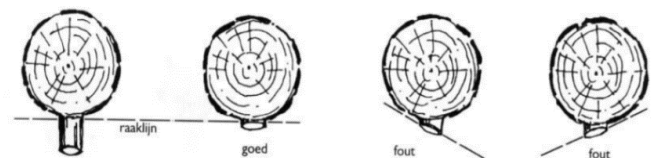
### Aanplanten douglas

De aanplant van de beoogde douglassen gebeurt volgens een aantal stappen. Allereerst de keuze van het plantmateriaal. Bij de keuze van het plantmateriaal van de douglas zijn een aantal zaken van belang. Het is aan te raden gebruik te maken van vegetatief autochtoon vermeerderd plantenmateriaal. Het plantmateriaal is bij de aanplant tweejarig om een optimale slagingskans te realiseren. Na de juiste keuze van het plantmateriaal kan de aanplant en het plantwerk plaatsvinden. De aanplant vindt plaats buiten het groeiseizoen van de douglas, de aanplant kan plaatsvinden van begin maart tot eind april. De douglas is gevoelig voor uitdroging en bevroering in de winter doordat de douglas ook in de winter water verdampt in tegenstelling tot loofboomsoorten. Aangezien het Beekenbos een relatief klein perceel betreft is aan te raden met de hand aan te planten. Het plantwerk gebeurt door een steekgrond van minimaal 30 cm uit te steken, het plantmateriaal in te zetten, de rulle grond terug te storten en ten slotte licht aan te drukken om het plantmateriaal heen (van den Ouden, Muys, & Mohren, 2016).

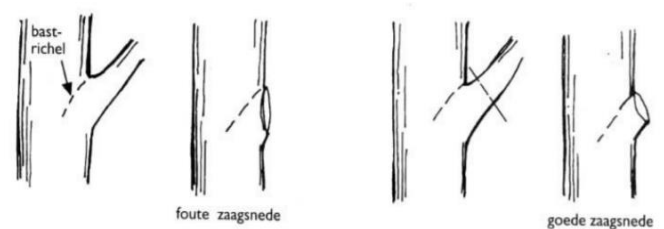
### Opsnoeien douglas

Om de douglas goed op te snoeien moet rekening worden gehouden met de volgende onderdelen. De dode takken kunnen het hele jaar door gesnoeid worden, de levende takken het best in de winter. Aangeraden wordt om alle takken in de winter te snoeien, dit kan met een hand- of stokzaag. Snoei alle takken van de bomen met een diameter van ongeveer 15 cm tot 50% en 60% van de totale boomhoogte (10-12 meter) wanneer de boom 15 jaar oud is. Hiervoor wordt een maximale snoeihoogte van 6 meter aangehouden. Het stamweefsel van de boom mag niet worden aangetast en er moet loodrecht op de raaklijn

gezaagd worden, *figuur 17*. Zaag iets schuin vanuit de takkessel van de boom af zodat de takaanzet en de takkraag niet worden beschadigd, *figuur 18*. Om inscheuring te voorkomen moeten zware takken eerst tot ongeveer 40 cm afgezaagd worden om vervolgens gesnoeid te kunnen worden.



*Figuur 17: Loodrechte stamlijn (Jansen P. A., 1999)*



*Figuur 18: Zaagsnede (Jansen P. A., 1999)*

### Metten van staand hout

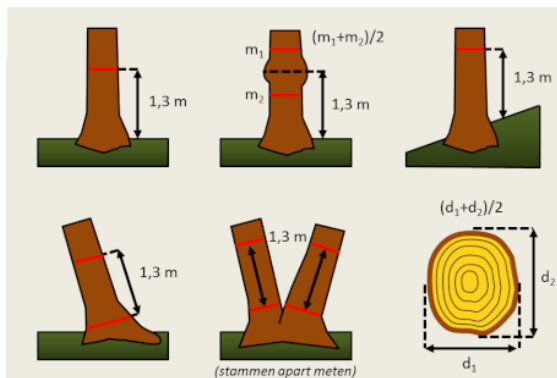
Om periodiek correcte gegevens te verkrijgen is het zaak dat alle metingen gelijk aan elkaar worden uitgevoerd. Het is daarom vanzelfsprekend dat deze instructie gelezen en gebruikt wordt voor het meten van het staand hout in het Beekenbos.

De stamdiameter van een boom dient te worden gemeten met een boomklem. Omdat een boom nooit een perfecte cirkel vormt, dienen bomen dikker dan 20 cm in twee richtingen gemeten te worden. Het klemmen van de bomen gebeurt op een hoogte van 1,30 meter, ook wel de diameter borsthoogte (DBH) genoemd (van den Ouden, Muys, & Mohren, 2016).

Het hanteren van de boomklem is vrij eenvoudig. De klem wordt om de boom heen



geplaatst en geschoven tot deze de bast aan beide kanten raakt. Let op, het is belangrijk dat de klem bij het meten helemaal tegen de boom gehouden dient te worden. De dikte van de boom wordt afgelezen in millimeters. Elke boom is uniek en vraagt om specifieke meet methodes. *Figuur 19* beschrijft meetmethodes is het geval van afwijkende ondergrond.



*Figuur 19: Afwijkende meetmethodes (Ecopedia).*

## Gebruiken Excel om bijgroei te berekenen

Om te kunnen berekenen hoeveel houtmassa erbij groeit en daarmee hoeveel CO<sub>2</sub>-opslag er in het bos bij is gekomen, is er een Excel bestand opgebouwd waarbij het mogelijk is, door een vast aantal bomen op te meten, een gemiddelde berekening van de bijgroei te maken.

Om met dit Excel bestand aan de slag te kunnen gaan dient Excel 2016 of hoger beschikbaar te zijn met macro's ingeschakeld. Mochten er beveiligingsmeldingen komen dan kan er worden bevestigd dat er gebruik moet worden gemaakt van macro's en dat het een vertrouwd bestand is. Wanneer het bestand geopend kan worden met de macro's volgen hieronder de te volgen stappen om de nieuwe data in de Excel te verwerken.

**Stap 1:** Creëer een nieuwe sheet door op de button 'Nieuw sheet toevoegen' in het bestand te drukken. Deze zal een nieuwe sheet aanmaken om een nieuwe meting van de bomen in op te slaan.

**Stap 2:** Het uitvoeren van de meting in het bos. In de Excel staan een aantal bomen die gemeten moeten worden in het bos. In het bos zelf zijn paaltjes in de grond geslagen naast de te meten bomen en de paaltjes zijn genummerd. Daarnaast zijn in de sheet van 2020 de GPS-coördinaten van de gemeten bomen opgenomen om de bomen terug te kunnen vinden in het bos. Van deze bomen dient de DBH te worden opgemeten zoals beschreven in de paragraaf *Metten van staand hout*.

**Stap 3:** Voer de gemeten waarden uit het bos in correcte velden in de nieuwe sheet. De DBH dient 2 keer per boom te worden gemeten, 1 maal normaal en 1 maal haaks op de eerste meting zodat de boom vanuit meerdere hoeken (Ecopedia) wordt gemeten voor een accuratere meting. De eerste meting moet worden ingevoerd in DBH (1) en de tweede meting bij DBH (2). Hiermee wordt de gemiddelde DBH voor de boom berekend. Doe dit voor alle bomen in de lijst. De getallen dienen ingevoerd te worden met een decimaal na de komma.

**Stap 4:** Wanneer er nu op de sheet 'Overzicht' wordt gekeken zal er een overzicht komen met de verschillen tussen de laatste en 1 na laatste meting van de bomen. Dit wordt berekend in millimeter per boom, percentage per boom en gemiddeld percentage groei tussen de metingen. Op basis hiervan wordt er ook het extra bijgegroeide volume berekend en het nieuwe volume van het bos. Dit nieuwe volume moet worden opgeslagen om te kunnen gebruiken voor de volgende meting, door op de knop te drukken met 'Nieuwe volumes opslaan' wordt het nieuwe totale

volume van het bos per hectare opgeslagen in de laatste toegevoegde sheet.

In het overzicht aan de rechterkant is vervolgens af te lezen wat de nieuwe totale hoeveelheid vastgelegde koolstof zich bevindt en hoeveel CO<sub>2</sub> er is gecompenseerd op deze manier. Daarnaast wordt ook de bijgroei berekend en de koolstof opslag hiervan. De bijgroei wordt gedefinieerd als Icv.

Bij het gebruiken van dit format moet wel een aantal zaken als kanttekening worden meegenomen. Allereerst is de hoogte bij de berekeningen weggelaten. Dit is gedaan omdat er een grote afwijking in de hoogte kan komen omdat accuraat hoogte meten lastig is. Hoe langer je in de tijd gaat hoe groter de afwijking van deze Excel zal worden van de werkelijkheid. Om dit te voorkomen is het advies om elke 5-10 jaar een volledige inventarisatie van het bos uit te voeren. De totalen van deze inventarisatie kunnen vervolgens gewoon worden opgeslagen in de Excel door naar het tabblad van dat jaar te gaan en de totalen van de inventarisatie in te vullen onder '*Volume per hectare*'. Deze zullen dan bij de volgende meting worden gebruikt als referentie voor het bepalen van het totale volume. Er dient ook rekening te worden gehouden met het onderhoud van de paaltjes in het bos. Deze paaltjes zullen in de loop van tijd gaan rotten en de tekst erop zal vervagen. Het advies is daarom om bij elke meting een aantal paaltjes mee te nemen om de slechte te vervangen en met een stift of verf de slechte te lezen cijfers opnieuw aan te brengen.

Het advies is om de boommetingen in de herfst, winter of vroeg in het voorjaar uit te voeren. Op deze momenten is er weinig ondergroei in het bos aanwezig waardoor het makkelijker is om door het bos te lopen. Daarnaast zijn de paaltjes in de winter beter zichtbaar wanneer er geen hoge vegetatie het zicht belemmert op de paaltjes.



Figuur 20: Blad Amerikaanse eik



Figuur 21: Schors Amerikaanse eik

## Ringen van bomen

Een veelgebruikte methode om biodiversiteit te creëren is het ringen. Hierbij zaagt men de boom niet om maar wordt een deel van de bast van de boom verwijderd. Hierdoor wordt de sapstroom van de kroon naar de wortels afgesneden. De wortels krijgen hierdoor geen suikers en zetmeel meer en zullen op lange termijn afsterven. Doordat een opwaartse sapstroom mogelijk blijft zal het nog enkele jaren duren voordat het spint hout is afgestorven. Wanneer men te maken heeft met een jonge boom dan is het ook mogelijk om dit te doen met een trekmes. Bij dikkere bomen wordt vaak gebruik gemaakt van een motorzaag of een beugelzaag. Let wel dat een motorzaag enige ervaring vereist en men hiermee snel te diep in de boom zaagt. Zo is het ringen zaak dat de insnijding diep en breed genoeg is aangezien het cambium anders over de insnijding zal groeien maar niet te diep omdat de boom anders onder de ringen gaat uitgroeien.

Om dit te voorkomen maakt men vaak twee insnijdingen met een tussen afstand van 10 tot 15 cm. Bij soorten die snel wonden kunnen herstellen wordt dit tussen stuk ook wel eens weggehakt.

### Stappenplan: dunne bomen ringen (5 tot 10 cm doorsnede)

Stap 1: Zoek een Amerikaanse eik met een diameter rond de 5 tot 10 cm. Zie *figuur 19 en 20* voor de kenmerken van de Amerikaanse eik.

Stap 2: Pak het trekmes en haal op borsthoogte de bast weg. Deze ring moet een minimale breedte hebben van ongeveer 10 cm.

Stap 3: De diepte van de ring wordt per boom bepaald. Haal zo veel bast weg dat de stam droog en houtering aan voelt.

Stap 4: Controleer de stam zodat zeker is dat de ring volledig is. Wanneer dit niet het geval is zal de boom herstellen en is de moeite voor niets geweest.

Stap 5: De boom is geringd maar dient na een paar maanden gecontroleerd te worden of de maatregel heeft gewerkt en de boom niet hersteld is.

### Stappenplan: dikkere bomen ringen (>10 cm doorsnede)

Stap 1: Zoek een Amerikaanse eik met een doorsnede van meer dan 10 cm. Zie *figuur 20 en 21* voor de kenmerken van de Amerikaanse eik.

Stap 2: Pak een snoeizaag of beugelzaag.

Stap 3: Maak 2 snede door de bast met een afstand van 10 tot 15 cm van elkaar af. Let hierbij op dat het houtige materiaal niet beschadigd raakt. Zo blijven de haarvaten behouden wat voorkomt dat de boom onder de ringen sterk gaat uitlopen.

Stap 4: Wanneer de bast het toelaat wordt het deel tussen de sneden verwijderd om te voorkomen dat de boom hersteld. Dit kan gedaan worden met het trekmes.

Stap 5: Nu de bast er af is blijft er nog een glibberige houtige strook over die schoongemaakt dient te worden. Ga hier met een staalborstel overheen tot dit deel droog en houtig aanvoelt.

Stap 6: De boom is geringd maar dient na een paar maanden gecontroleerd te worden of de maatregel heeft gewerkt en de boom niet hersteld is.

# 10 Discussie



## Discussie

*Dit hoofdstuk geeft ruimte voor de discussie op het gebied van de visie van de opdrachtgever, de houtverkoop, de klimaatbestendigheid van het beheerplan van het Beekenbos. Er is een duurzaamheidsanalyse uitgevoerd omtrent de duurzaamheid van hogeschool Van Hall Larenstein.*

### Visie opdrachtgever

De opdrachtgever is voornemens het Beekenbos om te vormen naar een dennen-, eiken-, beukenbos. Dit met de reden dat dit bostype wordt aangereikt vanuit de SNL-subsidieregeling. Wanneer de stichting het Beekenbos weet om te vormen tot dit bostype dan zullen zij een beheersubsidie ontvangen. Met deze beheersubsidie wordt het mogelijk om de onkosten van het beheer en ook de aankoop van andere gronden te bekostigen.

Daarnaast wenst de opdrachtgever dat het Beekenbos een impuls krijgt om meer CO<sub>2</sub> per jaar vast te gaan leggen. Zoals uit onderzoek is gebleken is het hiervoor noodzakelijk dat er gewerkt wordt met bomen die een hoge bijgroei hebben. Deze bomen zullen niet in een monocultuur kunnen staan en zullen daarom gemengd moeten worden met pH-verhogende boomsoorten. Dit betekent echter wel dat er afgestapt moet worden van het SNL-bostype waardoor een beheersubsidie niet wordt afgegeven.

Nu rest de vraag welk doel na te streven. Zo kan er een keuze gemaakt worden in de omvorming van het Beekenbos naar het dennen-, eiken-, beukenbos waarbij er een lagere CO<sub>2</sub>-vastlegging wordt gerealiseerd maar wel een beheersubsidie wordt ontvangen. De andere keuze betreft het omvormen van het Beekenbos naar idealere situatie voor de CO<sub>2</sub>-vastlegging. Hiervoor moet er wel afgezien worden van de beheersubsidie.

Geadviseerd wordt om te kiezen voor de ideale situatie voor de CO<sub>2</sub>-vastlegging. Dit met de reden dat er geacht wordt dat een hogere CO<sub>2</sub>-vastlegging meer waarde biedt dan een beheersubsidie vanuit de SNL-subsidieregeling. Wanneer wel gekozen wordt voor de variant waardoor een subsidie wordt

verkregen dan zullen concessies gemaakt moeten worden. Zonder deze subsidie is de stichting dan ook vrijer om de CO<sub>2</sub>-vastlegging in het Beekenbos te verbeteren.

### Houtverkoop

Zoals beschreven in het onderzoek is het belangrijk dat de CO<sub>2</sub>-kringloop wordt uitgerekt om zo de vastlegging van koolstof mogelijk te maken. Zo is het belangrijk dat er ook gestuurd wordt op de verwerking van het geproduceerde hout.

Wanneer hout gebruikt wordt voor biomassa dan zal deze kringloop aanzienlijk lager zijn dan wanneer hout in meubels wordt verwerkt. De opdrachtgever kan hierin sturen door hoogwaardig hout te produceren maar verder kan de opdrachtgever hier weinig in sturen. Zo biedt de houthandelaar een bedrag voor een bepaalde klasse waarna het zeer ongebruikelijk is dat de verkoper eisen stelt en de verwerking van het hout.

Om het hout te laten kappen zal er samengewerkt moeten worden met partijen uit de omgeving om zo genoeg stand hout aan te kunnen bieden dat er een opkoper langs komt. Wanneer dit in een collectief gebeurd, zoals in een bosgroep, dan zal er altijd gekeken worden naar de hoogste prijs. Dit hoeft niet te betekenen dat hierdoor het hout hoogwaardiger wordt gebruikt maar dat er meer vraag is voor een mogelijk minder duurzaam gebruik.

Dit betekend niet dat er geen mogelijkheden zijn op dit vlak. Zo is het zeer belangrijk om er in te voorzien dat de CO<sub>2</sub>-kringloop langer wordt. Hierdoor wordt er dan ook aangeraden om een onderzoek uit te laten voeren naar de mogelijkheden binnen de verkoop van hout in relatie tot CO<sub>2</sub>-vastlegging.

## Klimaatbestendigheid

Klimaatverandering speelt een grote rol in de wereld maar ook in dit project. Zo is het de aanleiding geweest voor de oprichting van de stichting. Door de klimaatveranderingen ontstaan allerlei verschijnselen zoals verdroging. Door deze effecten in het bos wordt het steeds meer zaak om het bos klimaatbestendig te maken. In het onderzoek is hier in zekere mate rekening mee gehouden maar te beperkt om te kunnen zeggen dat het beheervoorstel klimaatbestendig betreft. Aanbevolen wordt om een vervolgonderzoek uit te laten voeren naar de klimaatbestendigheid van het beheervoorstel waarbij maatregelen worden voorgesteld.

## Duurzaamheidsanalyse

Duurzaamheid is een groot en abstract begrip dat nog tot voorkort meer een trend was. Momenteel is duurzaamheid steeds meer ingeburgerd en wordt het niet meer gezien als iets extra's maar als noodzakelijk. Binnen het voorliggend verslag is duurzaamheid sterk geborgd door de aard van het onderwerp. Daarnaast is er ook veel kennis toegepast over

het klimaatslim bosbeheer waardoor bossen duurzamer worden.

Zo kan duurzaamheid op twee manieren terug gevonden worden binnen dit onderzoek. Door de CO<sub>2</sub>-vastlegging in het bos is het mogelijk om klimaatverandering tegen te gaan. In dit onderzoek is er gekeken hoe dit in het Beekenbos kan. Echter is er voor gekozen om het onderzoek in het begin breder te trekken zodat andere bossen ook ingericht kunnen worden als CO<sub>2</sub> bos.

Verder heeft klimaatslim bosbeheer een grote rol gespeeld binnen de advisering voor het bosbeheer. Zo zien we dat veel bossen last hebben van het veranderende klimaat. Door de bossen aan te passen aan het nieuwe klimaat wordt het mogelijk om een duurzamer bos te creëren dat standhoud bij een veranderend klimaat.

Op deze manier is in dit onderzoek vorm gegeven aan de bijdrage aan duurzamer bosbeheer.

## Bronnenlijst

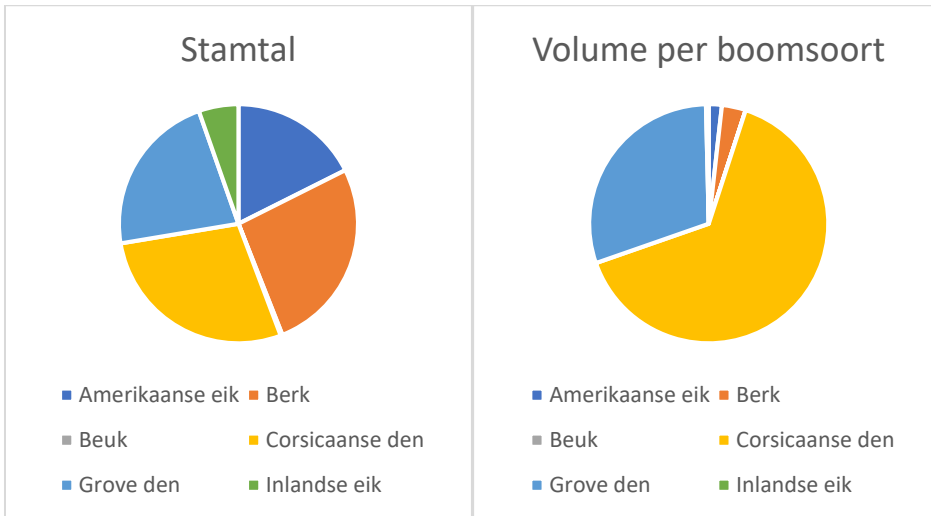
- Arets, E. (2018). *Klimaatcijfers voor natuur*. Wageningen: Wageningen Environmental Research.
- Börger, B., & Broekhuisen, M. (1994, Januari 20). *Fotosynthese, intensiteit van*. Opgehaald van De plantaardige: <https://deplantaardigecel.jouwweb.nl/fotosynthese>
- de Jong, B. (2015). *The ray of light*. Opgehaald van <https://www.flickr.com/photos/126543918@N05/16450656899/>
- Ecopedia. (sd). *Houtmeten*. Arnhem.
- Egmond, P. v., & Ruijs, A. (2016). *Natuurlijk kapitaal: naar waarde geschat*. Den Haag: PBL.
- Google. (2020, Januari 20). *Google maps*. Opgehaald van Google maps: <https://www.google.com/maps>
- Goudzwaard, L. (2013). *Loofbomen in Nederland en Vlaanderen*. Zeist: KNNV Uitgeverij.
- IPCC. (2006). *Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use*. IPCC.
- Jansen, H., & Oosterbaan, A. (2018). *Opbrengsttabellen Nederland 2018*. Wageningen: Wageningen Academic Publishers .
- Jansen, P. A. (1999). *Opsnoeien*. Wageningen: Stichting Probos. Opgehaald van [http://www.probos.nl/images/pdf/rapporten/Rap2010\\_Opsnoeien\\_Achtergronden\\_en\\_certificering.pdf](http://www.probos.nl/images/pdf/rapporten/Rap2010_Opsnoeien_Achtergronden_en_certificering.pdf)
- Jansen, P., Boosten, M., Cassaert, M., Cornelis, J., Thomassen, E., & Winnock, M. (2018). *Praktijkboek Bosbeheer*. Wageningen: Stichting Probos en Inverde.
- Nabuurs, G. J., & Mohren, G. M. (1994). Koolstofvoorraden en -vastlegging in het Nederlandse bos. *NEDERLANDS BOSBOUW TIJDSCHRIFT*. Opgehaald van <https://edepot.wur.nl/114889>
- NASA. (sd). *Graphic: The relentless rise of carbon dioxide*. Opgehaald van Global Climate Change Vital Signs of the Planet: [https://climate.nasa.gov/climate\\_resources/24/graphic-the-relentless-rise-of-carbon-dioxide/](https://climate.nasa.gov/climate_resources/24/graphic-the-relentless-rise-of-carbon-dioxide/)
- NASA. (sd). *Graphic: The relentless rise of carbon dioxide*. (NASA) Opgeroepen op 01 23, 2020, van NASA: [https://climate.nasa.gov/climate\\_resources/24/graphic-the-relentless-rise-of-carbon-dioxide/](https://climate.nasa.gov/climate_resources/24/graphic-the-relentless-rise-of-carbon-dioxide/)
- Nyssen, B., Koopmans, G., & den Ouden, J. (2019). *Beslisboom Amerikaanse vogelkers*. Propress. Opgehaald van [https://bosgroepen.nl/wp-content/uploads/2019/09/Beslisboom\\_Amerikaanse\\_vogelkers\\_web.pdf](https://bosgroepen.nl/wp-content/uploads/2019/09/Beslisboom_Amerikaanse_vogelkers_web.pdf)
- Sollie, K. (2018). *Natuur en CO2 compensatie op de Noord-Veluwe*. Wageningen: Wageningen universiteit.
- Strootman. (2011). *Bos & Groote Heide inrichtingsplan*. Amsterdam.
- Stuivenberg, F. H. (2020). *Foto*. Gemeente Cranendonck.
- Ten Cate, J., van Holst, A., Kleijer, H., & Stolp, J. (1995). *Handleiding bodemgeografisch onderzoek*. Wageningen: DLO-Staring Centrum.



- Topo tijdreis. (2020, Januari 20). *Tijdreis over 200 jaar topografie*. Opgehaald van Tijdreis: <https://www.topotijdreis.nl/>
- van den Ouden, J., Muys, B., & Mohren, F. (2016). *Bosecologie & Bosbeheer* (derde druk ed.). Leuven, België: Acco Uitgeverij.
- van Egmond, L. (2020). *Foto's*. Gemeente Cranendonck.
- van Veen, W. (2020). *Kaart Boringen Beekenbos*. Velp.
- Vande Walle, I., Van Camp, N., Perrin, D., Lemeur, R., & Verheyen, K. (2005). *Growing stock-based assessment of the carbon stock in the Belgian forest biomass*. INRA, EDP Sciences.
- Wageningen University & Research. (sd). *Photosynthesis, the green engine of life on Earth*. Opgehaald van Wageningen University & Research: <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Themes/theme-food-production/photosynthesis.htm>

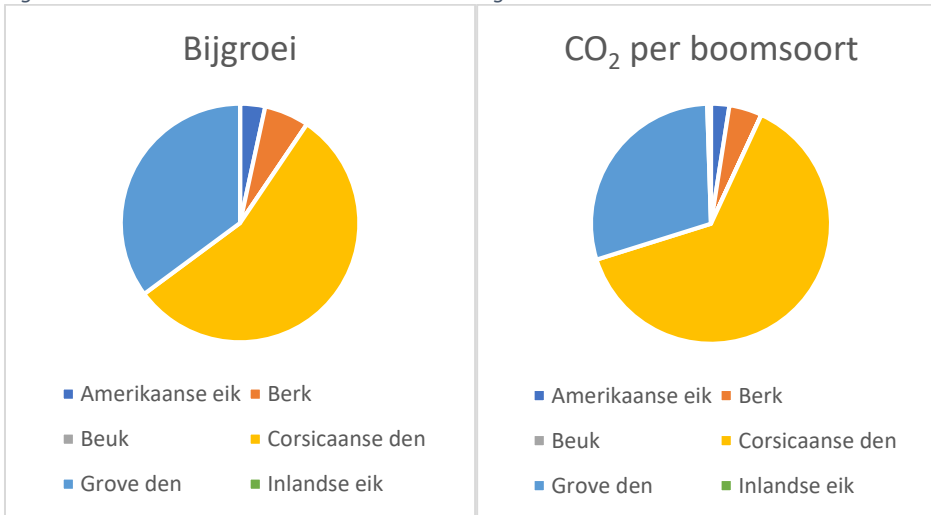
# Bijlagen

## Bijlage 1: Cirkeldiagrammen



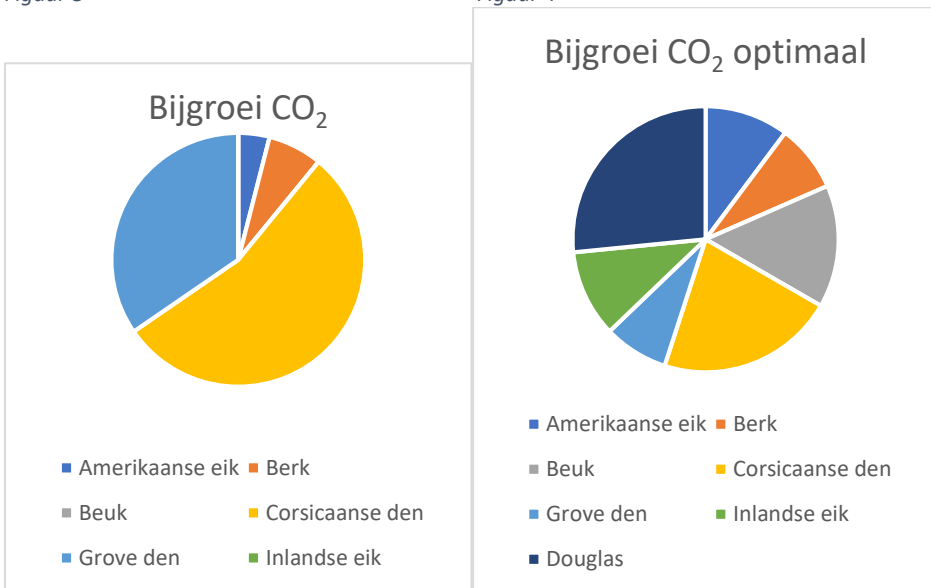
Figuur 1

Figuur 2



Figuur 3

Figuur 4



Figuur 5

Figuur 6

## Bijlage 2: Biomass Expansion Factors

<b>Boomsoort</b>	<b>Minimaal</b>	<b>Gemiddeld</b>	<b>Maximaal</b>
<i>Amerikaanse eik</i>	1,24	1,32	1,39
<i>Berk</i>	1,24	1,32	1,4
<i>Beuk</i>	1,16	1,34	2,04
<i>Corsicaanse den</i>	1,14	1,32	1,4
<i>Douglas</i>	1,18	1,28	2,24
<i>Es</i>	1,24	1,32	1,4
<i>Fijnspar</i>	1,14	1,29	1,71
<i>Grove den</i>	1,14	1,32	1,4
<i>Inlandse eik</i>	1,24	1,32	1,39
<i>Japanse lariks</i>	1,14	1,3	1,36
<i>Oostenrijkse den</i>	1,14	1,32	1,4
<i>Populier</i>	1,24	1,32	1,4
<i>Zwarte els</i>	1,24	1,32	1,4

(Vande Walle, Van Camp, Perrin, Lemeur, & Verheyen, 2005)

## Bijlage 3: Houtdichtheids factoren

<b>Boomsoort</b>	<b>D (density)</b>
<i>Amerikaanse eik</i>	0,58
<i>Berk</i>	0,57
<i>Beuk</i>	0,62
<i>Corsicaanse den</i>	0,49
<i>Douglas</i>	0,58
<i>Es</i>	0,45
<i>Fijnspar</i>	0,6
<i>Grove den</i>	0,49
<i>Inlandse eik</i>	0,58
<i>Japanse lariks</i>	0,38
<i>Oostenrijkse den</i>	0,49

(van den Ouden, Muys, & Mohren, 2016), (IPCC, 2006)

Bijlage 4: Root/shoot ratio factoren

<i>Domain</i>	<i>Ecological zone</i>	<i>Above-ground biomass</i>	<i>R [tonne root d.m. (tonne shoot d.m.)<sup>-1</sup>]</i>	<i>References</i>
Temperate	Temperate oceanic forest, Temperate continental forest, Temperate mountain systems	conifers above-ground biomass < 50 tonnes ha <sup>-1</sup>	0.40 (0.21 - 1.06)	Mokany et al., 2006
		conifers above-ground biomass 50-150 tonnes ha <sup>-1</sup>	0.29 (0.24 - 0.50)	Mokany et al., 2006
		conifers above-ground biomass > 150 tonnes ha <sup>-1</sup>	0.20 (0.12 - 0.49)	Mokany et al., 2006
		Quercus spp. aboveground biomass >70 tonnes ha <sup>-1</sup>	0.30 (0.20 - 1.16)	Mokany et al., 2006
		Eucalyptus spp. aboveground biomass < 50 tonnes ha <sup>-1</sup>	0.44 (0.29 - 0.81)	Mokany et al., 2006
		Eucalyptus spp. aboveground biomass 50-150 tonnes ha <sup>-1</sup>	0.28 (0.15 - 0.81)	Mokany et al., 2006
		Eucalyptus spp. aboveground biomass > 150 tonnes ha <sup>-1</sup>	0.20 (0.10 - 0.33)	Mokany et al., 2006
		other broadleaf aboveground biomass < 75 tonnes ha <sup>-1</sup>	0.46 (0.12 - 0.93)	Mokany et al., 2006
		other broadleaf aboveground biomass 75-150 tonnes ha <sup>-1</sup>	0.23 (0.13 - 0.37)	Mokany et al., 2006
		other broadleaf aboveground biomass >150 tonnes ha <sup>-1</sup>	0.24 (0.17 - 0.44)	Mokany et al., 2006

(IPCC, 2006)

Bijlage 5: Carbon fraction of aboveground forest biomass

<b><i>Domain</i></b>	<b><i>Part of tree</i></b>	<b><i>Carbon fraction, (CF) [tonne C (tonne d.m.)<sup>-1</sup>]</i></b>
<i>Temperate and Boreal</i>	All	0.47 (0.47 - 0.49)
	Broad-leaved	0.48 (0.46 - 0.50)
	Conifers	0.51 (0.47 - 0.55)

(IPCC, 2006)

