Bosgroepen

Is uitkap de uitweg?

Over de meerwaarde van uitkapbeheer

Bosgroepen

Colofon

Opdrachtgever:	SBNL Nora Croin Fonds
Titel:	Is uitkap de uitweg? Over de meerwaarde van uitkapbeheer
Status:	Definitief
Datum:	April 2024
Auteur(s):	ir. E.A.H. (Etiënne) Thomassen
Collegiale toets:	Erik Roest, Gijs Kuneman (Bosgroep Midden Nederland) en Wouter Delforterie (Provincie Gelderland)
Kaartmateriaal:	Copyright © 2024, Dienst voor het kadaster en openbare registers, Apeldoorn

Mede mogelijk gemaakt door het Nora Croin Michielsen Fonds dat wordt beheerd door SBNL Natuurfonds

© Coöperatie Bosgroep Midden Nederland u.a.

Bennekomseweg 43 (1)
6717 LL Ede
t (0318) 67 26 26
www.bosgroepen.nl

Voorwoord

Dit rapport is het resultaat van de inzet van veel mensen binnen en buiten de Bosgroepen. In oktober 2020 schreef Wouter Delforterie het onderzoeksvoorstel waarvan deze rapportage het resultaat is. Onderliggende vraag was of de beheermethode *uitkap* inderdaad betere resultaten levert dan alternatieven, die veel vaker in het Nederlandse bos worden toegepast. Dankzij ondersteuning van het SBNL Nora Croin Michielsen fonds dat wordt beheerd door SBNL Natuurfonds en de Klimaatenveloppe van het ministerie van LNV hebben wij dit project kunnen opstarten. Daarnaast heeft Wouter Delforterie een samenwerking opgezet met Hogeschool Van Hall-Larenstein, waardoor er voldoende mankracht beschikbaar was om de benodigde metingen uit te voeren. Wouter is augustus 2021 overgestapt naar provincie Gelderland. Etiënne Thomassen heeft toen de spreekwoordelijke pen ter hand genomen, om het onderzoek af te ronden.

Voor hun bijdrage aan dit project zijn we niet enkel onze financiers en Wouter Delforterie als initiator dank verschuldigd, maar ook de studenten die hebben meegewerkt, de begeleidingscommissie en de eigenaren die hun bos ter beschikking hebben gesteld. Hidde Batterink, Reint-Jan van de Bunte, Bjarne Hagendoorn, Jochum Ludema hebben de inventarisaties uitgevoerd en gerapporteerd in het kader van hun studie Bos- en Natuurbeheer onder begeleiding van Mart Vlam, Harrie Schreppers en John Raggers (Hogeschool Van Hall-Larenstein). Het gebruikte protocol is eerder opgesteld door Silke Jacobs als stagiair bij Wouter Delforterie. Metingen van Silke tijdens haar stage zijn opgenomen in deze rapportage, maar Silke (WENR) heeft ook geholpen bij het oefenen van het protocol.
De eigenaren waar wij metingen hebben mogen laten uitvoeren in dit project zijn landgoed Schovenhorst, Staatsbosbeheer, Kroondomein Het Loo (door Silke Jacobs) en aanvullend bij landgoed Bieduinen, landgoed De Groote Meer, Het Brabants Landschap en De Emmerdennen van Staatsbosbeheer (door genoemd projectteam Van Hall-Larenstein.).
Voor het deelnemen in de begeleidingscommissie en/of andere inzet zijn we dank verschuldigd aan Anton Vos (Avos bosadvies), Jan den Ouden (WUR), Ronald Sinke, Leon Hahn, Sander Wijdeven (Staatsbosbeheer), Anjo de Jong, Kees Hendriks, Mart-Jan Schelhaas, Gert-Jan Nabuurs (WENR), Wouter Delforterie (Provincie Gelderland), René Olthof (Kroondomein Het Loo), Henk Sierdersma (Sovon), Henk Siepel (Radboud Universiteit), Pauline Buffing, Zev Starmans (Ministerie van LNV) en Frederik Vaes (Leefmilieu Brussel IBGE-BIM). Projectleiding was oorspronkelijk in handen van Gerry Bulten, maar is na haar overstap naar Geldersch Landschap en Kastelen overgenomen door Gijs Kuneman. Gijs Kuneman, Pieter Westerhof en Erik Roest (Bosgroep Midden Nederland) hebben allen input geleverd voor deze rapportage.

Hartelijk dank aan iedereen die een bijdrage heeft geleverd aan dit project en veel leesplezier!

Etiënne Thomassen en Gijs Kuneman

Samenvatting

Uitkap wordt wel gezien als geschikt alternatief voor vlaktegewijs beheer, met een lagere impact op biodiversiteit en bosbeeld, terwijl tegelijkertijd nog steeds duurzaam hout geoogst kan worden. Met toenemende druk op het bos vanuit zowel het milieu als de maatschappij is de vraag of het toepassen van uitkap een uitweg uit deze problematiek kan zijn. Maar ervaring met bosbeheer zonder vlaktegewijze kap (uitkap) is in Nederland nog beperkt aanwezig en bosbeheerders twijfelen dan ook aan de geschiktheid en meerwaarde van uitkapbeheer voor hun bosgebied. Doel van dit onderzoek is de (meer)waarde van uitkap beter in kaart te brengen.

Dat doen we door concrete bossen onder verschillend beheer met elkaar te vergelijken, om zo een beter beeld te krijgen van de voor- en nadelen van uitkap ten opzichte van alternatieven, met name op het vlak van natuurkwaliteit, klimaatbestendigheid en rentabiliteit. Daarvoor zijn drie sets van drie typen bos gemaakt(triplets), elk in een andere regio van Nederland met steeds één voorbeeld van een uitkapbos, één voorbeeld van een meer regulier beheerd bos met een vlaktegewijze verjongingsstrategie (groepenkap) en één onbeheerd bos. In deze bossen is een uitgebreide steekproefsgewijze bosinventarisatie uitgevoerd of zijn andere beschikbare gegevens gebruikt ter vergelijking binnen en tussen de bossen van de triplets. Het vergelijken van de verschillende opstanden en beheerstijlen was niet eenvoudig, omdat de gemeten opstanden slechts een momentopname zijn in de ontwikkeling van die opstand, maar heeft wel degelijk boeiende inzichten opgeleverd

De inventarisatieresultaten laten zien dat de verschillende beheerstijlen niet steeds op dezelfde manier van elkaar verschillen. Op natuurkwaliteit scoort het onbeheerde bosreservaat Mattemburgh het best; het is gemengd, inheems en kent veel dikke bomen en dood hout. Maar het andere bosreservaat is donker, homogeen en uitheems met als belangrijkste pluspunt; veel dood hout. Ook de donkere bosreferentie voor vlaktegewijs beheerd bos scoort slecht op diversiteit, maar kent wel een hoge houtvoorraad en houtkwaliteit. De referentie voor vlaktegewijs beheerd licht bos verrast met een diverse bosstructuur dankzij verjongingsgroepen in de volwassen opstand. De uitkapbossen kennen stuk voor stuk een opvallend hoge boomsoortendiversiteit en diverse structuur. Ook op het gebied van voorraad, bijgroei en houtkwaliteit scoren deze bossen goed. Minder goed scoren ze op aandeel inheems, dood hout en boomgebonden habitatstructuren.
Samenvattend scoren de onderzochte uitkapbossen goed over de breedte van de verschillende gemeten parameters, terwijl de andere bostypen op het op specifieke parameters beter (of slechter) doen.

De uitkapbossen kennen daarmee een brede functievervulling en nu veerkracht van bossen zo belangrijk is in het licht van klimaatverandering en andere drukfactoren is de hoge boomsoortendiversiteit en goed ontwikkelde bosstuctuur een belangrijk pluspunt. Het behoud van een scherm van bomen is een onderscheidend kenmerk van uitkapbossen en is voor buffering van droogte en hitte van groot belang. Deze goede score voor de uitkapbossen komt voor een groot deel op de conto van de vakbekwame en bevlogen

beheerders die met hun bedrevenheid deze complexe systematiek gestalte geven. Maar uitkap is niet het antwoord op alle problemen en uitdagingen. Wie een soortenrijk bos wil en bijvoorbeeld ook nog voldoende dood hout zal daarvoor gericht beheermaatregelen moeten nemen die los staan van een bepaalde beheerstijl. Voorbeelden van zulke gerichte beheermaatregelen zijn het inbrengen van extra boomsoorten of bijvoorbeeld het inrichten van een OAD-netwerk voor het versterken van het aandeel dood hout en de aftakelingsfase. Ook laat kleinschalige groepenkap op de Groote Meer zien, dat ook die maatregel een positieve impuls voor bosstructuur en menging kan opleveren en dat het dus allemaal niet zo zwart-wit is. Het verbeteren van een specifieke parameter van een bos vereist gerichte maatregelen, die niet per se bij een specifieke beheerstijl passen of horen. Een beheerder zal simpelweg de mogelijkheden moeten bezien en de juiste maatregel kiezen onafhankelijk van de beheerstijl.

Al met al is uitkap onderdeel van de uitweg. Om dat waar te maken hebben we vakbekwame en bevlogen beheerders nodig die met uitkap –maar dus ook andere maatregelen- uit de voeten kunnen en met hun vakkennis en creativiteit ook in de toekomst (uitkap)bossen op specifieke onderdelen nog beter kunnen laten functioneren, bijvoorbeeld met aanvullende gerichte maatregelen voor biodiversiteit.

Inhoudsopgave

1 Inleiding **7**

2 Methode **10**

2.1 Triplets 10
2.2 Inventarisatie 11
2.3 Locaties 13

3 Natuurkwaliteit **16**

3.1 Bosstructuur 16
3.2 SNL-bosstructuurmonitoring 22
3.3 Dood hout en habitatstructuren 24
3.4 Diversiteit 26
3.5 Habitatgeschiktheid 28
3.6 Kronendak en het AHN 29

4 Klimaatbestendigheid **31**

4.1 Koolstofvoorraad 31

5 Productiviteit en rentabiliteit **33**

5.1 Volume en aanwas 33
5.2 Kwaliteit staande voorraad 34

6 Discussie **35**

6.1 Appels en peren 35
6.2 De invloed van beheergeschiedenis 36
6.3 Inventarisatiemethode 36
6.4 Een ambitieuze beheerder 37

7 Conclusies **38**

7.1 Natuurkwaliteit 38
7.2 Klimaatbestendigheid 38
7.3 Rentabiliteit 38
7.4 Uitkap onderdeel van de uitweg 39

Literatuur en websites **40**

Bijlage 1 **Meetprotocol**
Bijlage 2 **Ligging Bieduinen**
Bijlage 3 **Ligging Groote Meer**
Bijlage 4 **Ligging Mattemburgh**
Bijlage 5 **Ligging Schovenhorst**
Bijlage 6 **Ligging Sprielderbos**
Bijlage 7 **Ligging Emmerdennen**
Bijlage 8 **Factsheet Bieduinen**
Bijlage 10 **Factsheet Schovenhorst**
Bijlage 11 **Factsheet Emmerdennen**

1 Inleiding

Aanleiding

De nationale bossenstrategie voorziet een hoger aandeel natuurbos. De rest van het bos moet vitaal en klimaatbestendig worden met een multifunctionele functievervulling. De ambitie is dat in deze bossen de oogst van hout nog licht gaat toenemen *(Bos voor de toekomst, 2020)*. Tegelijkertijd zien we toenemende maatschappelijke onrust rond oogst, waarbij zeker vlaktegewijze kap in de afgelopen jaren weerstand heeft opgeroepen. Uitkap wordt gezien als geschikt alternatief voor vlaktegewijs beheer, met een lagere impact op biodiversiteit en bosbeeld, terwijl tegelijkertijd nog steeds duurzaam hout geoogst kan worden. Beheerders in Nederland hebben echter beperkt ervaring met deze kleinschalige vorm van bosbeheer; wat zijn dan die biodiversiteitseffecten en is dat beheer wel rendabel uit te voeren?

Doelen en onderzoeksvragen

Het doel van dit onderzoek is *inzicht krijgen in de biodiversiteitseffecten, klimaatbestendigheid en financiële haalbaarheid van uitkapbeheer* (Delforterie, 2020). Daarnaast is het project het startpunt voor het opzetten van Pro Silva voorbeeldbossen in Nederland. In het onderzoeksvoorstel worden de volgende onderzoeksvragen centraal gesteld:

- Wat zijn de effecten van uitkapbeheer op de natuurkwaliteit van bos, in vergelijking met vlaktegewijs beheerd bos en het ongestoorde bos?
- Welke effecten heeft uitkapbeheer op de klimaatbestendigheid en het koolstofvastleggend vermogen van het bos en hoe verhoudt zich dat tot vlaktegewijs beheerd bos en het ongestoorde bos?
- Hoe verhoudt de rentabiliteit van uitkapbeheer zich tot vlaktegewijs beheer en tot het ongestoorde bos en is uitkapbeheer een financieel duurzame bosbeheersystematiek onder de Nederlandse omstandigheden?

Parallel aan dit project is Wageningen Environmental Research een project gestart met een focus op de rentabiliteit van uitkapbeheer versus vlaktegewijs beheer. In deze modelstudie worden de implicaties voor groei en financiën diepgaander onderzocht dan mogelijk binnen deze studie. Daarom is ervoor gekozen de rendabiliteit niet financieel te onderzoeken binnen dit project en wordt enkel ingegaan op de productiviteit.

Bijdragen aan de Pro Silva voorbeeldbossen is een belangrijk nevendoel van deze studie. Met de inventarisaties van deze bossen is een eerste stap gezet in het opzetten van de Nederlandse voorbeeldbossen voor kleinschalig bosbeheer. De uitkapbossen die in dit project zijn ingemeten worden opgenomen in het Nederlandse netwerk van voorbeeldbossen en de gegevens van de bossen komen beschikbaar op de website van de KNBV. De bedoeling is dat de data online vrij beschikbaar wordt gesteld, zodat ook anderen de gegevens kunnen gebruiken om uitkapbos te bestuderen en zo de kennis hierover verder te vergroten. Van de referentiebossen zijn factsheets gemaakt om de gegevens op toegankelijke manier te delen. Deze factsheets zijn in de bijlagen opgenomen.

Aanpak

Het vergelijken van voorbeeldopstanden van verschillende beheermethoden staat centraal in de projectaanpak. Steeds wordt een opstand onder uitkapbeheer vergeleken met een opstand onder vlaktegewijs beheer en een referentie zonder beheer. Een moeilijkheid hierbij is dat een opstand onder uitkapbeheer in principe een compleet systeem omvat, met zowel verjonging als volwassen kaprijpe bomen, terwijl een opstand onder vlaktegewijs beheer normaliter net gekenmerkt wordt doordat de aspectbepalende bomen daarin grotendeels van gelijke leeftijd zijn. Zo kan een uitkapopstand in theorie een beeld geven van een volledig bosbedrijf, terwijl de vlaktegewijze opstand slechts een klein deel laat zien, omdat de ontwikkeling tot die toestand en de tijd erna ontbreken. Om ook voor vlaktegewijs beheer een vollediger beeld te geven, wordt aanvullend vergeleken met steekproefsgewijze bosbedrijfsinventarisaties (SyHI-inventarisaties). Ook voor de referentie-opstanden zonder beheer geldt de beperking dat de meting slechts een momentopname is van een bosreservaat dat nog steeds in opbouwfase is.

Definities

Bosbeheerders hebben vaak heel duidelijke beelden in hun hoofd welk soort bos bij welke term hoort. De term uitkapbos roept beelden op van donkere plenterbossen in de bergen van Midden-Europa gedomineerd door zilverspar en fijnspar. Precies zulke bossen bestaan niet in Nederland, maar er zijn wel bossen waar al langjarig kleinschalig gewerkt wordt, waar niet langer vlaktegewijs wordt ingegrepen en waar zich inmiddels een structuurrijk en gemengd bosbeeld heeft ontwikkeld. Misschien zijn dat nog geen echte uitkapbossen, maar voorlopig nog *niet-vlaktegewijs beheerde bossen* in omvorming naar een goed ontwikkeld uitkapbos. Daarom is het eigenlijk ook zuiverder om in deze studie te spreken van niet-vlaktegewijs beheerde bossen, maar uiteindelijk is er toch voor gekozen de term uitkap en uitkapbos te blijven gebruiken voor de uitkapreferenties in dit rapport. Met vlaktegewijs beheerde bossen worden in dit rapport regulier beheerde Nederlandse multifunctionele bossen bedoeld. Daarmee worden bossen bedoeld die beheerd worden volgens de principes van geïntegreerd bosbeheer en vaak hoogdunning of toekomstbomendunning wordt gebruikt voor selectie en sturing in opstanden en groepenkap voor verjonging. Groepenkap is een vorm van vlaktegewijze kap die de laatste decennia in Nederlandse bossen veel is toegepast met het oog op bosverjonging en structuurversterking. Den Ouden en Mohren (2020) definiëren groepenkap als kleinschalig vlaktekap, met een schaal van 1-2x de omringende boomhoogte van maximaal ongeveer 0,5 hectare afhankelijk van het bos. In dit rapport wordt met de term groepenkap dit soort van kleinschalige vlaktekap bedoeld.
Bosreservaten in dit rapport zijn bosreservaten in het kader van het Nederlandse bosreservatenprogramma. Deze bossen zijn aangewezen als reservaat ten behoeve van wetenschappelijk onderzoek en op deze bossen rust een strikt nietsdoen-beheer. De reservaten zijn niet per se een natuurlijke referentie van een bos op die plek, bijvoorbeeld bosreservaat Het Leesten wordt gedomineerd door de uitheemse douglasspar. In Tabel 1 is een overzicht van de termen opgenomen.

Tabel 1 Termen zoals die worden toegepast in dit rapport waarmee de verschillen tussen de drie hoofdbeheervormen

Beheervorm	Toelichting
Uitkap-bos/ beheer of **Niet-vlaktegewijs**	Bos waar al langere tijd niet meer vlaktegewijs wordt ingegrepen en zich inmiddels een kleinschalige bosstructuur heeft ontwikkeld
Vlaktegewijs/ regulier	Bos dat beheerd wordt volgens geïntegreerd bosbeheer principes waar dunning en groepenkap belangrijke beheermaatregelen zijn.
Bosreservaat	Bos met (al langere tijd) strikt nietsdoenbeheer-

Leeswijzer

In het volgende hoofdstuk wordt de methode toegelicht en de bossen die zijn geanalyseerd voorgesteld. Vervolgens volgen drie hoofdstukken met resultaten die elk ingaan op een van de hoofdvragen van het onderzoek. Hoofdstuk 3 gaat over natuurkwaliteit en bosstructuur in het algemeen, terwijl hoofdstuk 4 vooral een overzicht geeft van parameters rond klimaatbestendigheid. Hoofdstuk 5 behandelt nog kort de productiviteit en rentabiliteit. Daarna volgt de discussie en de conclusies.

2 Methode

Centraal in de methodiek staat het vergelijken van opstanden onder verschillend beheer, om inzicht te krijgen in de effecten van de beheerstijl op het bos. Er is gezocht naar opstanden met een vergelijkbare oorsprong en groeiplaats, maar een afwijkende beheervorm. Deze zijn samengebracht in triplets. In ieder bos is in principe een intensieve steekproefsgewijze bosinventarisatie uitgevoerd aan de hand van een hiervoor ontwikkeld inventarisatieprotocol. Aanvullend wordt gebruik gemaakt van inventarisaties op bedrijfsniveau om een meer compleet beeld te krijgen.

2.1 Triplets

Om verschillende beheerstijlen over verschillende bostypen te kunnen vergelijken zijn 'triplets' gemaakt. Dit zijn sets van drie boslocaties waarbij één bos niet vlaktegewijs beheerd wordt en geldt als uitkapreferentie, één bos wel vlaktegewijs beheerd wordt middels groepenkap en één bos onbeheerd is (bosreservaten). Binnen één triplet is gezocht naar boslocaties met een vergelijkbare groeiplaats en ontstaansgeschiedenis. De bossen van één triplet liggen allemaal op arme en droge zandgronden op de Brabantse Wal en worden gedomineerd door grove den. De uitkap locatie ligt op Landgoed Bieduinen, de referentie voor vlaktegewijs beheer op Landgoed de Groote Meer en de onbeheerde referentie op Mattemburgh. De locaties van de tweede triplet liggen allemaal op de Veluwe op rijkere droge zandgronden en worden gedomineerd door douglas. De uitkapreferentie op Schovenhorst (het Kolkbos), de vlaktegewijze referentie in het Sprielderbos en bosreservaat het Leesten is de onbeheerde referentie. Voor het Leesten is bestaande meetdata van het bosreservaat gebruikt. Aanvullend is ook gemeten in de Emmerdennen in Drenthe. Ook dit is een uitkapreferentie. Een vlaktegewijze referentie en een referentie voor onbeheerd bos is niet gemeten in Drenthe. Het Leesten geeft een indruk van de bosstructuur van de Emmerdennen als die niet beheerd zou worden. Boswachterij Odoorn is als vergelijkingsmateriaal gebruikt voor regulier/vlaktegewijs beheer. Deze is vergelijking is niet eenvoudig omdat Emmerdennen een gemengd donker naaldbos betreft met meereisende naaldboomsoorten en Odoorn een grote boswachterij is met allerlei verschillende opstanden.

Van Odoorn is een steekproefsgewijze bosinventarisatie (een SyHI: Systeem voor Houtmeetkundige Inventarisatie) beschikbaar, die inzicht geeft in de bossamenstelling op bosbedrijfsniveau. Dit geeft inzichten die goed van pas komen in dit project, omdat bij vlaktegewijs beheer verschillende leeftijdscategorieën naast elkaar voorkomen, terwijl die bij uitkapbos samen voorkomen op dezelfde oppervlakte. Een uitkapopstand van enige omvang kan zo een goede indruk geven van de structuurdiversiteit van een heel uitkapbedrijf, terwijl een opstand in een vlaktegewijs beheerd bos slechts een momentopname van een complete omloop van een opstand binnen het vlaktegewijze systeem laat zien. Omdat dit dus leerrijk kan zijn is ook gezocht naar SyHI rapportages voor die van toepassing zijn op de reguliere referenties van de andere triplets. Ook van het Speulder- en Sprielderbos, De Brabantse Wal en de Emmerdennen is een SyHI rapportage beschikbaar, waarvan de gegevens zijn meegenomen in de analyse wanneer van toepassing.

Tabel 2 geeft een overzicht van de boslocatie per triplet en de beschikbare gegevens per boslocatie. Op Figuur 1 wordt de ligging van de locaties weergegeven. Op deze kaart zijn ook de twee locaties op het Kroondomein ingetekend, waar in het voortraject ook inventarisaties zijn uitgevoerd tijdens de ontwikkeling van het inventarisatieprotocol. Deze locaties maken ook deel uit van het voorbeeldbossennetwerk van Pro Silva.

Tabel 2 De locaties van de drie triplets en de beschikbare gegevens per locatie

	Triplets		
	Brabantse Wal	**Veluwe**	**Drenthe**
Uitkapbeheer	Landgoed Bieduinen Pro Silva protocol	Schovenhorst Pro Silva protocol	Emmerdennen Pro Silva protocol SyHI Emmerdennen
Vlaktegewijs/ regulier	De Groote Meer Pro Silva protocol Brabantse Wal SyHI Brabantse Wal*	Speulder- en Sprielderbos Pro Silva protocol SyHI Speulder- en Sprielderbos	Odoorn SyHI Odoorn
Bosreservaat	Mattemburgh Pro Silva protocol	Het Leesten Inventarisatie bosreservaat	

* De SyHI-rapportage van de Brabantse Wal heeft betrekking op de bossen van Staatsbosbeheer op de Brabantse Wal en niet op de bossen van Groote Meer.

2.2 Inventarisatie

Het voor dit project gebruikte meetprotocol en de handleiding voor analyse van deze gegevens zijn opgesteld door Silke Jacobs tijdens haar stage bij Bosgroep Midden Nederland onder begeleiding van Wouter Delforterie. Dit meetprotocol heeft als doel een zo breed mogelijk beeld te geven van het functioneren van opstanden in de breedte van ecosysteemdiensten. Het is oorspronkelijk uitgewerkt voor de nulmeting van een serie Pro Silva voorbeeldbossen die Pro Silva Nederland graag wil inrichten in navolging van andere voorbeeldbossen in Europa. Pro Silva is een Europese beweging van bosbeheerders die kleinschalig natuurvolgend bosbeheer promoten en kennis uitwisselen. De voorbeeldbossen met bijbehorende monitoringsgegevens moeten deze doelen in de toekomst gaan ondersteunen.

Het inventarisatieprotocol volgt grotendeels de 20ste boommethode zoals die is uitgewerkt in de 'Handleiding bosinventarisatie en bosmeten' van Hogeschool Van Hall-Larenstein (Raggers, 2019). Het is een steekproefsgewijze bosinventarisatie waar met variabele

Figuur 1 Ligging van de voorbeeldopstanden in Nederland. De opstanden van het Kroondomein zijn opgemeten met het protocol, maar maken geen deel uit van een triplet. Van de Emmerdennen is ook een SyHI-rapportage beschikbaar.

plotradius gewerkt wordt die zo wordt gekozen dat er zeker 20 bomen in het plot vallen, waarna de radius omhoog wordt afgerond. In afwijking van de veelgebruikte methode SyHI (ook wel Woodstock) wordt het opstandsvolume geschat per boomsoort en boomklasse via de diameter van de middenboom (Dg) en de gemeten bijbehorende hoogte (Hg) van elke combinatie. Aanvullend op de meting van de staande voorraad wordt in de plots de hoeveelheid dood hout, de aanwezige boomhabitats en de vegetatie opgenomen. In de bijlagen is een meer uitgebreide omschrijving van de methode opgenomen.

De inventarisatie van Schovenhorst en Sprielderbos zijn in 2020 uitgevoerd door Silke Jacobs als stagiair vanuit Wageningen Universiteit bij Bosgroep Midden Nederland. Bieduinen, Groote Meer, Mattemburgh en Emmerdennen zijn geïnventariseerd door Hidde Batterink, Reint-Jan van de Bunte, Bjarne Hagendoorn en Jochum Ludema. Zij maakte samen een analyse van de bossen op de Brabantse Wal in het kader van hun specialisatieproject voor hun opleiding Bos- en Natuurbeheer aan Van Hall-Larenstein (Batterink et al., 2022).

2.3 Locaties

De verschillende locaties waarvan in deze rapportage gegevens worden gebruikt worden hier kort toegelicht. Van alle locaties waar meetgegevens op opstandsniveau beschikbaar zijn is daarnaast informatie over de bodem opgenomen in Tabel 3.

Tabel 3 Bodem en grondwatertrap van de gemeten locaties en Het Leesten

	Type	Bodemtype		Grondwatertrap	
Bieduinen	***Uitkap***	Hn21	Veldpodzolgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand	VI	H 40-80 L >120
Groote Meer	***Regulier***	Zd21	Duinvaaggronden; leemarm en zwak lemig fijn zand	VIII	VIII = H >140 L >160
Mattemburgh	***Reservaat***	Zd21	Duinvaaggronden; leemarm en zwak lemig fijn zand	VIII	VIII = H >140 L >160
Schovenhorst	***Uitkap***	Y21	Holtpodzolgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand	VIII	VIII = H >140 L >160
Sprielderbos	***Regulier***	Y30	Holtpodzolgronden; grof zand	VIII	VIII = H >140 L >160
Het Leesten	***Reservaat***	Y30	Holtpodzolgronden; grof zand	VIII	VII = H 80-140 L >120
Emmerdennen	***Uitkap***	AS	Stuifzand op rode keileem	VII*	VII* = H >140 L >160

In de bijlagen zijn van alle locaties (alle boslocaties in Tabel 3 met uitzondering van Het Leesten) waarin is gemeten in dit project kaarten opgenomen van de ligging van de opstanden en de locatie van steekproefpunten. Van de drie uitkapreferenties (Bieduinen, Schovenhorst en de Emmerdennen) zijn in de bijlagen ook factsheets opgenomen.

2.3.1 Bieduinen

Landgoed Bieduinen ligt ten noorden van Putte op de Brabantse Wal. Het bos op het landgoed bestaat voornamelijk uit multifunctionele dennenbossen (grove den, Corsicaanse den en zeeden) met een kern van onbeheerd bos met duidelijk groter aandeel loofhout. Al enkele decennia wordt het bos volgens Pro Silva richtlijnen beheerd, waardoor het

dennenbos van structuur veranderd. In het kader van de voorbeeldbossen van Pro Silva is in totaal 8,5 hectare bos steekproefsgewijs geïnventariseerd (25 plots; 0,74 ha). In een deel van de oppervlakte is een marteloscoop (bos om bleswerk te oefenen) ingericht van precies één hectare groot. De ligging van de opstanden en meetplots is op kaart weergegeven in bijlage 2

2.3.2 Groote Meer

Landgoed De Groote Meer grenst aan den noordkant van Landgoed Bieduinen en is genoemd naar het grootste ven van de Brabantse Wal dat op het landgoed ligt. Het bosbeheer van het landgoed is de afgelopen periode meer traditioneel en vlaktegewijs geweest dan het Pro Silva beheer op Bieduinen, daarom is hier een referentieperceel geselecteerd met vergelijkbare leeftijd en bodem als het voorbeeldbos op Bieduinen. Er is een oppervlakte van 2,5 hectare geïnventariseerd (11 plots; 0,28 ha). De ligging van de opstanden en meetplots is op kaart weergegeven in bijlage 3

2.3.3 Mattemburgh

Bosreservaat Mattemburgh ligt ten zuiden van Bergen op Zoom en is geselecteerd als referentie voor natuurlijke ontwikkeling. Het bosreservaat is in eigendom van Brabants Landschap en is in 1996 aangewezen binnen het bosreservatenprogramma(Clerkx et al., 2001). Sinds Brabants Landschap het bos in 1970 in eigendom kreeg is in het gebied van het bosreservaat een nietsdoenbeheer gevoerd en in 1975 heeft het Landschap het als strikt bosreservaat aangewezen. Voordat Brabants Landschap het kocht is er ook vrijwel niet of zelfs nooit gedund sinds de aanlegperiode(Clerkx et al., 2001). Er is een oppervlakte van 4 hectare geïnventariseerd (16 plots; 0,54 hectare). De ligging van de opstanden en meetplots is op kaart weergegeven in bijlage 4

2.3.4 Brabantse Wal

Bieduinen, De Groote Meer en Mattemburgh liggen alle drie op de Brabantse Wal. Staatsbosbeheer beheert bossen op Brabantse Wal en van die bossen is een SyHI-rapportage beschikbaar uit 2012 (F. Dolstra & Lusink, 2008).

2.3.5 Schovenhorst

Schovenhorst ligt ten zuidoosten van Putten op de Veluwe en geldt als de uitkapreferentie voor de Veluwe-triple. Bekend van haar bomentuinen, maar onder bosbeheerders ook vanwege het Kolkbos dat als een van de weinige Nederlandse uitkapbossen wordt gezien. In het Kolkbos is de inventarisatie uitgevoerd (14 plots; 0,72 hectare). De ligging van de opstanden en meetplots is op kaart weergegeven in bijlage 5

2.3.6 Sprielderbos- en Speulderbos

Eén perceel van het Speulder- en Sprielderbos is ingemeten in het kader van dit project. Deze opstand ligt in het **Sprielderbos** en geldt als referentie voor een 'regulier' vlaktegewijs beheerd douglasbos. Het vak meet 2,75 ha en er zijn 6 plots gemeten. De ligging van de opstanden en meetplots is op kaart weergegeven in bijlage 6. Van het bosgebied Speulder- en Sprielderbos is daarnaast een recente SyHI-rapportage beschikbaar (Lusink et al., 2012).

2.3.7 Het Leesten

Het Leesten is een bosreservaat van het Nederlandse bosreservatenprogramma. In dit kader zijn een aantal rapporten beschikbaar die de bosstructuur beschrijven (Clerkx et al., 2002; H. G. J. M. Koop, 1995; Van Hees, 1995). Het bos wordt gedomineerd door douglasspar. Voor onderzoek in het kader van de Klimaatenveloppe van LNV is hier opnieuw geïnventariseerd, waarvan resultaten zijn opgenomen in een rapportage over de consequenties van uitstel van oogst voor CO_2-mitigatie(den Ouden et al., 2020).

2.3.8 Emmerdennen

De Emmerdennen is een bosgebied bij Emmen, dat onder bosbeheerders bekend is vanwege de hoge rijkdom aan boomsoorten en gevarieerde bosstructuur. Dit bos wordt wel gezien als een van de weinige bossen in Nederland met een structuur die dicht bij een uitkapbos ligt. Van de beheereenheid is een SyHI-rapportage beschikbaar (F. E. H. Dolstra, 2021) en aanvullend is een inventarisatie uitgevoerd op 4,2 hectare van het bos (16 plots). De ligging van de opstanden en meetplots is op kaart weergegeven in bijlage 7

2.3.9 Odoorn

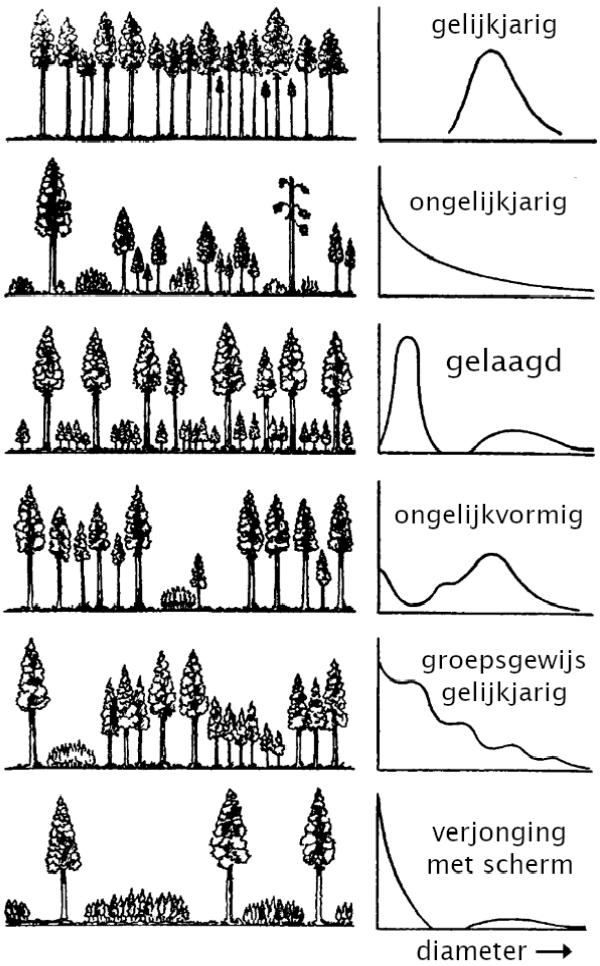
Odoorn is een bosgebied in Drenthe dat in dit onderzoek is opgenomen als tegenhanger voor de Emmerdennen en als referentie voor 'vlaktegewijs' beheer. Er zijn geen metingen uitgevoerd in het kader van dit project. Gegevens zijn overgenomen uit een recente SyHI-rapportage van het bosgebied (F. E. H. Dolstra, 2021).

3 Natuurkwaliteit

Voor de resultaten volgt de hoofdstukindeling de vraagstelling van onderzoeksvragen. De eerste vraag gaat over natuurkwaliteit, de tweede over klimaatbestendigheid ende derde over rentabiliteit. In dit hoofdstuk komt de natuurkwaliteit aan de orde en algemene gegevens over bosstructuur. De andere onderwerpen volgen in de komende hoofdstukken. Bosstructuur geeft inzicht in alle drie de onderwerpen maar wordt grotendeels hier behandeld.

3.1 Bosstructuur

Het aantal bomen en hoe die verdeeld zijn over verschillende stamdiameterklasses op een hectare geeft een eerste indruk van de bosstructuur. Figuur 2 laat zien hoe de bossamenstelling van verschillende bosbeelden in de diameterverdeling wordt weerspiegeld. Het bovenste bosbeeld van Figuur 2, een gelijkjarig bos, kan worden weergegeven als een klokcurve (normale verdeling), waarbij veel bomen een diameter rond de het gemiddelde hebben en hoe meer de diameter van een boom van dat gemiddelde afwijkt hoe minder dat soort bomen voorkomen. Zo ontstaat de klokcurve met een piek in het midden die naar beide kanten afloopt. Uitkapbos wordt vaak gespiegeld aan een inverse J-curve of ook de Liocourt-curve genoemd. In Figuur 2 weergegeven bij



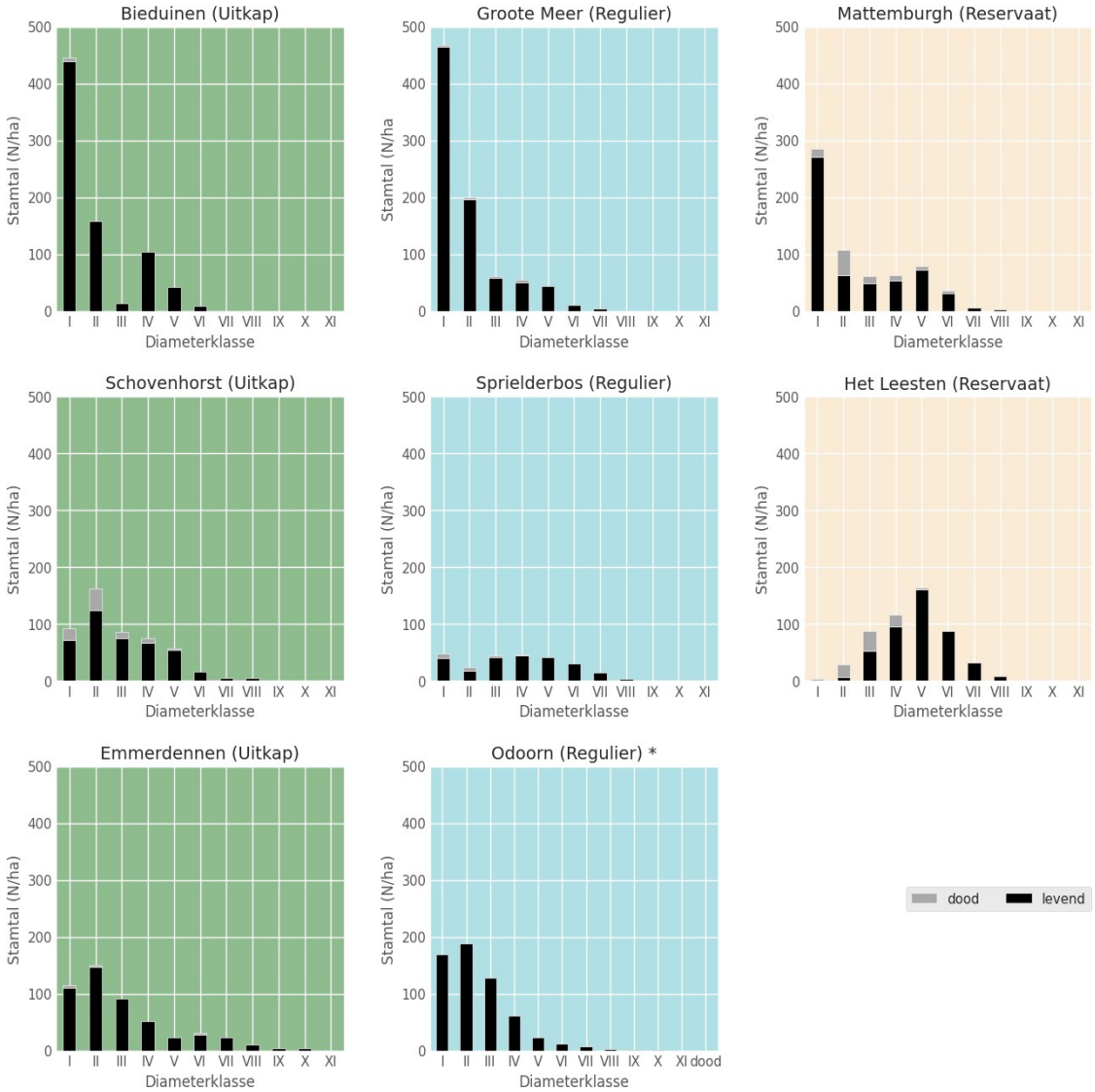
Figuur 2 De diameterverdeling van een bos weerspiegelt de ruimtelijke opbouw van het bos. In een gelijkjarig bos concentreren de diameters van de bomen zich rond het gemiddelde, terwijl in een ongelijkjarig bos veel dunne jonge bomen aanwezig zijn en relatief veel minder dikke oude bomen. Door beheer of verstoringen ontstaan ook andere verdelingen. Een volwassen bos met een struiklaag of tweede boomlaag heeft vaak een 'gelaagde' structuur. Een serie van verstoringen of beheeringrepen kan leiden tot ongelijkvormig bos of een bos dat binnen groepen gelijkjarig is, maar tussen groepen heel verschillend (groepsgewijs gelijkjarig). Verjonging met scherm geeft een curve weer die bijvoorbeeld na schermslag kan ontstaan of na een storm waar een klein deel van de bomen kom blijven staan. Figuur overgenomen en aangepast uit Powell (2018).

ongelijkjarig. Hier staan dus heel veel (jonge) dunne bomen, terwijl heel dikke bomen veel minder voorkomen. De Liocourt stelde in 1898 dat de diameterverdeling van een stabiel en duurzaam uitkapbos deze inverse J-curve volgt (Kerr, 2014). De aanname is dat zo een bos in balans is en een constant volume aan hout kan leveren bij behoud van structuur en voorraad. Bij beheer van uitkapbos kan het benaderen van zo een curve een expliciet doel zijn (O'Hara, 2002) -door bijvoorbeeld te kappen in diameterklassen die oververtegenwoordigd zijn-, maar zeker niet iedere uitkapbenadering past dit toe (zie bijvoorbeeld Sanchez (2016)). Deze curve wordt ook toegepast om de diameterverdeling van natuurlijke bossen te beschrijven, maar niet van elk oud en onbeheerd bos volgt de diameterverdeling deze vorm (Westphal et al., 2006). Er zijn ook alternatieve benaderingen voor uitkapbossen die niet per se een exacte curve nastreven maar wel een bepaalde gevarieerde bosstructuur voor ogen hebben, zoals bij voorbeeld beschreven door Sanchez (2016).

Figuur 3 geeft alle diameterverdelingen van de triplets weer. Voor de interpretatie van de grafieken is het belangrijk te realiseren dat in het meetprotocol bomen pas gemeten worden vanaf een DBH van 5 centimeter. De eerste klasse van 10 cm is daarmee een onderschatting van het werkelijke aantal bomen.

De diameterverdeling die het dichts bij een inverse J-curve komt is die van de Groote Meer. Schovenhorst, Emmerdennen en Odoorn komen ook in de buurt, mits de eerste klasse buiten beschouwing wordt gelaten. De aantallen in de eerste klasse zijn immers niet compleet door de meetdrempel van 5cm. Bieduinen en Mattemburgh komen in de buurt van een J-curve, maar hier zijn twee pieken herkenbaar. Dit meer duidt op twee afzonderlijke boomlagen onder elkaar, zeker bij Bieduinen, deze bossen zijn daarmee dus aan te duiden als gelaagde bossen (zie Figuur 2).

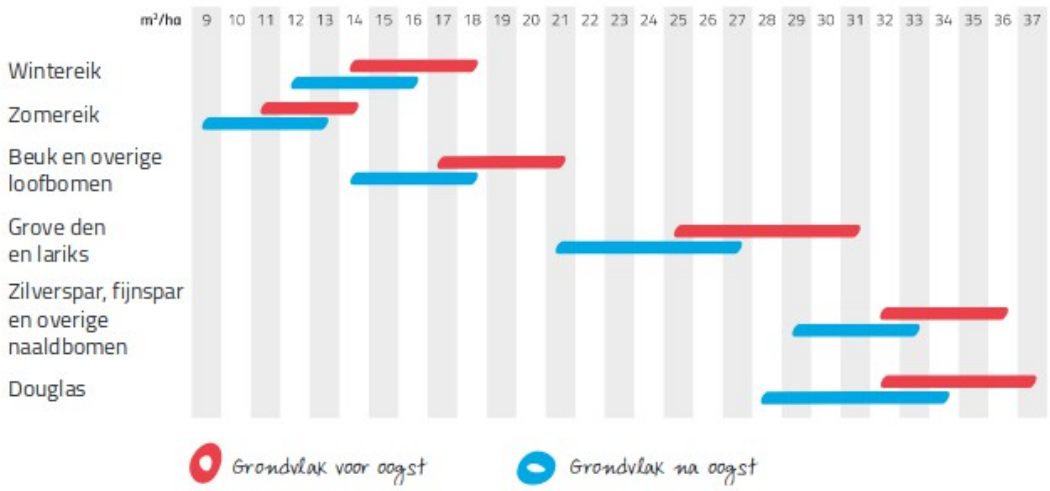
Wel zijn bij de drie dennenbossen in West-Brabant jonge bomen het best vertegenwoordigd, mogelijk door de hogere lichtdoorlatendheid van de dennen in de kroonlaag. In mindere mate is een tweede piek te zien bij de Emmerdennen. Opvallend is Het Leesten, dit bos volgt een curve die we normaal verwachten bij een eenvormige monocultuur. In dit geval is dat ook niet ver bezijden de waarheid: de douglassen die hier zijn gemeten groeien nog steeds door vanaf het tijdstip van aanplant en het is nog steeds te donker voor de vestiging van een nieuwe generatie.



*Figuur 3 Diameterverdeling van de verschillende locaties. De Romeinse cijfers staan voor een diameterklasse van tien centimeter (I: 0-10 cm dbh, II: 10-20 etc.). *Odoorn is overgenomen uit een SyHI-rapportage en geeft een beeld van de gemiddelde diameterverdeling over een heel bosgebied in plaats van een specifieke opstand. Het Leesten geeft een beeld van de Douglasplots van het bosreservaat.*

Grondvlak

Het grondvlak van een boom is de oppervlakte van de stamdoorsnede van die boom op 1,3 meter vanaf maaiveld. Het grondvlak van een bos is de som van al die oppervlaktes van de aanwezige bomen en wordt normaal gesproken uitgedrukt in vierkante meter per hectare. Het grondvlak per hectare is een maat voor hoe dicht het bos staat en geeft een indicatie van hoeveel licht er op de bosbodem doordringt. Bosbeheerders kunnen door het grondvlak te manipuleren sturen in lichtklimaat (en daarmee mogelijkheden voor verjonging), voorraadniveau en groei.
Voor verschillende beheersystemen bestaan grondvlakranges om te komen tot een optimale functievervulling volgens die specifieke benadering. Ook hanteren beheerders soms eigen richtgetallen voor het grondvlak van hun opstanden met het oog op hun doelstellingen en bos. In een opener bosstructuur –met een relatief laag grondvlak– kunnen meer verschillende boomsoorten verjongen en doorgroeien tot het kronendak, en kan een complexere bosstructuur ontstaan. Sanchez (2016) geeft grondvlakranges voor uitkapbeheer met verschillende boomsoorten die het ontstaan en behoud van een complexe bosstructuur mogelijk maken, ook bij lichtboomsoorten (Figuur 4).

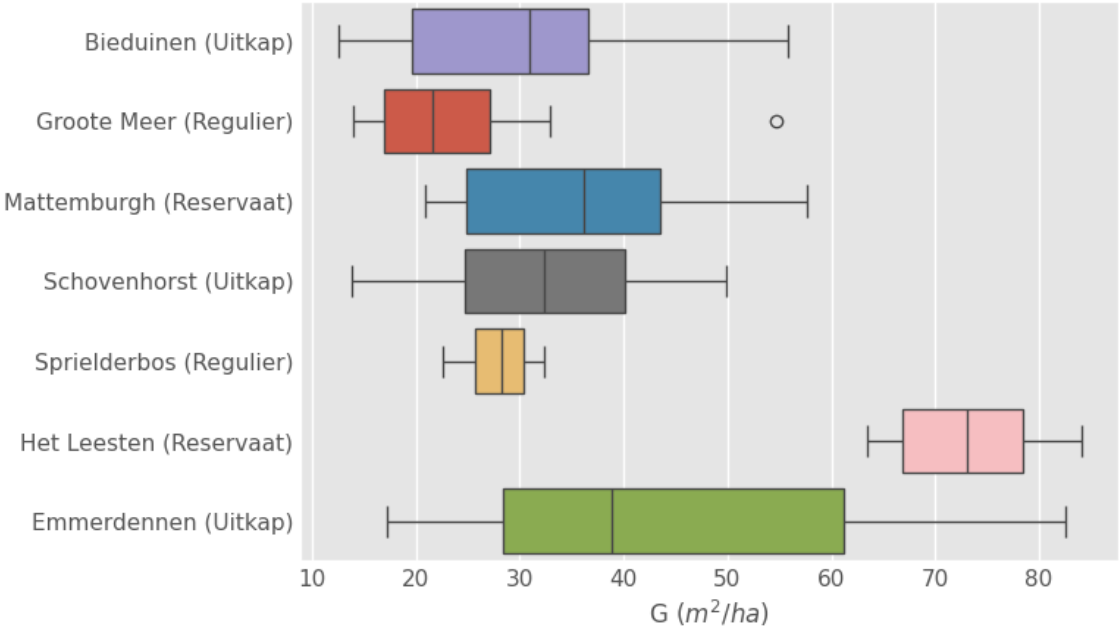


Figuur 4 Doelgrondvlakken voor en na oogst voor verschillende (hoofd)boomsoorten in uitkapbos (Sanchez, 2016).

Figuur 5 geeft een beeld van het grondvlak per meetlocatie in de vorm van boxplots. Een compleet plot, van links naar rechts, geeft aan waartussen zich het grondvlak bevindt voor alle plots per meetlocatie. Voor Bieduinen tussen de circa 12 en 56 m^2/ha. De gekleurde box geeft aan waartussen vijftig procent van de waarnemingen zich bevindt. In het midden van die box wordt de mediaan weergegeven (de middelste waarde van een gesorteerde reeks); zo zit tussen elke verticale streep een kwart van de waarnemingen. Bij Emmerdennen is de spreiding tussen de plots heel groot, terwijl die bij het Sprielderbos heel smal is. Het Sprielderbos is daarmee met afstand het meest homogeen. De uitkapvoorbeelden kennen een bredere spreiding dan de referenties voor regulier bosbeheer (Groote Meer en Speulderbos), terwijl Mattemburgh ook een relatief grotere spreiding heeft. Verschillende plots hebben een uitzonderlijk hoog grondvlak, zeker in de Emmerdennen. Waarschijnlijk is dit deels te verklaren doordat bijvoorbeeld soms net een erg dikke boom wel in het meetplot viel.

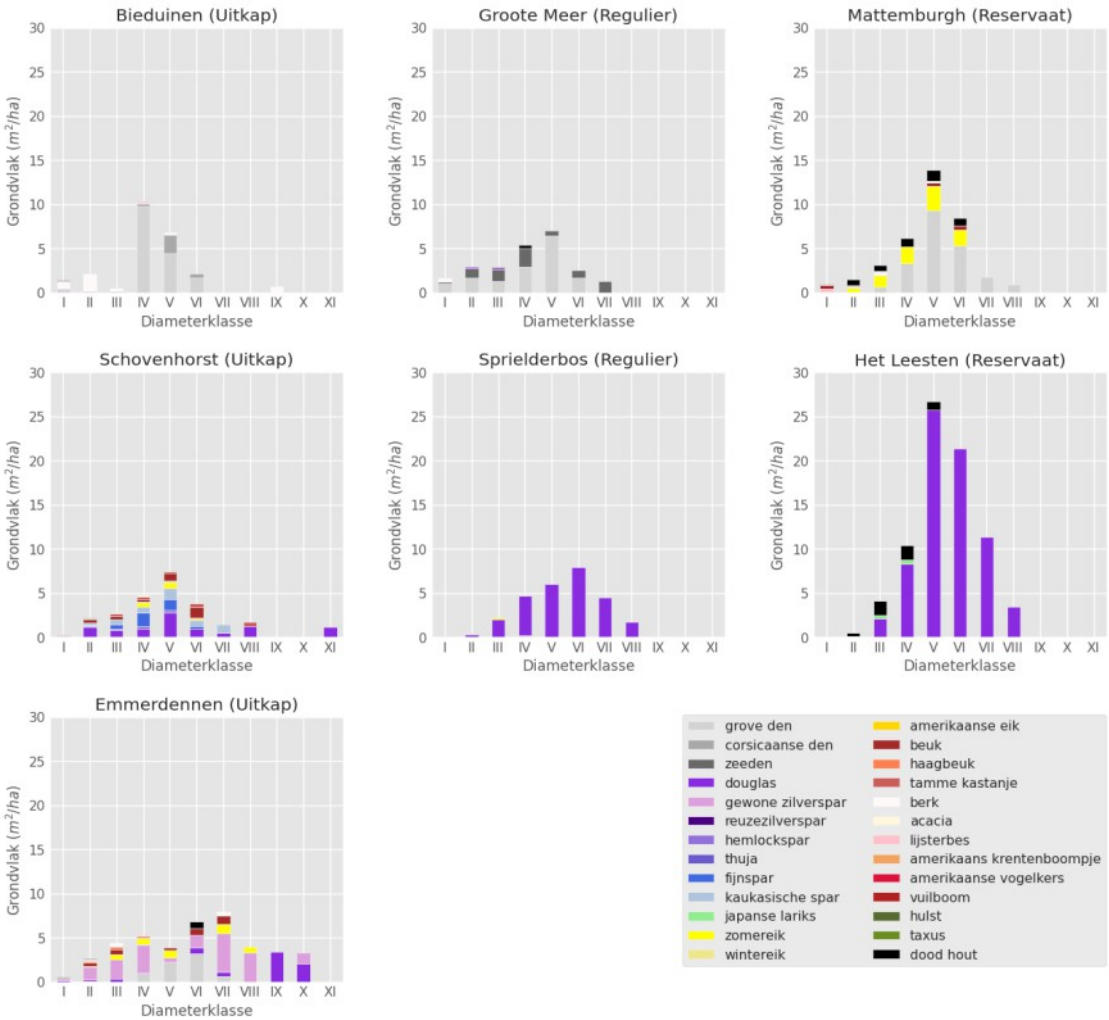
Bij vergelijking met Figuur 4 valt op dat de gemeten waarden gemiddeld hoger zijn dan de waardes die Sanchez (2016) aanbeveelt. De ranges van Sanchez passen bij ongelijkvormig hooghout; een uitkapsysteem met duidelijk opener bosstructuur dan uitkap- of plenterbos zoals dat in de Alpen te vinden is. Voordeel van dit systeem is dat het beter toepasbaar is in bossen waar de traditionele schaduwverdragende plenterboomsoorten (zilverspar, fijnspar en beuk) ontbreken, waarmee deze grondvlakranges voor uitkapbos waarschijnlijk beter passen bij de Nederlandse situatie dan de donkere referenties van plenterbossen in de Alpen.

De grondvlakverdeling per opstand is opgenomen in Figuur 5. Hier valt direct het enorm hoge grondvlak van Het Leesten op, waar het douglasbos zonder beheer een hoog grondvlak heeft opgebouwd. Speulderbos, Het Leesten en Mattemburgh hebben een duidelijk klokvormig beeld. Emmerdennen is opvallend vlak en mist de eerste klasse, hier zou de hoge vertegenwoordiging van de hoge klasses verjonging kunnen remmen. Voor Schovenhorst geldt dit in veel mindere mate. Zowel Bieduinen en De Groote Meer laten een relatief hoog grondvlak zien in klasse I en II, wat ook te zien is aan het hoge stamtal in die klasses in Figuur 3.



Figuur 5 Grondvlak per gemeten plot per locatie

Tenslotte laat Figuur 6 zien hoe het grondvlak over de verschillende diameterklasses van de opstanden is verdeeld. Opnieuw springen de hoge waardes in Het Leesten in het oog. Groote Meer en Bieduinen scoren relatief goed in de kleine diameters. Emmerdennen blijkt een opvallend hoog aandeel van het grondvlak uit de hoge diameterklasses te halen, wat mogelijk de verjonging remt. Gezien de vergelijking met de ranges van Sanchez (2016) zou het verlagen van het grondvlak in meerdere opstanden kunnen leiden tot meer verjonging en een hogere vertegenwoordiging van de lage diameterklassen.



Figuur 6 Verdeling van het grondvlak over de diameterklassen van de verschillende locaties. De Romeinse cijfers staan voor een diameterrange van tien centimeter (I: 0-10 centimeter DBH, II: 10-20 etc.). Het Leesten geeft de grondvlakverdeling van 2018 van de douglasplots van het bosreservaat. Odoorn ontbreekt omdat de brondata niet voorhanden waren.

3.2 SNL-bosstructuurmonitoring

In het Subsidiestelsel Natuur en Landschap(SNL) wordt de structuur van bos gemonitord en kwalitatief beoordeeld aan de hand van zes kwalificerende structuurkenmerken. Samen beschrijven deze de diversiteit, structuur en dood hout in het bos. Afhankelijk van de totaalscore op de kwalificerende kenmerken wordt de structuur als 'laag', 'middel' of 'hoog' gewaardeerd. De gemeten bossen zijn multifunctionele bossen die vallen onder beheertype 'N16.03: Droog bos met productie' met uitzondering van bosreservaat Mattemburgh dat valt onder het natuurbostype 'N15.02: Dennen- eiken- en beukenbos'. Tabel 4 geeft een overzicht van de scores van de verschillende bossen op de verschillende kenmerken. Tabel 5 geeft een beknopte weergave van de SNL-systematiek voor de beoordeling van de bosstructuur (Van Rosmalen et al., 2021).

Tabel 4. Kwaliteitswaardering van de bosstructuur van de verschillende gebieden volgens de systematiek van het Subsidiestelsel Natuur en Landschap

	Brabantse Wal grove den					**Veluwe** douglas			**Drenthe** douglas		
	Bieduinen	**Groote meer**	**Brabantse Wal 2008***	**Mattemburgh**	**Schovenhorst**	**Sprielderbos**	**Sprielder- en Speulderbos 2012*** *multifunctioneel bos*	**Het Leesten**	**Emmerdennen**	**Emmerdennen 2020 *** *donker bos*	**Odoorn 2021*** *multifunctionele bossen*
type	**UIT**	**REG**	**REG**	**RES**	**UIT**	**REG**	**REG**	**RES**	**UIT**	**UIT**	**REG**
Gemengd bos	56	73	32	75	85	0	50	0	100	78	59
Europees bos	84	100	95	100	7	0	43	0	65	49	48
Struweel & open plekken	*nvt*	*nvt*	28	*nvt*	*nvt*	*nvt*	8	*nvt*	*nvt*	9	8
Gelaagd bos	92	81	30	100	57	0	4	0	81	53	32
Dikke dode bomen	0	4	?	20	11	2	5	24	3	3	4
Bos met dikke bomen	24	36	?	75	78	100	41	100	94	84	66
Kwaliteitsbepaling N15.02	6	8	≧5	11	9	2	5	5	8	8	6
Kwaliteitsbepaling N16.03	6	8	≧5	11	9	2	5	5	8	8	6

* Gegevens uit een SyHI rapportages en beschrijven dus het gemiddelde van een heel bosgebied in plaats van één of enkele opstanden. Deze zijn inclusief waardering voor 'struweel en open plekken', terwijl die voor de opstand niet beoordeeld kunnen worden (nvt).

Tussen de locaties vallen een aantal zaken op:

- de multifunctionele bossen op de Brabantse Wal hebben duidelijk minder dikke bomen;
- bosreservaten hebben een duidelijk hoger aantal dode bomen
- Met uitzondering van Schovenhorst is het aantal dikke dode bomen in de beheerde bossen duidelijk lager.
- de donkere bossen bestaan voor een groot deel uit niet-Europees bos.

Bieduinen en Groote Meer hebben minder dikke bomen dan de andere bossen, maar het gaat hier om een armere groeiplaats met den, waar bomen lange tijd nodig hebben om de vereiste diameter te behalen (50cm dbh). Het bosreservaat van Mattemburgh is duidelijk ouder dan de andere twee locaties op de Brabantse Wal en stamt van circa 1850 (Clerkx et al., 2001). De bossen op de Veluwe en in Drenthe hebben een groter aandeel donker naaldhout, met onder andere douglas, waar sneller hoge aandelen dikke bomen bereikt kunnen worden.
Tegelijkertijd verklaart de aanwezigheid van het donkere naaldhout de lagere score van de Veluwse en Drentse bossen op het vlak van Europeesheid, aangezien het bos hier veel vaker wordt gedomineerd door vooral van oorsprong Amerikaanse naaldboomsoorten met een hoge concurrentiekracht.
Bosreservaat Mattemburgh kent een lange geschiedenis van nietsdoenbeheer. Sinds de aanleg is hier niet of nauwelijks gedund. Nadat het bos in 1970 in eigendom kwam van het Brabants Landschap is sinds 1975 een strikt bosreservaat ingesteld, nog voordat het in 1997 is aangewezen binnen het bosreservatenprogramma (Clerkx et al., 2001). Dat verklaart de hoge voorraad dood hout hier, terwijl de kortere bosgeschiedenis en het beheer heeft gezorgd voor duidelijk lagere voorraden in de andere bossen.

Tabel 5 Beknopte weergave van het waarderingssysteem van de SNL bosstructuurmonitoring

Waardering	N15.02 Dennen- eiken en beukenbos	N16.03 Droog bos met productie
Hoog	minimaal **8** kwalificerende structuurkenmerken	minimaal **7** kwalificerende structuurkenmerken
Middel	minimaal **5** kwalificerende structuurkenmerken	minimaal **4** kwalificerende structuurkenmerken
Laag	minder dan 5 kwalificerende structuurkenmerken	minder dan 4 kwalificerende structuurkenmerken
Kwalificerend kenmerk	**Korte beschrijving**	**Waardering**
Gemengd bos	Aandeel van het bos met minimaal 20% bijmenging	1: > 40-60%; 2: >60%
Europees bos	Aandeel van het bos dat uit minimaal 80% Europese boomsoorten bestaat	1: > 60-80%; 2: >80%
Struweel en open plekken	Aandeel open bos of struweel	1: > 5-10%; 2: >10%
Gelaagd bos	Aandeel van het bos waarin sprake is van een tweede boomlaag met een bedekking groter dan 25%	1: > 20-40%; 2: >40%
Dikke dode bomen	Gemiddeld aantal dode bomen dikker dan 30cm per hectare	1: 3-6/ha; 2: >6-9/ha; 3: >9/ha
Bos met dikke bomen	Aandeel van het bos waar meer dan 8 bomen dikker dan 50 cm groeien	1: > 20-40%; 2: >40%

3.3 Dood hout en habitatstructuren

In ieder plot zijn per boom (levend en dood) het aantal boomhabitats of micro-habitats per boom gescoord in drie klasses: 0, 1, 2 en meer dan 2 stuks per boom. De lijst met boomhabitats is overgenomen uit Susse et al. (2012). De aanwezigheid van de volgende structuren op een boom zijn gescoord:

- Holtes
- Dode takken
- Scheuren
- Spechtengaten
- Houtrot/ inrottende plekken
- Beschadiging
- Schimmels
- Afbladderende schors
- Mos en korstmos
- Klimop op de boom

Het totaal aantal boomhabitats is sterk afhankelijk van het aantal bomen per hectare (stamtal). Tabel 6 geeft een overzicht van het gemiddelde stamtal per hectare, het aantal bomen met microhabitats per hectare en het percentage van bomen met microhabitats. Groote Meer en Sprielderbos, die als regulier beheer referentie zijn opgenomen, bezitten het hoogste aandeel bomen met microhabitats. In Figuur 7 wordt de verdeling van de klasses over het stamtal weergegeven. Hier scoren de beheerde bossen op de Brabantse Wal relatief laag, terwijl Mattemburgh en Sprielderbos een hoog aandeel bomen met 2 of meer microhabitats hebben. Mattemburgh is duidelijk het rijkst aan bomen met meer dan twee boomhabitats.

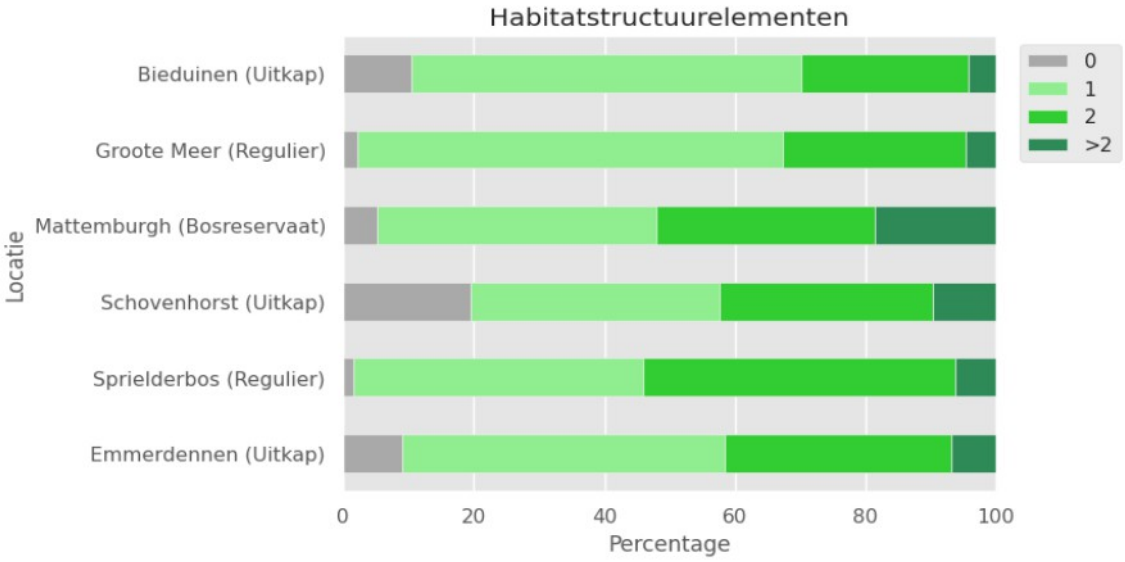
Tabel 6 Habitatstructuren en staand en liggend dood hout per locatie per hectare

Triplet	Locatie	Type	Stamtal (incl. dood)	Aantal bomen met microhabitats	Percentage van bomen met microhabitats	Aantal staande dode bomen	Aantal staande dode bomen dbh >30 cm	Liggend dood hout
			n/ha	n/ha	ha	n/ha	n/ha	m^3/ha
Brabantse Wal	**Bieduinen**	***uitkap***	697	624	90%	6	0	12,9
	Groote Meer	***regulier***	842	824	98%	15	4	8,0
	Mattemburgh	***reservaat***	635	601	95%	90	20	63,7
Veluwe	**Schovenhorst**	***uitkap***	459	459	80%	80	11	21,4
	Sprielderbos	***regulier***	253	249	98%	18	2	26,9
	Het Leesten	***reservaat***	528	?	?	86	24	?
Drenthe	**Emmerdennen**	***uitkap***	508	462	91%	10	3	15,1
	Odoorn	***regulier***	?	?	?	?	4	16,3

Grijs gearceerde vlakken leveren een score op voor de SNL bosstructuurmonitoring

In Tabel 6 is ook de hoeveelheid dood hout weergegeven. Hier valt Mattemburgh duidelijk op met beduidend meer dood hout per hectare. Beheerde bossen hebben een lagere

hoeveelheid dood hout, maar het aandeel van Schovenhorst scoort maximaal voor de SNL-bosstructuur en Groote Meer scoort ook. De bossen op de Veluwe hebben duidelijk meer liggend dood hout dan de andere beheerde bossen, terwijl Groote Meer hier laag scoort.



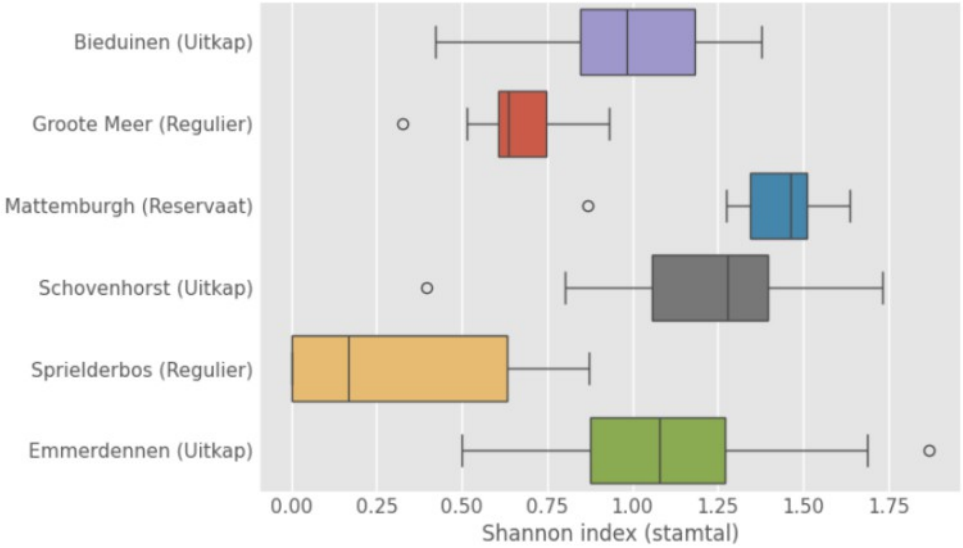
Figuur 7 Verdeling van de categorieën microhabitats op bomen per locatie. Enkel de locaties waar voor dit project volgens het Pro Silva inventarisatieprotocol gemeten is zijn opgenomen.

3.4 Diversiteit

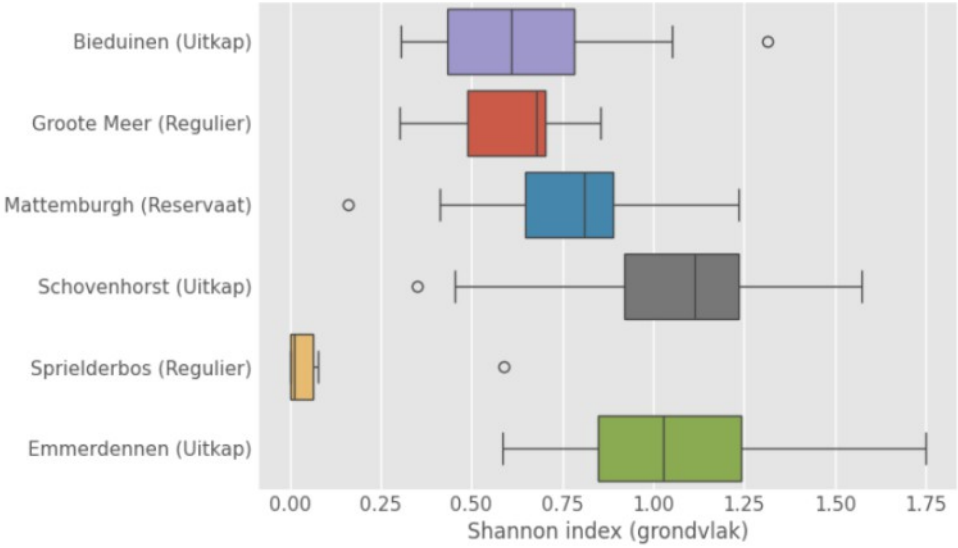
3.4.1 Shannon-index

De Shannon-index is een maat voor diversiteit. Zowel het aantal soorten als de verdeling van die soorten wordt meegewogen in de index. Hoe hoger het aantal soorten en hoe meer gelijk de aandelen van die soorten over de populatie zijn verdeeld, hoe hoger de score. De laagst mogelijke score is nul, terwijl de hoogte in principe ongelimiteerd is.

Figuur 8 en Figuur 9 geven met behulp van boxplots de spreiding van de Shannon-index weer tussen de verschillende plots en locaties. De index is zowel op basis van het stamtal van de boomsoorten in de plots berekend, als op basis van het grondvlak. Op basis van stamtal is Mattemburgh het meest divers, terwijl op basis van grondvlak Schovenhorst en Emmerdennen de hoogste waardes krijgen. Het verschil wordt veroorzaakt doordat de ingroeiende tweede boomlaag op basis van stamtal een duidelijk groter aandeel heeft dan op basis van grondvlak. De dennenbossen bevatten andere soorten met hoge aantallen in de tweede boomlaag, maar die hebben een laag grondvlak en zitten nauwelijks in de boomlaag.



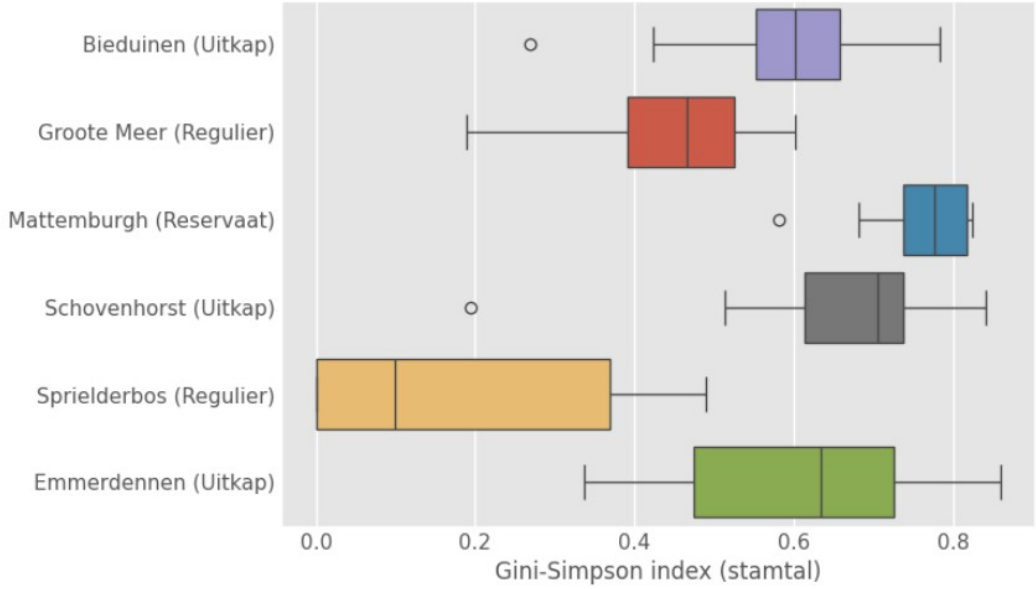
Figuur 8 Boxplots van de Shannon-index van per plot op de verschillende locaties op basis van het stamtal.



Figuur 9 Boxplots van de Shannon-index van per plot op de verschillende locaties op basis van het grondvlak.

3.4.2 Gini-Simpson-index

De Gini-Simpson diversiteits-index geeft de kans dat twee bomen in een populatie niet van dezelfde soort zijn. Figuur 10 geeft deze weer voor de verschillende locaties over de verschillende plots. Bosreservaat Mattemburgh heeft de hoogste kans dat twee toevallig geselecteerde bomen van verschillende soorten zijn. De referenties voor regulier beheer hebben net de hoogste kans dat twee toevallig geselecteerde bomen van dezelfde soort. In de referenties voor regulier beheer ligt de boomsoortendiversiteit dus lager dan in de andere gemeten opstanden.



Figuur 10 Spreiding van de Gini-Simpson index over de plots per locatie. Enkel de locaties waar voor dit project volgens het protocol gemeten is zijn opgenomen.

3.5 Habitatgeschiktheid

Aan de hand van de structuurkenmerken van de verschillende locaties kan met behulp van het computerprogramma *Indicator* (de Jong & van Raffe, 2004) de habitatgeschiktheid voor verschillende soorten en soortgroepen uitgerekend worden. Omdat geen faseverdeling is opgenomen en in principe in de opnames enkel sprake is van boomfase is steeds voor 100% boomfase gekozen. In werkelijkheid is er meer kleinschalige structuur waardoor de inschatting voor soorten afhankelijk van licht en warmte waarschijnlijk te laag is ingeschat, bijvoorbeeld voor mieren in de dennenbossen. De bedekking van de struiklaag is ook niet opgenomen en is voor alle bossen op 50% gesteld met 'gemengd hout'. Een lagere bedekking van de struiklaag onder de kroon zorgt in het computermodel voor een hogere geschiktheid voor mieren en reptielen.
De waardes zijn moeilijk te interpreteren, mede omdat de gegevens eigenlijk ongeschikt bleken. De Mattemburgh scoort steeds het hoogst, terwijl de andere gelijkwaardig zijn. De beide andere dennenbossen (Bieduinen en Groote Meer) scoren gemiddeld een klein beetje lager en volgens dit model slecht voor mieren.

Tabel 7 Habitatgeschiktheid voor verschillende soortgroepen van de verschillende opstanden

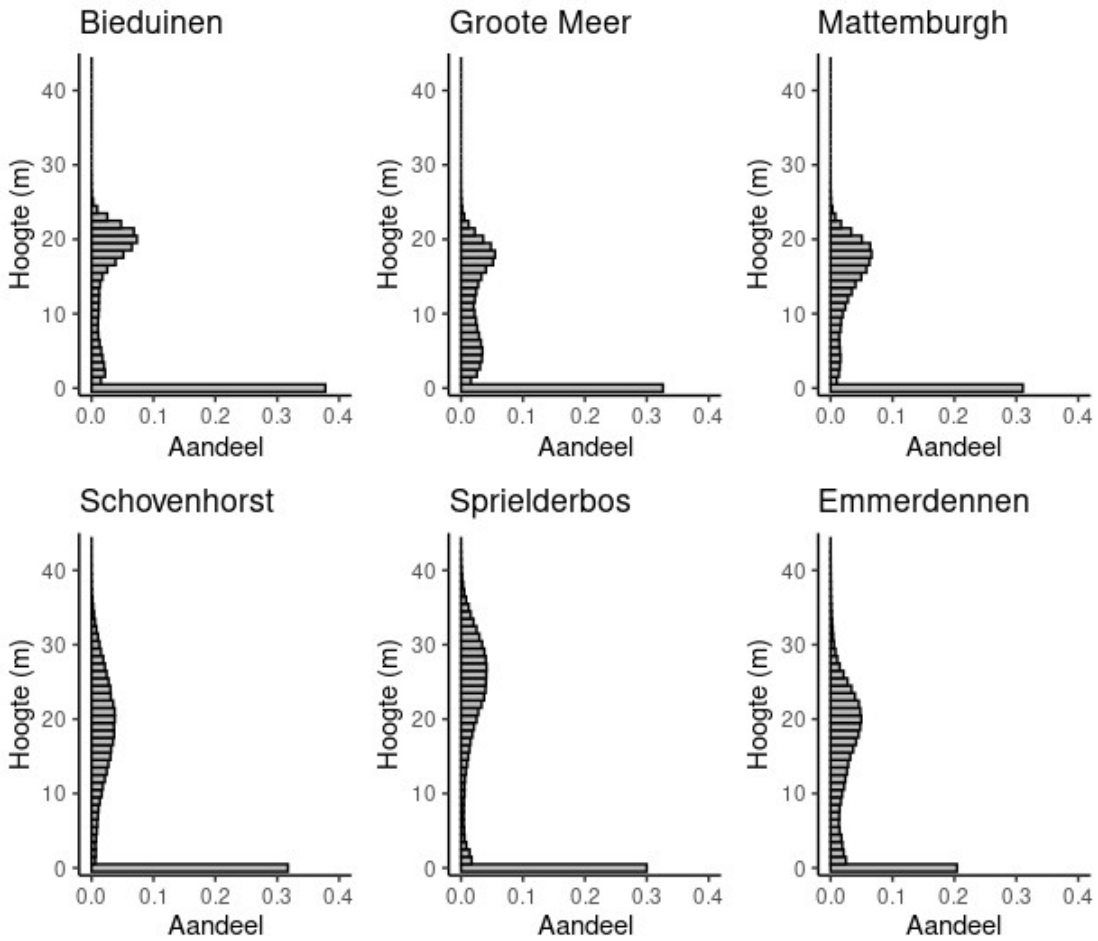
	Bieduinen *uitkap*	Groote Meer *regulier*	Mattemburgh *reservaat*	Schovenhorst *uitkap*	Sprielderbos *regulier*	Emmerdennen *uitkap*
Mieren	0,00	0,00	0,63	0,58	0,40	0,57
Reptielen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vleermuizen	2,12	2,48	2,87	2,70	2,47	2,57
Vogels	2,27	2,42	2,61	2,52	2,37	2,48
Zoogdieren	2,66	2,68	2,72	2,66	2,63	2,66

3.6 Kronendak en het AHN

Van heel Nederland is het Algemene hoogtebestand Nederland beschikbaar. Deze hoogtekaart van Nederland bestaat in de basis uit een driedimensionale puntenwolk van meerdere punten per vierkante meter en hun hoogte. Daarmee kan het kronendak van een bos geanalyseerd worden. De mogelijkheden worden beperkt doordat momenteel het aantal punten per vierkante meter niet hoog is voor betrouwbare hoogtemeting van bomen en de punten de eerste weerkaatsing zijn vanuit het vliegtuig waarmee de data wordt ingewonnen. Het beeld onder het kronendak is daardoor incompleet, omdat er weinig informatie is over de structuur onder een kroon of hoe kronen in elkaar grijpen.

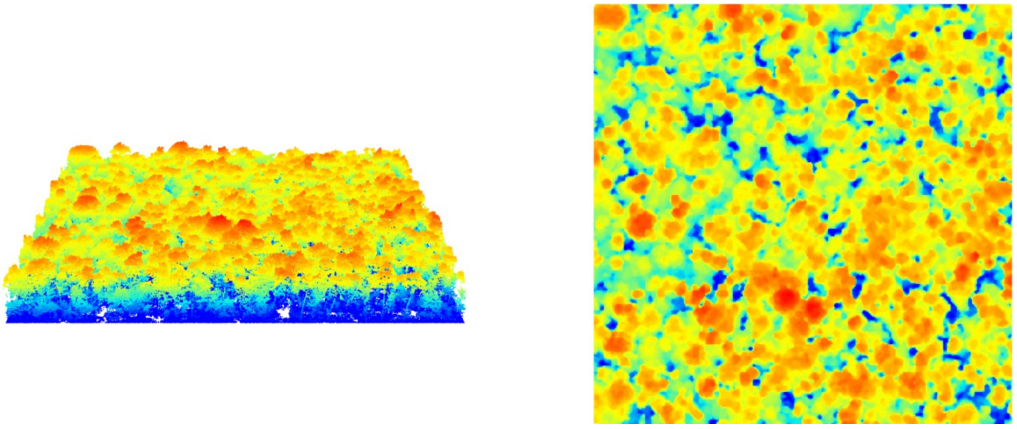
Figuur 11 geeft een overzicht van de verdeling van de returns in de puntenwolk van de AHN en hoe die verdeeld zijn. De onderste lange balk zijn steeds de returns vanaf de grond; tussen de twintig en veertig procent van de punten is weerkaatst vanaf de grond. Bij Bieduinen bereikt bijna veertig procent van de pulsen het maaiveld, terwijl dit in de Emmerdennen net iets meer is dan twintig procent. De Groote Meer heeft opvallend veel returns van lagere hoogtes, wat door kleine verjongingsgaten in de opstand wordt veroorzaakt.

Figuur 11 Returns in de puntenwolk van de AHN van de verschillende opstanden



3.6.1 Ruwheid van het kronendak

Met behulp van de AHN kan een hoogtekaart gemaakt worden van de kroonlaag: een zogenaamd hoogtemodel van de kroonlaag (Canopy Height Model; CHM, zie Figuur 12). Door de oppervlakte van de het CHM te delen door de oppervlakte van de opstand ontstaat een beeld van hoeveel groter de oppervlakte van de kroonlaag is ten opzichte van het platte vlak van het maaiveld.



Figuur 12 Driedimensionale weergave van de puntenwolk van Mattemburgh en de daaruit gegenereerde hoogtekaart van het kronendak (CHM).

Tabel 8 geeft een overzicht van de ruwheid van het kronendak van de verschillende opstanden. Het Sprielderbos heeft de hoogste waarde, dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt doordat returns terugkaatsen van de behoorlijk hoge bomen in die opstand, maar ook relatief veel van de bosbodem komen. Een struiklaag of 2de boomlaag is beperkt ontwikkeld.

Tabel 8 Kroonruwheidsindex van de gemeten opstanden en de hoogste waarde in de puntenwolk

Gebied	Type	Ruwheid kronendak	Zmax* (m)
Bieduinen	***uitkap***	3,52	28,4
Groote Meer	***regulier***	3,28	26.6
Mattemburgh	***reservaat***	2,50	27,3
Schovenhorst	***uitkap***	3,65	40,1
Sprielderbos	***regulier***	4,50	43,3
Emmerdennen	***uitkap***	3,54	43,7

* Zmax is de hoogste waarde van een return in de puntenwolk; de hoogst gemeten boomhoogte

3.6.2 Kroonprojectie

De kroonomvang en boomhoogte kan ook geschat worden uit de AHN-gegevens. Hiervoor is het LidR pakket gebruikt (https://r-lidar.github.io/lidRbook/). Bij vergelijking van de kroonprojectiekaarten met de luchtfoto bleken er steeds grote verschillen te zijn tussen beide beelden. Deze resultaten worden hier daarom niet gepresenteerd.

4 Klimaatbestendigheid

Aspecten van klimaatslim bosbeheer die in het voorgaande hoofdstuk nog niet aan de orde zijn gekomen worden in dit hoofdstuk behandeld. Bosstructuur komt hier niet opnieuw aan de orde, maar is wel een belangrijk voor de veerkracht van het bos. In dit hoofdstuk komen de koolstofvoorraad en vastlegging aan de orde en wordt de droogtetolerantie en strooiselkwaliteit gekwantificeerd.

4.1 Koolstofvoorraad

De koolstofvoorraad is berekend met de Biomassa Expansie Factor methode zoals beschreven in het methodedocument van stichting Nationale Koolstofmarkt (Boosten et al., 2021) . Met het berekende stamvolume van een boom wordt afhankelijk van boomsoort de totale biomassa inclusief tak- en tophout en hout in wortels geschat met zogenaamde expansiefactoren, waaruit vervolgens de hoeveelheid koolstof in de boom wordt bepaald. De koolstof in het hout wordt vervolgens omgerekend naar CO_2.

Alleen van de voor het onderzoek gemeten locaties zijn de hoeveelheden berekend. In de douglasbossen op de Veluwe is duidelijk meer koolstof opgeslagen en wordt jaarlijks ook meer vastgelegd. De vlaktegewijze referentieopstand (Sprielderbos) heeft meer koolstof vastgelegd, maar kent een lagere bijgroei. De dennenbossen op de Brabantse Wal hebben de duidelijk minder vastgelegd. De opstand op Bieduinen (niet-vlaktegewijs) legt hier het meeste vast, maar het bosreservaat heeft een behoorlijke voorraad koolstof vastgelegd en slaat jaarlijks niet veel minder op dan Bieduinen.

Tabel 9 Opgeslagen koolstof in tonnen CO_2 en de jaarlijkse aanwas per locatie per hectare

Triplet	Locatie	Type	CO_2 ton/ha	CO_2-eq aanwas ton/ha/jr
Brabantse Wal	**Bieduinen**	***uitkap***	274	8,2
	Groote Meer	***regulier***	202	4,1
	Mattemburgh	***reservaat***	404	7,2
Veluwe	**Schovenhorst**	***uitkap***	506	13,4
	Sprielderbos	***regulier***	558	11,9
	Het Leesten	***reservaat***	-	-
Drenthe	**Emmerdennen**	***uitkap***	701	-

4.1.1 Boomsoorten, strooiselkwaliteit en droogteresistentie

Onderstaande tabel geeft het aantal aangetroffen boomsoorten, de droogtetolerantie en de strooiselkwaliteit. Het aantal boomsoorten is gemiddeld duidelijk hoger in de niet-vlaktegewijs beheerde bossen (Bieduinen, Schovenhorst en de Emmerdennen). Ook Mattemburgh presteert goed en net iets beter dan Bieduinen. Schovenhorst en Emmerdennen herbergen het hoogste aantal soorten ondanks het donkere bostype.

De waarde voor strooiselkwaliteit geeft de gemiddelde strooiselkwaliteit gewogen naar de boomsoortverdeling in het bos. Elke boomsoort heeft zijn eigen strooiselkwaliteit (Maes et al., 2019). Waar geen waarde beschikbaar was, is de slechtste waarde van de familie genomen of is - als ook die niet beschikbaar was- de boom- of struiksoort genegeerd. De hoogste waarden worden hier behaald door de bossen met het hoogste aandeel douglas; waarvan de strooiselkwaliteit relatief hoog is voor een naaldboom. De waarde van de Schovenhorst en de Emmerdennen worden negatief beïnvloed door het voorkomen van anders naaldboomsoorten met lage strooiselkwaliteit.

Tabel 10 Maat voor de gemiddelde droogtetolerantie en strooiselkwaliteit per locatie. Voor zowel droogtetolerantie als strooiselkwaliteit is 5 het hoogst mogelijke (beste) cijfer.

Triplet	Locatie	Type	Aantal boomsoorten	Droogtetolerantie	Strooiselkwaliteit
Brabantse Wal	**Bieduinen**	***uitkap***	7	4,0	2,38
	Groote Meer	***regulier***	4	4,3	2,33
	Mattemburgh	***reservaat***	8	3,9	2,08
Veluwe	**Schovenhorst**	***uitkap***	14	2,4	1,80
	Sprielderbos	***regulier***	6	2,6	2,97
	Het Leesten	***reservaat***	2	2,6	2,98
Drenthe	**Emmerdennen**	***uitkap***	11	2.6	1,88

5 Productiviteit en rentabiliteit

In dit hoofdstuk wordt kort de financiële kant van bosbeheer bekeken. Rentabiliteit is de verhouding tussen de winst en het vermogen van een onderneming. In het bos kunnen we de houtvoorraad zien als het vermogen en de bijgroei als de winst, waarmee het bijgroeipercentage de rentabiliteit zou zijn. Omdat daadwerkelijke houtprijs en natuurlijk ook oogstkosten hierin meespelen is dit natuurlijk niet helemaal correct, maar geeft het wel een indruk. Vertaling van de gegevens naar daadwerkelijke euro's is achterwege gelaten omdat houtprijzen zeer veranderlijk zijn en een goed overzicht van prijzen in het kader van deze studie niet voorhanden was. De studie over de rentabiliteit van uitkap door WENR gaat veel dieper in op dit onderwerp. Omdat er binnen deze studie niet zo diepgravend naar dit onderwerp gekeken kon worden is ervoor gekozen de vertaling naar euro's achterwege te laten.

5.1 Volume en aanwas

Tabel 11 geeft een overzicht van de voorraad en bijgroei van de verschillende locaties. De Brabantse Wal heeft duidelijk een lagere voorraad dan de referenties voor de donker bos. Emmerdennen donker en Odoorn kennen een lagere voorraad dan de Veluwe en de Emmerdennen, maar dit zijn gemiddelden over een hele boswachterij. Bij de Emmerdennen zijn geen boorkernen genomen waardoor de bijgroei hier niet is geschat voor de gemeten opstand.

Tabel 11 Levende voorraad en bijgroei van de verschillende locaties

Triplet	Locatie	Type	Staande houtvoorraad m^3/ha	Bijgroeipercentage %	Bijgroei m^3/ha/jaar
Brabantse Wal	**Bieduinen**	***uitkap***	224	2,7%	6,1
	Groote Meer	***regulier***	164	2,1%	3,5
	Mattemburgh	***reservaat***	269	1,5%	4,1
Veluwe	**Schovenhorst**	***uitkap***	332	2,7%	9,0
	Sprielderbos	***regulier***	384	2,1%	7,9
	Het Leesten *	***reservaat***	988	1,9%	18,7
Drenthe	**Emmerdennen****	***uitkap***	494	–	–
	Emmerdennen donker***	***uitkap***	255	2,6%	6,7
	Odoorn 2021***	***regulier***	247	3,1%	7,6

* Gemiddelde aanwas van 2000 tot 2018

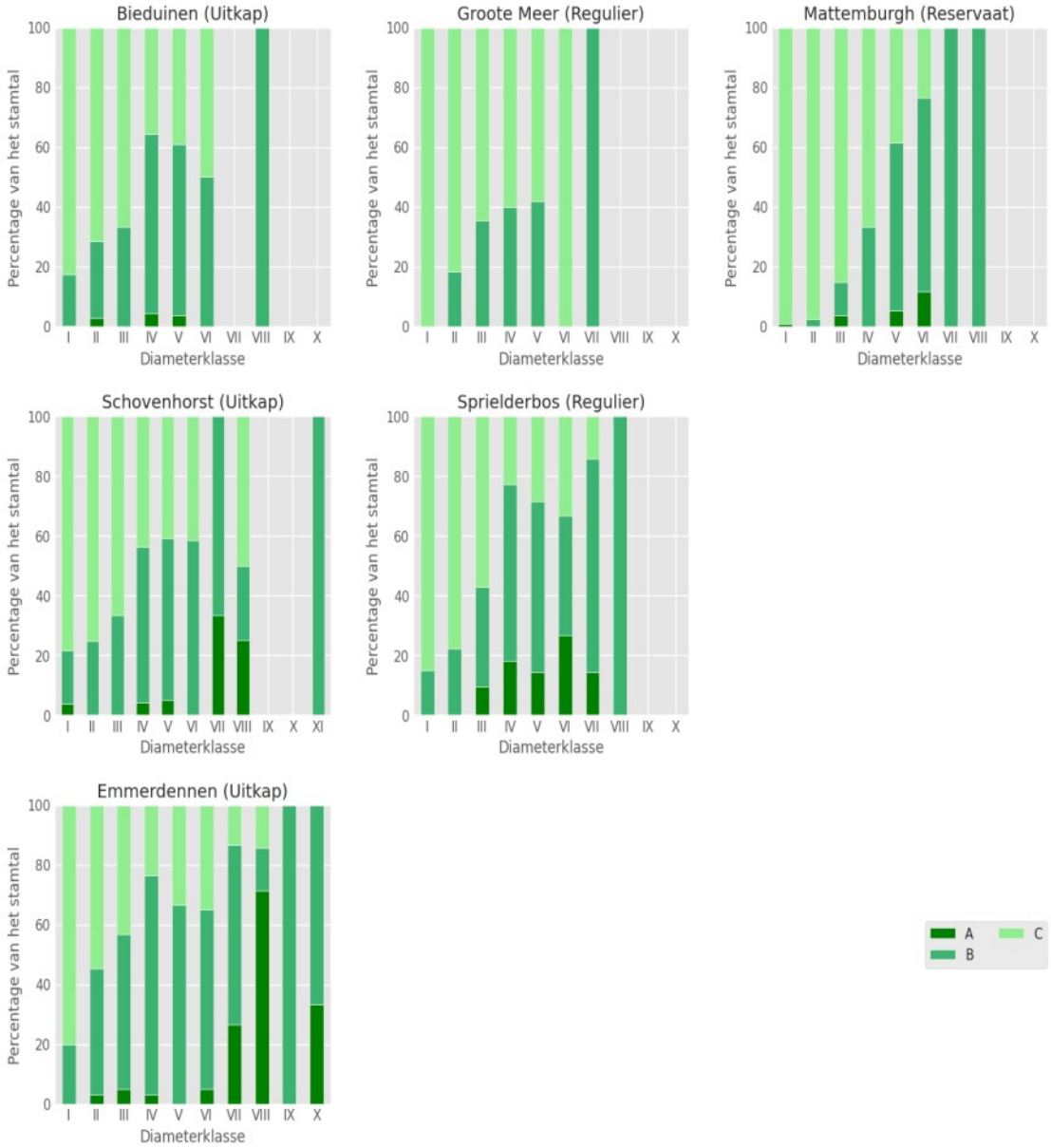
** aanwascijfers ontbreken bij Emmerdennen

*** De cijfers van Odoorn en Emmerdennen donker komen uit de SyHI-rapportage

5.2 Kwaliteit staande voorraad

In de opstanden die in de kader van dit project zijn gemeten is ook de houtkwaliteit geschat van de onderste drie meter van alle bomen in de plots in categorieën de A, B en C. In Figuur 13 is weergegeven hoe die kwaliteiten verdeeld zijn over de verschillende diameterklassen per locatie.

In de triplet van de Brabantse Wal valt op dat Bieduinen de hoogste kwaliteit heeft in de lage diameterklassen en bij de Groote Meer en Mattemburgh de kwaliteit van de ingroeiende generatie lager is. Over het geheel scoort Bieduinen het best, maar Mattemburgh laat wel een hogere kwaliteit zien in de oude bomen. Schovenhorst en Sprielderbos hebben veel met elkaar gemeen, waarbij de kwaliteit in Schovenhorst het sterkst aanwezig is in de dikste bomen. Ook voor de Emmerdennen geldt dat er veel kwaliteit in de dikke bomen zit. Over het algemeen lijkt de houtkwaliteit van de gemeten plots in de Emmerdennen het hoogst te zijn.



Figuur 13 Aandeel per houtkwaliteitsklasse per diameterklasse (I is 0-10cm DBH, II is 10-20 etc.) over de verschillende locaties. Het aandeel is ten opzichte van het stamtal binnen de leeftijdscategorie.

6 Discussie

6.1 Appels en peren

Het verkrijgen van inzicht in de biodiversiteitseffecten, klimaatbestendigheid en financiële haalbaarheid van uitkapbeheer was het belangrijkste doel voor de start van dit onderzoek. Hieraan is invulling gegeven door verschillende bossen met verschillende beheerstijlen met elkaar te vergelijken. Daarvoor zijn triplets opgezet van bossen van een vergelijkbaar type, waarbij vervolgens van elk afzonderlijk bos als het ware een foto is genomen door middel van een inventarisatie en analyse. En daar wordt het ingewikkeld. Uitkap werkt per definitie op boomniveau en in een opstand van enige oppervlakte zijn alle verschillende fasen van de ontwikkeling van een boom te vinden, terwijl bij vlaktegewijs beheer dit alles naast elkaar te vinden is; gegroepeerd per ontwikkelingsfase.
Het hele wezen van deze oefening is daarmee een vergelijking van appels met peren geworden. Eigenlijk zou elk systeem compleet in de vergelijking meegenomen moeten worden, waarbij voor een bosreservaat een oppervlakte van een minimumstructuurareaal (H. Koop & van der Werf, 1995) als uitgangspunt genomen zou kunnen worden en voor vlaktegewijs bosbeheer bijvoorbeeld alle leeftijdsklassen. Deze problematiek is deels geadresseerd in dit onderzoek door het gebruik van SyHI-rapportages die de karakteristiek van een heel bosbedrijf beschrijven en in dit rapport vooral zijn gebruikt om een vollediger beter beeld te schetsen van meer vlaktegewijs beheer.
Het interpreteren van de resultaten vereist daarom extra aandacht en voorzichtigheid, maar nauwgezette analyse van de uitgebreide inventarisatiegegevens *en* de SyHI-gegevens kan desondanks nieuwe inzichten opleveren.

Opvallend en leerrijk op dit vlak is ook de goede score van de Groote Meer, één van de referenties voor vlaktegewijze kap, op het vlak van bosstructuur. De plots op de Groote Meer vielen deels in een verjongingseenheid waardoor goed duidelijk wordt dat in een traditioneel beheer ook de diameterverdeling te vinden is zoals in uitkap, maar over een groter areaal. De locatie geeft dus een mooie inkijk in de invloed van opstandsschaal versus bedrijfsschaal en laat tegelijkertijd zien dat met kleinschalige groepenkap veel bereikt kan worden.

Dood hout

Dit geldt ook voor de directe vergelijking van het functioneren van een bosreservaat(zonder oogst) met bossen *met* productie binnen de triplets. Natuurlijk behalen bosreservaten hogere scores voor doodhout, maar bij multifunctioneel bos kan deze functie ook in specifieke stukken gezoneerd zijn -zodat het bosgebied als geheel meer dood hout bevat- terwijl hier net de productiedelen gemeten zijn. Ook bij CO_2-vastlegging is de huidige manier van vergelijken onvolledig, omdat enkel opslag in het systeem wordt meegenomen en substitutie niet wordt meegerekend. Substitutie is het effect dat door inzet van hout in bijvoorbeeld de bouw, gebruik van koolstofintensieve producten, bijvoorbeeld staal of beton, vermeden wordt. Op lange termijn zorgt het substitutie-effect ervoor dat houtgebruik uit een bos met productie meer CO_2 uit de atmosfeer houdt dan een bosreservaat (den Ouden et al., 2020).

Neemt niet weg dat het verschil in dood-houtvoorraad het meest in het oog springende verschil is tussen reservaten en de anderen. Bij multifunctioneel bos moet dit dus goed ingepast worden. Bijvoorbeeld met een OAD-netwerk (Oude, Aftakelende en Dode bomen). Dat is een netwerk van boselementen die ruimte geven aan de waarden die bij de aftakelingsfase van bos horen, door verspreidt door het bos habitatbomen, habitatboomgroepen en natuurkernen aan te wijzen die de aftakelingsfase volledig doorlopen (Sauren et al., 2020; Thomassen et al., 2020).

6.2 De invloed van beheergeschiedenis

Verschillen binnen triplets zijn lang niet altijd terug te voeren op genomen beheermaatregelen van de afgelopen decennia. In de plots van Mattemburgh groeit bijvoorbeeld veel eik, terwijl deze soort in de plots van Bieduinen en de Groote Meer afwezig zijn. De aanwezigheid van eik is terug te voeren op eikenlanen in de omgeving die op de andere twee landgoederen -met duidelijk jongere bossen- niet in de omgeving van de plots te vinden zijn. Ook de rijkdom aan boomsoorten in Schovenhorst ten opzichte van de vrijwel ongemengde plots van het Sprielderbos zijn niet zozeer terug te voeren op vlaktekap versus niet-vlaktekap, maar vooral een bewuste keuze vóór menging, waarschijnlijk al vanaf de eerste aanleg.
Het nalaten van het initiëren van menging kan wel gezien worden als een bewuste keuze van de huidige beheerder, maar gezien de investeringsruimte van een beheerder van multifunctioneel bos (SNL N16, bos met productie) is bijvoorbeeld het versterken van menging door aanplant financieel niet eenvoudig.

6.3 Inventarisatiemethode

De inventarisatiemethode die is toegepast geeft dankzij alle parameters die worden opgenomen uitzonderlijk veel informatie, wat dit onderzoek zeker ten goede is gekomen. Voor het beschrijven van complexe bosstructuren kan de methodiek verder geoptimaliseerd worden. Onder andere de omgang met hoogtes kan beter gericht worden op de structuur van een uitkapbos (mond. med. Mart-Jan Schelhaas, aug 2022), bijvoorbeeld door in ieder plot ook (een deel van de) boomhoogtes te meten. In de nu gebruikte methodiek worden enkel hoogtes gemeten van bomen met een DBH dichtbij de grondvlakmiddenstam (Dg) en zijn er dus geen gegevens over de hoogteverdeling van bomen. In navolging van de aanpassing van het meetprotocol van de Nederlandse bosinventarisatie (NBI-8) lijkt het ook verstandig om over te stappen op vaste concentrische plotstralen om de complexere bosstructuren van uitkap beter te kunnen vangen. Hier wordt voor dunne bomen een kleine straal aangehouden, maar voor dikke bomen een grotere, zodat die ondanks hun beperkte aanwezigheid toch een kan hebben in een plot te vallen (Mohren et al., 2021). Daarnaast is de staande voorraad dood hout niet te bepalen omdat de hoogtes niet bekend zijn en behoeft ook het scoren van microhabitats per boom aanscherping. Moet er bijvoorbeeld verschil gemaakt worden tussen dikke en dunne dode takken en is een klasse 'meer dan 2' niet erg ruim? Hoog nodig is een verbeterde handleiding van de methode; de huidige versie is niet eenduidig genoeg en behoeft te veel aanvullende instructie voor een goede uitvoering (Batterink et al., 2022).

6.4 Een ambitieuze beheerder

Vooral de uitkapreferenties zijn heel specifiek geselecteerd. Het Kolkbos van Schovenhorst en de bossen met zilverspar van de Emmerdennen zijn onder bosbeheerders bekende voorbeelden van bossen met een uitkapkarakter. Landgoed de Bieduinen is net in 2022 door Pro Silva Nederland bezocht omdat er boeiende voorbeelden te vinden zijn van de uitkap in dennenbossen. Het beheer wordt hier al heel lang, of –in het geval van Bieduinen– al enige tijd, kleinschalig uitgevoerd. De bossen zijn opvallend rijk aan boomsoorten en sterk gestructureerd. Maar zijn deze bossen soortenrijk door het beheersysteem, of vanwege subtiele verschillen in de bodem of andere omgevingsfactoren? Of dankzij beheeringrepen die net zo goed bij vlaktegewijs bosbeheer passen? Zijn deze bossen zo rijk vanwege de specifieke beheerstijl? Of vanwege jarenlang vakbekwaam en bevlogen beheer?

7 Conclusies

7.1 Natuurkwaliteit

Op het vlak van natuurkwaliteit scoort het bosreservaat Mattemburgh duidelijk het best: inheems, gemengd, veel dikke en dode bomen. De meetlocatie van het Sprielderbos, referentie voor vlaktegewijs regulier beheerd bos, scoort slecht: ongemengd en uitheems. De Groote Meer, vlaktegewijs beheerd bos, verrast echter; dit bos is rijk aan structuur. Dat is te danken aan een 'foutieve' selectie. In de gemeten opstand liggen kleine groepenkappen; wat gelijk duidelijk maakt dat groepenkap inderdaad effectief structuur kan verhogen en kleinschalige groepenkap dus wel degelijk van meerwaarde kan zijn. De uitkapreferenties zitten in de middenmoot. Ze scoren goed op structuur en menging, maar slechter op inheems, habitatstructuren en doodhout.

7.2 Klimaatbestendigheid

Op het gebied van klimaatbestendigheid scoren de uitkapbossen over de hele linie hoog. De uitkapvoorbeeldbossen zijn alle drie soortenrijk en bezitten een complexe bosstructuur. Diversiteit is van groot belang voor de veerkracht van een bos, mede vanwege risicospreiding. Ook vertonen de twee uitkap-referenties een hoge bijgroei en Emmerdennen een uitzonderlijk hoge voorraad (bijgroei onbekend). In de bosreservaten ligt duidelijk meer koolstof opgeslagen, maar uiteindelijk zal dit voordeel op de lange termijn worden ingehaald door het substitutie-effect van het hout dat uit de bossen met productie geoogst en vervolgens duurzaam toegepast wordt (den Ouden et al., 2020).

Inmiddels wordt steeds breder de waarde van overscherming bij bosverjonging onderkend. In de droge jaren van 2018, '19 en '20 is gebleken dat aanplant en natuurlijke verjonging in een groepenkap een risico is geworden. Het behouden van bosklimaat is daarmee steeds belangrijker, ook bij verjongingsingrepen. Bij uitkap blijft het scherm per definitie in stand, wat het dus bij uitstek een instrument maakt bij klimaatslim bosbeheer, waarbij nog steeds in de mate van openheid gevarieerd kan worden. Ook helpt een scherm bij het behoud van de nutriënten en bodemontwikkeling.

7.3 Rentabiliteit

Er is slechts een oppervlakkige vergelijking gemaakt in deze studie met betrekking tot de rentabiliteit van de verschillende systemen. Voor diepgaande studie wordt verwezen naar een lopende studie van WENR waar met een uitgebreide modelstudie naar dit onderwerp wordt gekeken. Binnen de verschillende triplets laten de uitkapreferenties een hoge aanwas en een gemiddelde tot hoge voorraad zien, maar het verschil met referenties voor vlaktegewijs beheer zijn niet groot en vallen ook soms in het voordeel van vlaktegewijs beheer uit. Qua productiviteit is er dus geen duidelijk verschil. Onbeheerde bossen hebben een veel hogere voorraad.
De houtkwaliteit is in de drie uitkapreferenties wel duidelijk consistent hoog, terwijl dat bij de vlaktegewijze referenties wisselend is.

7.4 Uitkap onderdeel van de uitweg

Al met al is uitkap een onderdeel van de uitweg. Binnen bosbeheer gericht op veerkracht tegen klimaatverandering is behoud van een scherm van bomen voor buffering van droogte en hitte van groot belang. Uitkap is een manier waarop die overscherming in stand gehouden kan worden en verdient dus alle aandacht. Maar uitkap is niet het antwoord op alle problemen en uitdagingen. Wie een soortenrijk bos wil en bijvoorbeeld ook nog voldoende dood hout zal daarvoor gericht beheermaatregelen moeten nemen, die los staan van een bepaalde beheerstijl. Voorbeelden van zulke gerichte beheermaatregelen zijn het inbrengen van extra boomsoorten of bijvoorbeeld het inrichten van een OAD-netwerk voor het versterken van het aandeel dood hout en de aftakelingsfase. Vakbekwame en bevlogen beheerders zijn de drijvende kracht achter de mooie bossen die hier zijn opgenomen als voorbeelden voor uitkap als beheerstijl. Voor goede bossen zijn vooral ook goede beheerders nodig.

Literatuur en websites

Batterink, H., van de Bunte, R.-J., Hagendoorn, B., & Ludema, J. (2022). *Uitkapbeheer op de Brabantse wal; Vooronderzoek naar de haalbaarheid van uitkapbeheer in Nederland*. Van Hall-Larenstein.

Boosten, M., Snoep, M., Schoonderwoerd, H., & Riemer, K. (2021). *Methode voor vaststelling van emissiereductie CO2-eq. Projecttype: Klimaatslim beheer van bestaande bossen* (SNK-klimaatslimbos-001; p. 44). Stichting Nationale Koolstofmarkt.

Bos voor de toekomst. Uitwerking ambities en doelen landelijke Bossenstrategie en beleidsagenda 2030. (2020). Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en de gezamenlijke provincies. https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2020/11/18/uitwerking-ambities-en-doelen-landelijke-bossenstrategie-en-beleidsagenda-2030

Clerkx, A. P. P. M., Sanders, M. E., & Bijlsma, R. J. (2002). *Bosreservaat Het Leesten* (556; Alterra-rapport). Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte.

Clerkx, A. P. P. M., Schelhaas, M. J., & Sanders, M. E. (2001). *Bosreservaat Mattemburgh Bosstructuur en vegetatie bij aanwijzing tot bosreservaat* (Alterra-rapport 223, ISSN 1566-7197; p. 47). Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte.

de Jong, J. J., & van Raffe, J. K. (2004). *Fauna en terreinkenmerken van bos; Ontwikkeling van een model voor de relatie tussen terreinkenmerken en de geschiktheid van bos als habitat* (1110; Alterra-rapport). Alterra.

Delforterie, W. (2020). *Is uitkap de uitweg? - Voorstel voor onderzoek naar de ecologische meerwaarde en haalbaarheid van kleinschalig en natuurvolgend uitkapbeheer in Nederland*. Bosgroep Midden Nederland.

den Ouden, J., & Mohren, G. M. J. (2020). *De ecologische aspecten van vlaktekap in het Nederlandse bos: Rapport voor het ministerie van LNV in het kader van de Bossenstrategie*. Wageningen University & Research. https://doi.org/10.18174/534859

den Ouden, J., Schelhaas, M.-J., Clerkx, S., de Waal, R., & Lerink, B. (2020). *Kan uitstel van houtoogst bijdragen aan CO2-mitigatie?* Wageningen Environmental Research. https://doi.org/10.18174/517567

Dolstra, F. E. H. (2021). *Ontwikkelingen in de Emmerdennen Resultaten SyHI (1997) 2009—2020*. Borgman Beheer Advies.

Dolstra, F., & Lusink, M. (2008). *Brabantse Wal: Resultaten SyHI 1993-2008* (08-10). Silve.

Kerr, G. (2014). The management of silver fir forests: De Liocourt (1898) revisited. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, *87*(1), 29-38. https://doi.org/10.1093/forestry/cpt036

Koop, H. G. J. M. (1995). *De bosstructuur van de kernvlakte in Het Leesten, bosreservaat 14* (148; IBN-rapport). Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO).

Koop, H., & van der Werf, S. (1995). *Natuurlijke bosgemeenschappen A-locaties en boscomplexen; achtergronddocument bij de Ecosysteemvisie Bos* (IBN-rapport 162, ISSN: 0928-6888). Instituut voor Bos- enNatuuronderzoek (IBN-DLO).

Lusink, M., Schoonderwoerd, H., & Minnen, A. (2012). *Ontwikkelingen in het Speulder- en Sprielderbos Resultaten SyHI 2000-2012* (12-10; Rapport). Silve.

Maes, S. L., Blondeel, H., Perring, M. P., Depauw, L., Brūmelis, G., Brunet, J., Decocq, G., den Ouden, J., Härdtle, W., Hédl, R., Heinken, T., Heinrichs, S., Jaroszewicz, B., Kirby, K., Kopecký, M., Máliš, F., Wulf, M., & Verheyen, K. (2019). Litter quality, land-use history, and nitrogen deposition effects on topsoil conditions across European temperate deciduous forests. *Forest Ecology and Management*, *433*, 405-418. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.10.056

Mohren, F., den Ouden, J., Jansen, H., Brus, D., Thomassen, E., Haveman, R., Schulze Middendorf, L., Govaere, L., & Bartholomeus, H. (2021). *Evaluatie zevende Nederlandse bosinventarisatie (NBI-7)*. Wageningen Environmental Research. https://doi.org/10.18174/547397

O'Hara, K. L. (2002). The historical development of uneven-aged silviculture in North America. *Forestry*, *75*(4), 339-346. https://doi.org/10.1093/forestry/75.4.339

Powell, D. C. (2018). *How to Prepare a Silvicultural Prescription for Uneven-aged Management* (WHITE PAPER F14-SO-WP-SILV-49). USDA ForestService, Pacific Northwest region, Umatilla National Forest.

Raggers, J. (2019). *Handleiding Bosinventarisatie en Bosmeten* (p. 30). Van Hall-Larenstein.

Sanchez, C. (2016). *La Sylviculture Pro Silva en Wallonie*.

Sauren, P., Buysse, W., Wijdeven, S., Seynaeve, J., Winnock, M., van Nevel, L., & Nyssen, B. (2020). *Ecologie in Boomgericht Bosbeheer*. 92.

Susse, R., Allegrini, C., Bruciamacchie, M., & Burrus, R. (2012). *Management of Irregular Forests*. Association Futaie Irrégulière.

Thomassen, E., Buysse, W., Wijdeven, S., Winnock, M., Seynaeve, J., Sauren, P., van Lommel, H., Schmitz, P., & Nyssen, B. (2020). *Boomgericht bosbeheer in de praktijk*. 106.

Van Hees, A. F. M. (1995). *'Het Leesten' bosreservaat Ugchelen; bossamenstelling en bosstructuur in de steekproefcirkels* (126; IBN-rapport). Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO).

Van Rosmalen, R. F., Van Beek, J. G., Dijk, E., Holtland, J., Rijken, M., Schipper, M., Siebel, H. N., Van Tooren, B. F., Engelmoer, M., & Van der Loop, F. (2021). *Werkwijze Monitoring en Beoordeling Natuurnetwerk en Natura 2000/PAS. BIJLAGE - Deel I KWALITEITSMAATLATTEN BEHEERTYPEN NATUURNETWERK*. BIJ12. https://www.bij12.nl/wp-content/uploads/2021/06/WW-BIJLAGE-0-I-Monitoring-en-Beoordeling-Natuurkwaliteit-EHS-en-Natura-2000-19052021.pdf

Westphal, C., Tremer, N., Oheimb, G. von, Hansen, J., Gadow, K. von, & Härdtle, W. (2006). Is the reverse J-shaped diameter distribution universally applicable in European virgin beech forests? *Forest Ecology and Management*, *223*(1-3), 75-83. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.10.057

Bijlage 1 Meetprotocol Pro Silva voorbeeldbossen

In deze bijlage is het meetprotocol opgenomen zoals dit is ontwikkeld door Silke Jacobs en Wouter Delforterie. In de discussie worden enkele suggesties gedaan voor aanpassing van het protocol.

In dit meetprotocol staan alle metingen die in het veld uitgevoerd worden voor het monitoren van de voorbeeldbossen. Het protocol geeft ook uitleg over hoe deze metingen uit te voeren.

Voor de ligging van de plots wordt een kaart gemaakt waar de plots op aangegeven zijn. De ligging wordt bepaald door een raster in ArcGIS over de opstand te leggen. Op elk kruispunt van het raster ligt een plot. Wanneer deze plots op een pad vallen wordt er iets uitgeweken. In het veld worden deze punten opgezocht en de plots neergelegd. De coördinaten van de plotlocatie worden opgeslagen. Het midden van het plot wordt gemarkeerd met een stok. Elk plot heeft een unieke en duidelijke plotcode.

Voor het monitoren worden voor elke opstand 3 plots per ha gemeten. In deze plots worden verschillende parameters gemeten. De inventarisatie van de boomgegevens wordt in ronde plots gemeten en er wordt gebruik gemaakt van de 20ste boommethode. Dit betekent dat elk plot een andere straallengte kan hebben doordat er 20 bomen van een dbh>5 in het plot moeten vallen. De straal is minimaal 5 meter lang en maximaal 20 meter lang. De straal wordt afgerond op halve meters en het kan dus voorkomen dat er meer dan 20 bomen in het plot staan. De straallengte van het plot wordt genoteerd.

Benodigdheden

- Collectors app met plotlocaties
- Veldformulieren (Voor elk plot een nieuw veldformulier)
- Pi bandje/boomklem
- Hoogtemeter
- Rolmeetband
- Kernboor

Boommetingen

Bij de boominventarisatie worden alle bomen met een dbh dikker of gelijk aan 5 cm gemeten. Om de eerste boom te bepalen wordt vanuit het midden van het plot gekeken naar het noorden. De boom die je als eerste tegenkomt met de kleinste positieve hoek met het noorden wordt als eerste gemeten. De volgende boom is die je daarna tegenkomt met meedraaien met de klok etc. Totdat alle bomen zijn opgemeten. Bij elke boom worden een aantal metingen gedaan. Ten eerste wordt de soort bepaald van de boom. Daarna wordt de dbh opgemeten. Als meerstammige bomen zich splitsen boven de 1.30m dan wordt het beschouwd als 1 boom, daaronder worden de stammen als aparte bomen beschouwd. Ook wordt de boomklasse van de boom bepaald, zie tabel 1.

Tabel 12. Boomklasse verdeling uit handleiding Bosinventarisatie en Bosmeten VHL.

Boomklasse	Code	Kenmerken
Hoofdopstand	H	De boom heeft min of meer dezelfde leeftijd (plus of min circa 20 jaar) als die van de hoofdboomsoort(-en) (boomkroon in kroonlaag)
Jonger	J	De boom heeft een leeftijd beduidend jonger dan de hoofdboomsoort en/of boomkroon onder kroonlaag.
Dood	D	De boom is geheel afgestorven: bomen waarvan nog minimaal 2/3 van de oorspronkelijke hoogte staat.
Verjonging	Verj	Bomen met dbh kleiner dan 10 cm en ver onder het kronendak.

Van de onderste 3 meter van de stam van de boom wordt de kwaliteit bepaald. De kwaliteitsbepaling wordt gedaan aan de hand van de kenmerken die te vinden zijn in tabel 2. Deze zijn gebaseerd op de kwaliteitseisen uit de "Marteloscope op het Kroondomein", 2014.

Tabel 2. Kwaliteit hout bepalen

Klasse	Kromming/draaiing	Noestigheid/takkigheid	Beschadigingen
A	Recht/geen draaiing	Geen dode noesten. Levende takken met diameter < 0.5 cm.	Alleen lichte stam beschadigingen
B	Naaldhout: Recht/geendraaiing Loofhout: Zwakke kromming/lichte draaigroei	Toegestaan: enkele dode noesten diameter <3 cm Levende noesten <7 cm.	Geen beperkingen
C	Geen beperkingen	Geen beperkingen	Geen beperkingen

Per boom worden de aanwezige boomhabitats geteld. Genoteerd wordt of er 0, 1, 2 of >2 boomhabitats aanwezig zijn. De habitats waar het om gaat zijn:

- Holtes
- Dode takken
- Scheuren
- Specht gaten
- Verrotting
- Beschadiging
- Schimmels
- Afbladderende schors
- Mossen op de boom
- Korstmossen op de boom
- Klimop op de boom

De boomhabitats zijn overgenomen uit AFI, 2001.

Na het opmeten van de boomgegevens worden de overige plotgegevens verzameld. Voor het schatten van de verjonging en de struiklaag wordt een cirkel met een vaste oppervlakte van 1 are (r=5,65) gebruikt. Het middelpunt van het plat is ook het middelpunt van de cirkel. De struiksoorten en de soorten verjonging worden genoteerd en voor de

bedekkingsklassen van de soorten wordt een schatting gemaakt. Verjonging vanaf 50 cm wordt meegenomen met een dbh <5cm in de schatting. De klassen zijn:

- 0-5%
- 5- 25%
- 25-50%
- 50-75%
- 75-100%

Bij de verjonging wordt het ook een schatting gemaakt van het percentage dat wildschade heeft. De schatting wordt gedaan aan de genoteerde verjonging per soort. Dezelfde klassen worden gebruikt.

- 0-5%
- 5- 25%
- 25-50%
- 50-75%
- 75-100%

Er wordt ook een schatting gemaakt van de totale bedekking met dezelfde klassen en van de gelaagde boomfase. Voor de gelaagde boomfase moet de hoogste boomlaag hoger zijn dan 20m de andere boomlaag moet minstens 6 meter zijn en tenminste 25% bedekken en/of er moet een struiklaag zijn van 1.5 – 6 meter en tenminste 25% bedekken.

Vegetatieopname

Voor de vegetatieopname wordt dezelfde are gebruikt als voor de verjonging en struiklaag. Per soort wordt de bedekkingsgraad aangegeven volgens de bedekkingsschaal van Braun-Blanquet:

r: zeer weinig (1-2) individuen in het plot
+: weinig (3-20) individuen in het proefvlak, bedekking <5%
1: individuen talrijk (20-100), bedekking <5%
2m: individuen zeer talrijk (ontelbaar), bedekking <5%
2a: individuen willekeurig, bedekking 5 – 12,5%
2b: individuen willekeurig, bedekking 12,5 – 25%
3: individuen willekeurig, bedekking 25 – 50%
4: individuen willekeurig, bedekking 50 – 75%
5: individuen willekeurig, bedekking 75 – 100%

Grassen en mossen worden niet meegenomen. Alle anders soorten worden genoteerd. De Braun-Blanquet bedekkingsschaal is overgenomen uit Protocol 'Vegetatieopname' door Stephan Hennekens, Alterra.

Strooiseldikte

In het midden van het plot wordt de strooiseldikte gemeten. In de bovenste bodemhorizont worden de organische lagen gemeten.
De verschillende lagen zijn:

- Vers gevallen bladstrooisel (L)
- Gedeeltelijk verteerd strooisel (F)

- Volledig gehumificeerd organisch materiaal (H)

Een F of H laag is niet altijd aanwezig.

Met een mes wordt een stuk bodem uit de grond gesneden. Aan alle zijden wordt gekeken of de verschillende lagen even dik zijn.
De gemeten dikte wordt in mm gemeten en wordt achter de juiste lettercode ingevuld. De lagen kunnen aan het uitgesneden blokje gemeten worden of in het kuiltje dat ontstaan is.

Liggend dood hout

Om een indicatie te krijgen van het volume liggend dood hout per hectare wordt in elk plot 3 transecten van 15 meter uitgezet. Het eerste transect wordt richting het noorden gelegd. Het tweede transect 120 graden. Het derde transect wordt op 240 graden. Elk stuk liggend dood hout dat wordt doorkruist door het transect wordt opgemeten. De diameter wordt gemeten waar het transect het stuk hout kruist en meegenomen als deze gelijk of dikker zijn dan 5 cm. Waar mogelijk wordt de soort genoteerd en ten slotte wordt de verteringstaat (tabel 3) bepaald. De methode is overgenomen uit "Inventarisatie van het liggend dood hout in de proefvlakken van het bosvitaliteitsmeetnet aan de hand van een transectanalyse en een volledige inventaris", instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.

Tabel 3. Verteringsklassen dood hout.

Verteringsklasse	Omschrijving
A	minstens 90% van het dood hout volume heeft een harde textuur: dit stuk dood hout is niet afgebroken. Vers dood hout.
B	tussen 60% en 89% van het dood hout volume heeft een harde textuur: dit stuk dood hout is licht afgebroken. Oppervlakkig verteerd.
C	tussen 30% en 59% van het dood hout volume heeft een harde textuur: dit stuk dood hout is afgebroken. Matig verteerd.
D	tussen 5% en 29% van het dood hout volume heeft een harde textuur: dit stuk dood hout is sterk afgebroken. Grotendeels verteerd.

Wanneer alle plots opgemeten zijn, kan voor de opstand de dg per soort en per boomklasse berekend worden. Deze zijn nodig om de juiste bomen te kiezen voor het meten van hoogtes.

$$D_g = \sqrt{\frac{(n_1 \cdot dbh_1^2)+(n_2 \cdot dbh_2^2)+(n_3 \cdot dbh_3^2)+...+(n_x \cdot dbh_x^2)}{N}}$$

Dg: gemiddelde kwadraatdiameter in cm
dbh_x: diameter borsthoogte in cm
n_x: aantal bomen met dbh_x
N: totaal aantal gemeten bomen van een boomsoort en boomklasse combinatie
Deze berekening is overgenomen uit de Van Hall Larenstein reader (2019).

Om de gemiddelde hoogte per combinatie van soort en boomklasse te bepalen worden over de opstand minimaal 6 bomen per combinatie gemeten met de dg voor deze combinatie. Voor elke hectare meer worden 2 bomen meer gemeten.
De hoogte van bomen met ongeveer de gemiddelde Dg (+- 5 cm) worden gemeten. Dit kan binnen of buiten het plot zijn. De gegevens per combinatie boomsoort en boomklasse

moeten gescheiden blijven. De hoogte wordt gemeten op een vaste afstand van de boom. Afhankelijk van de schaal die je gebruikt op de hoogtemeter is dit 15 of 20 meter. De gekozen schaal is die het dichtst bij de hoogte van de boom ligt. Eerst wordt de hoogte tot de top gemeten. Daarna tot aan de stamvoet. Deze metingen worden bij elkaar opgeteld en geven de hoogte.

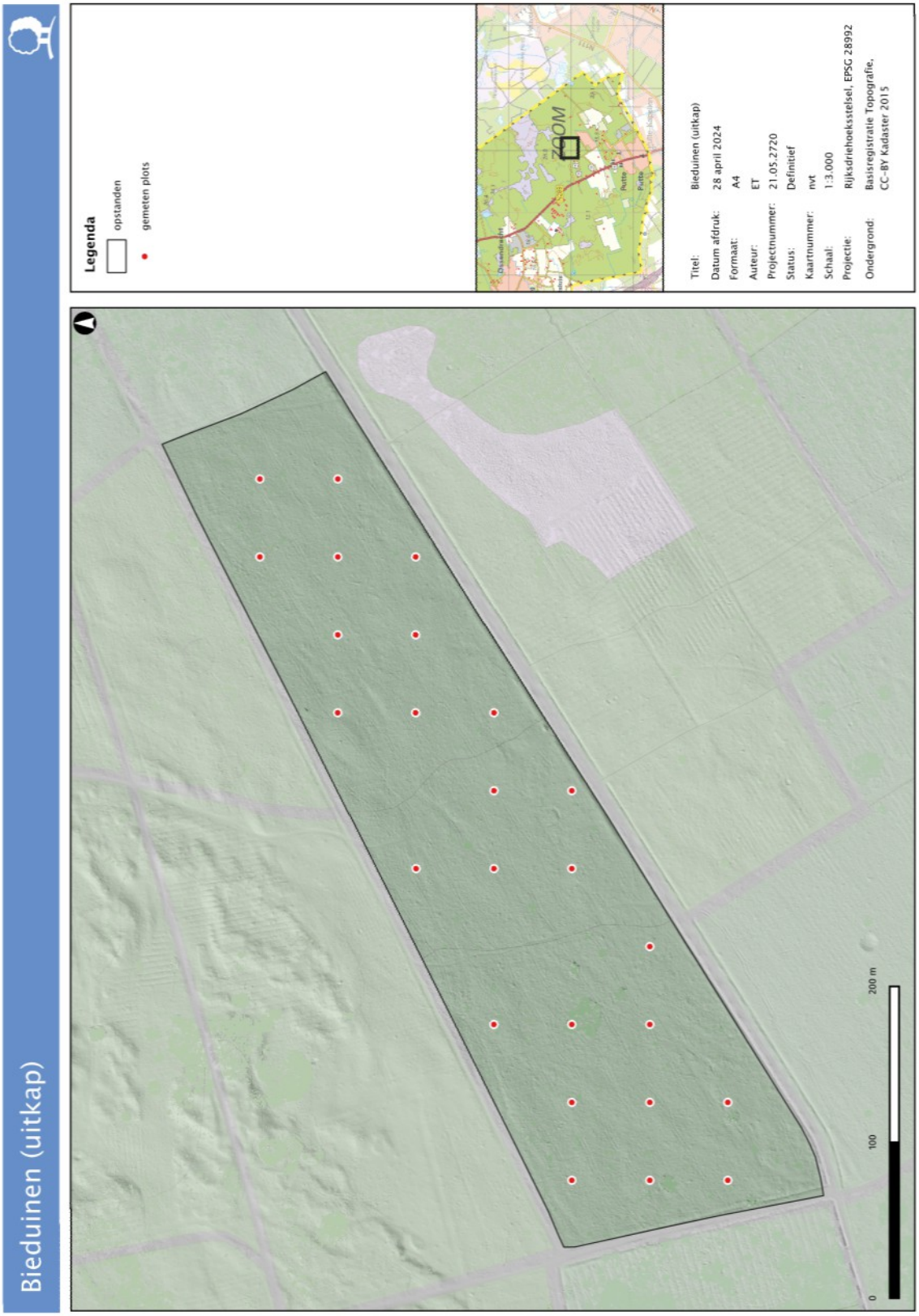
Literatuur

Hennekens, S. (2020) *Protocol 'Vegetatieopname'*. Versie 9 maart 2020, Alterra, Wageningen.

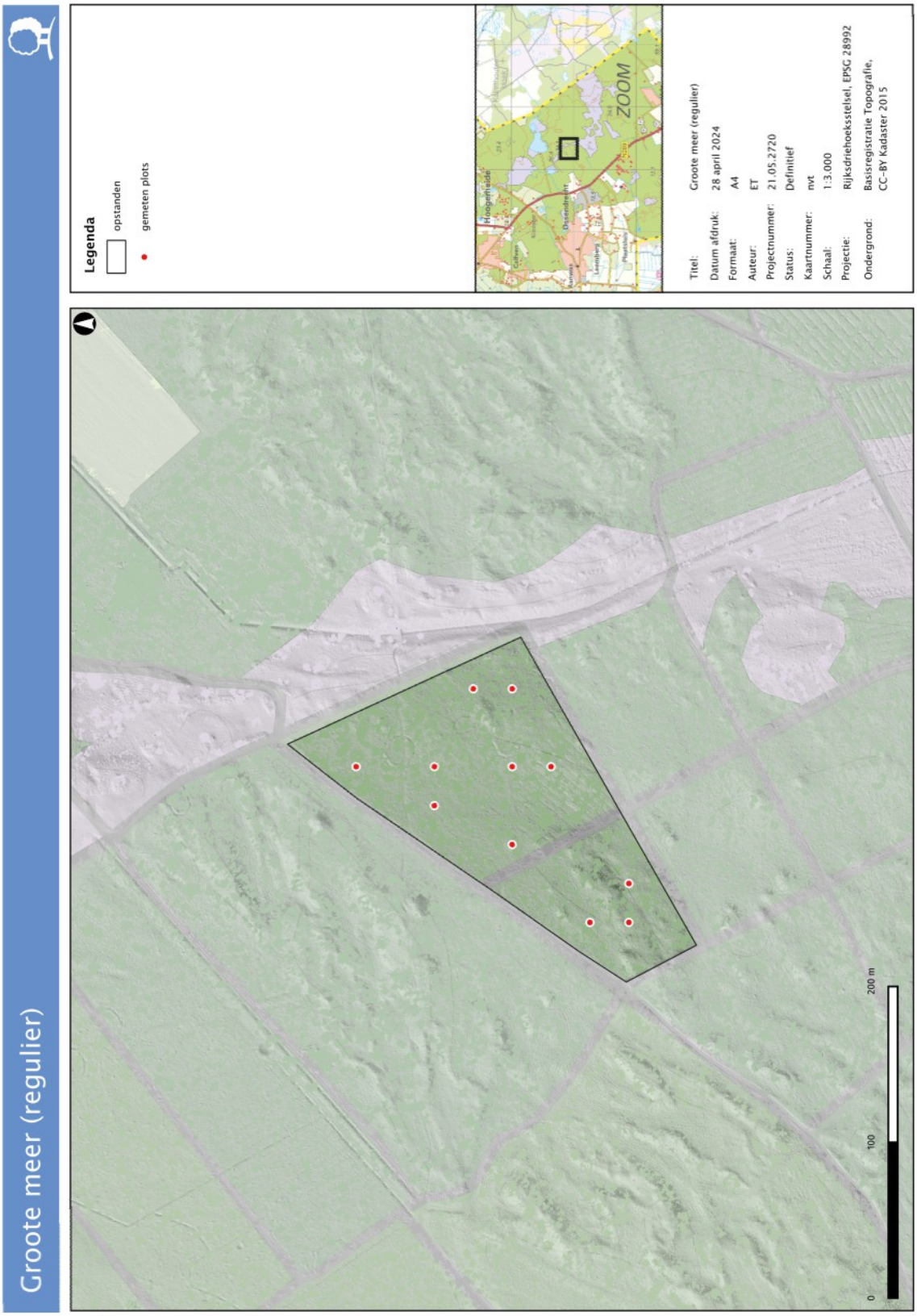
Van Egmond, J.R. & Schot, D. (2014) *Marteloscope op het Kroondomein*. Van Hall Larenstein en Kroondomein 't Loo. 4 Juni 2014.

Van Hall Larenstein (2019) *Handleiding Bosinventarisatie en Bosmeten*. Velp, september 2019.

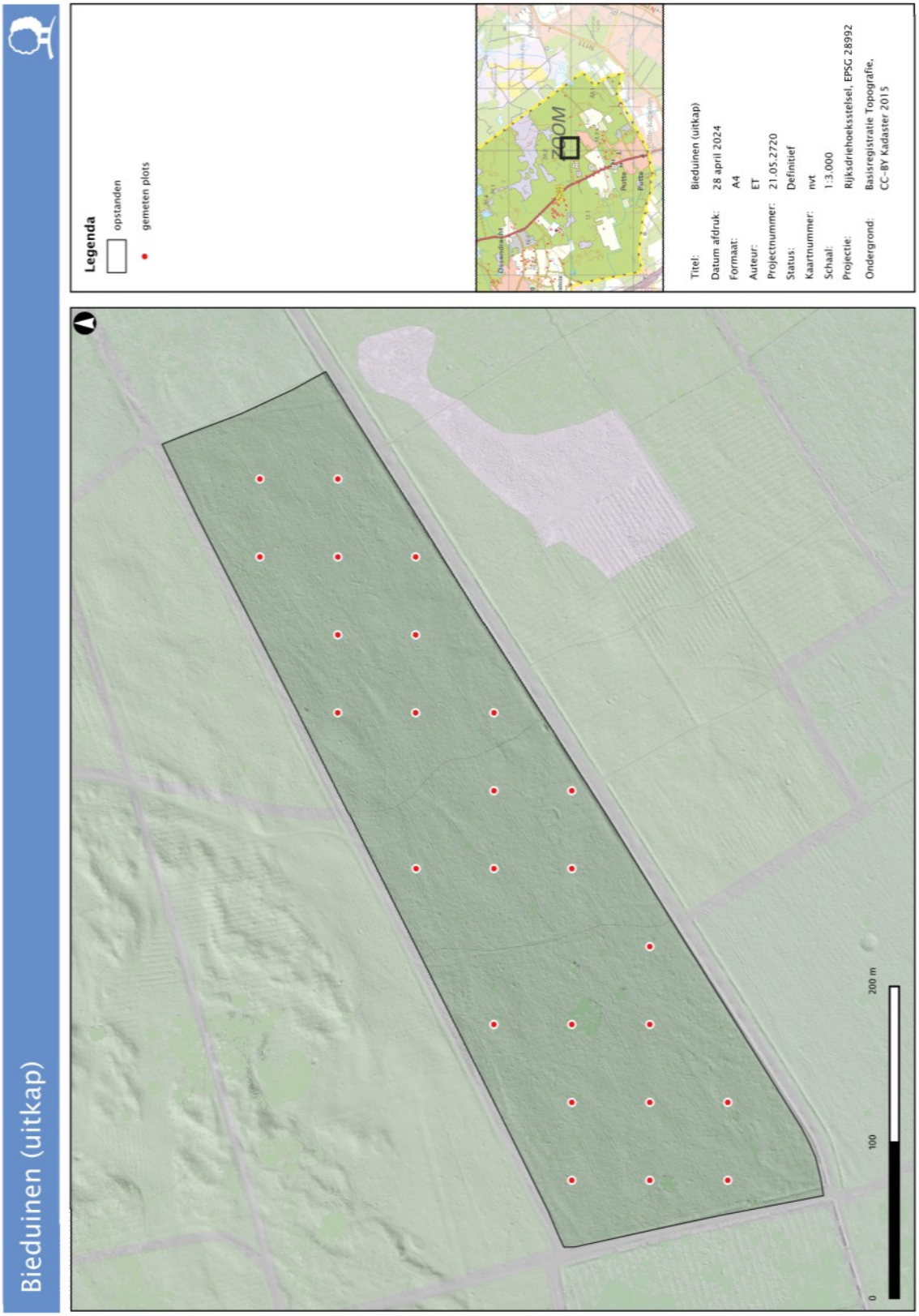
Bijlage 2 **Ligging Bieduinen**



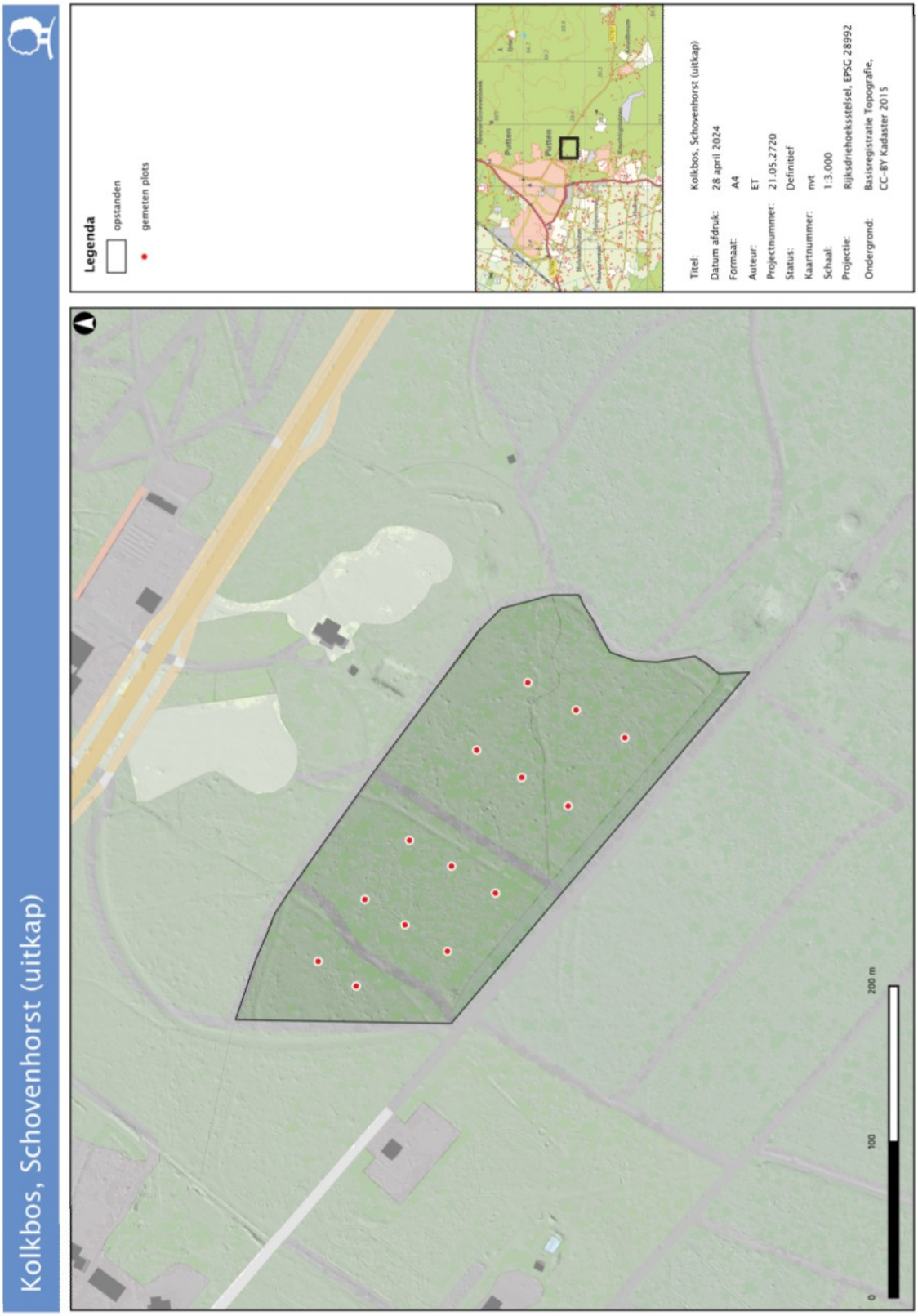
Bijlage 3 **Ligging Groote Meer**



Bijlage 4 **Ligging Mattemburgh**



Bijlage 5 **Ligging Schovenhorst**



Bijlage 6 **Ligging Sprielderbos**

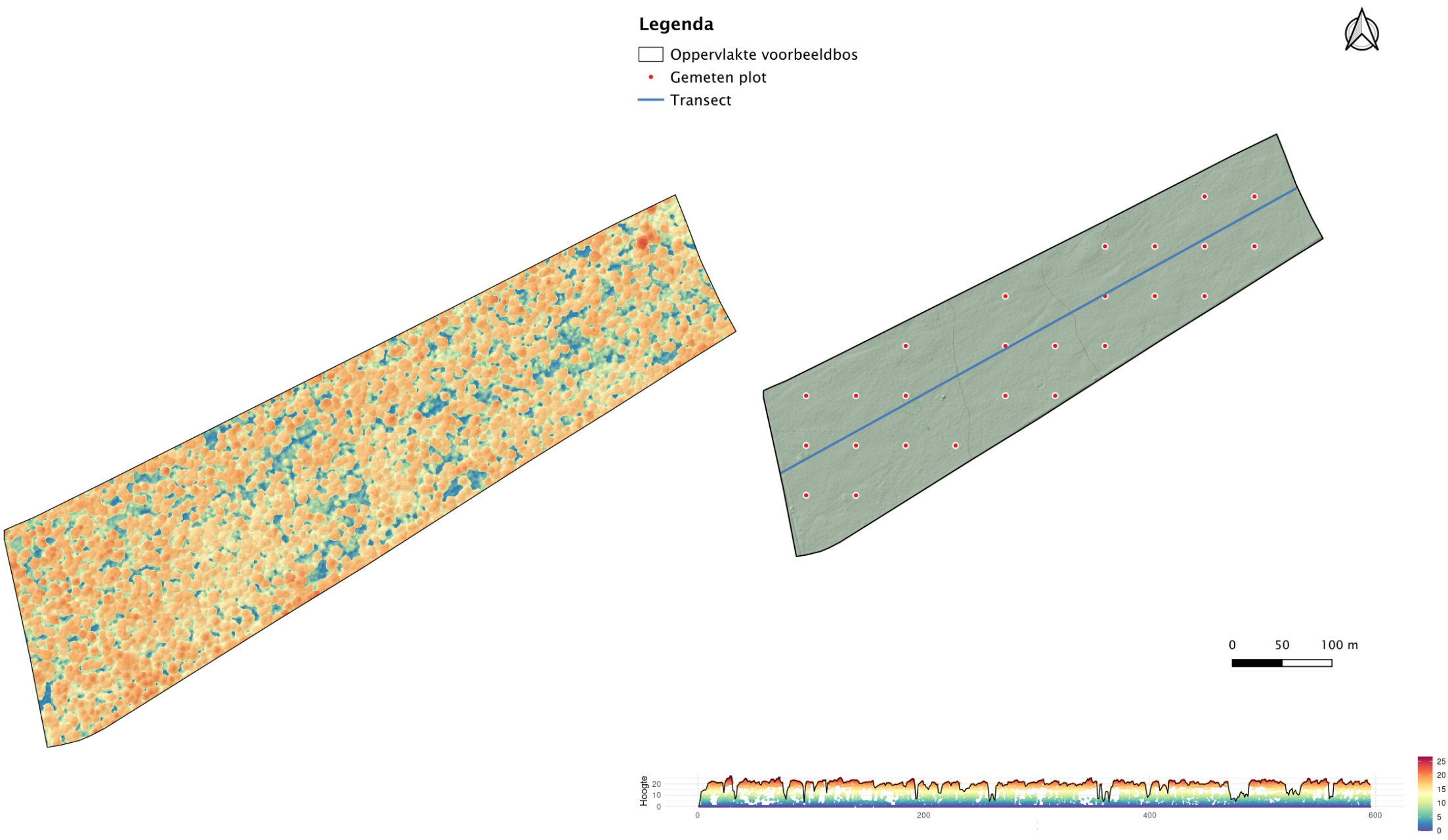
Bijlage 7 **Ligging Emmerdennen**

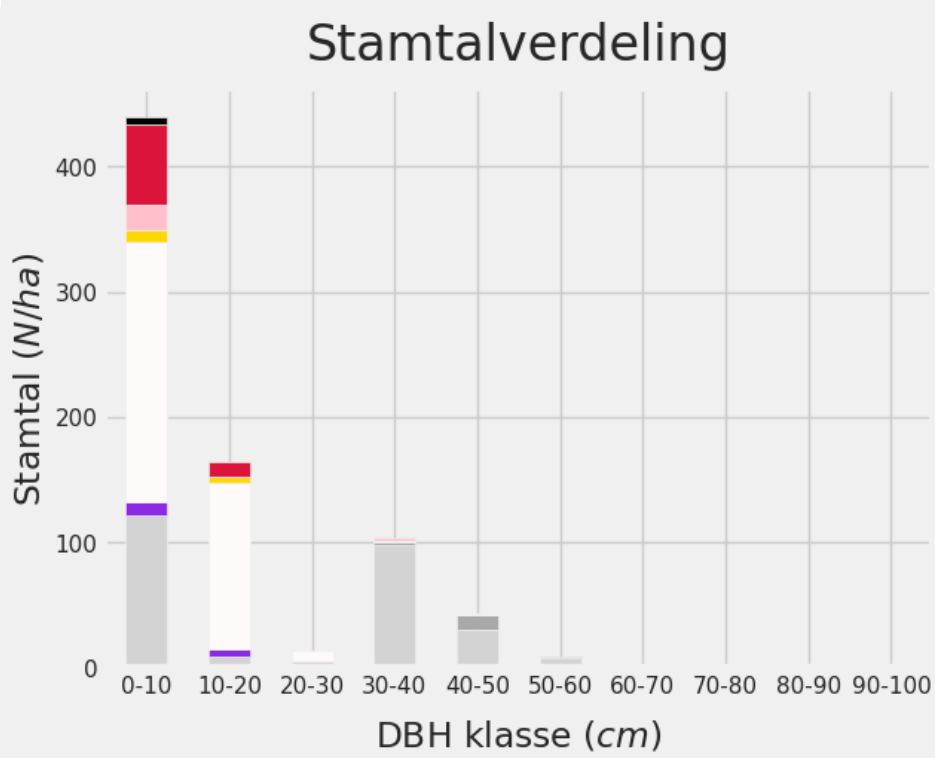
Bijlage 8 **Factsheet Bieduinen**

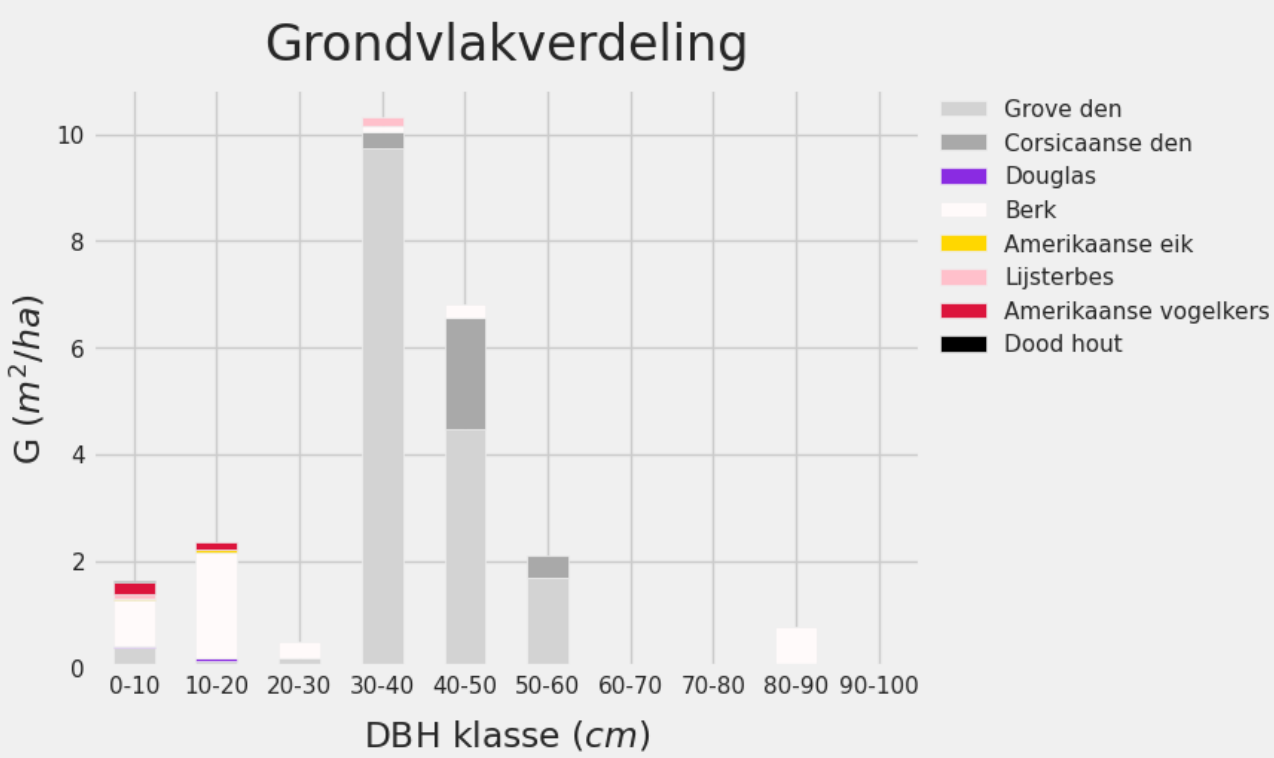
Landgoed Bieduinen

Putten, Noord-Brabant

Oppervlakte	8,5 hectare
Bodemtype	Veldpodzolgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
Grondwater	Grondwatertrap VI, GHG 40-80 GLG >120
Grondvlak	30,7 m^2/ha
Houtvoorraad	220 m^3/ha (levende staande voorraad)
Aanwas	6,1 m^3/ha/jr - bijgroeipercentage van 2,7%
Koolstofvoorraad	274 ton CO_2-equivalenten, 8,2 ton aanwas per jaar (levend hout)
Dood hout	6 staande dode bomen/ha
	12,9 kubieke meter liggend
Meting	December 2021







Deze factsheet is een concept en is onderdeel van het onderzoek 'Is uitkap de uitweg' van Bosgroep Midden Nederland naar de ecologische meerwaarde, klimaatbestendigheid en financiële haalbaarheid van uitkapbeheer in Nederland en is mede mogelijk gemaakt door:

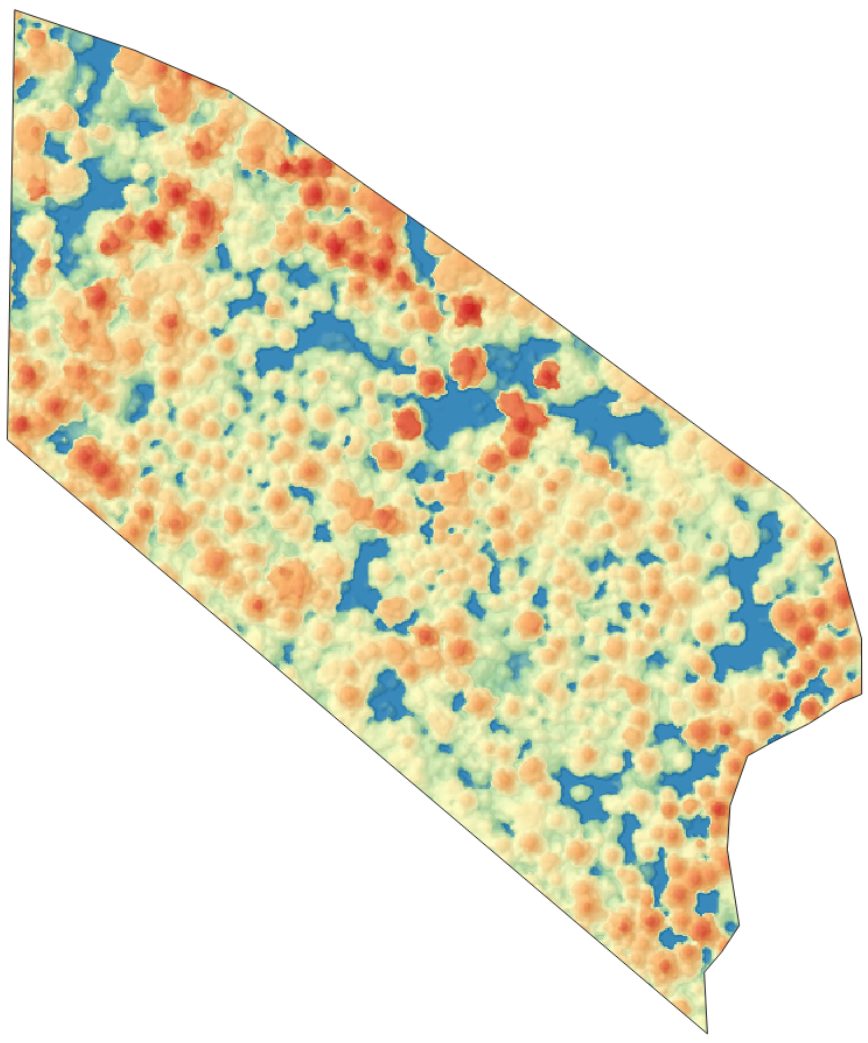
Bosgroepen
SBNL Natuurfonds
Pro Silva Nederland

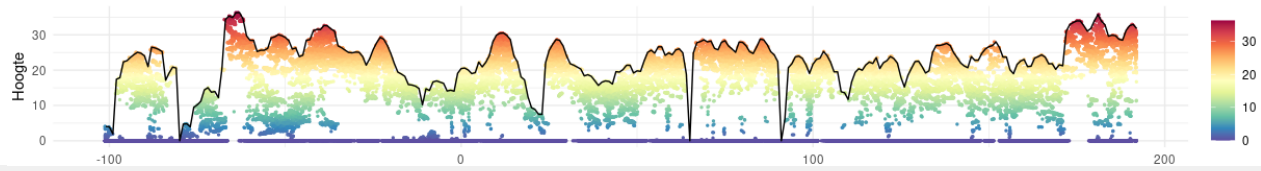
Bijlage 9 Factsheet Schovenhorst

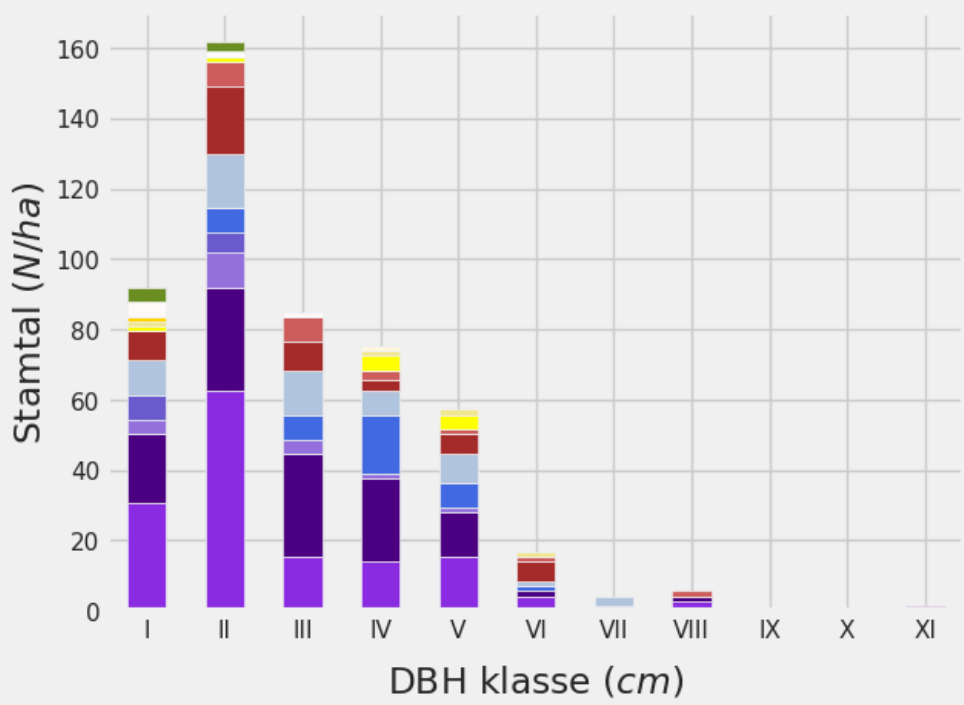
Landgoed Schovenhorst

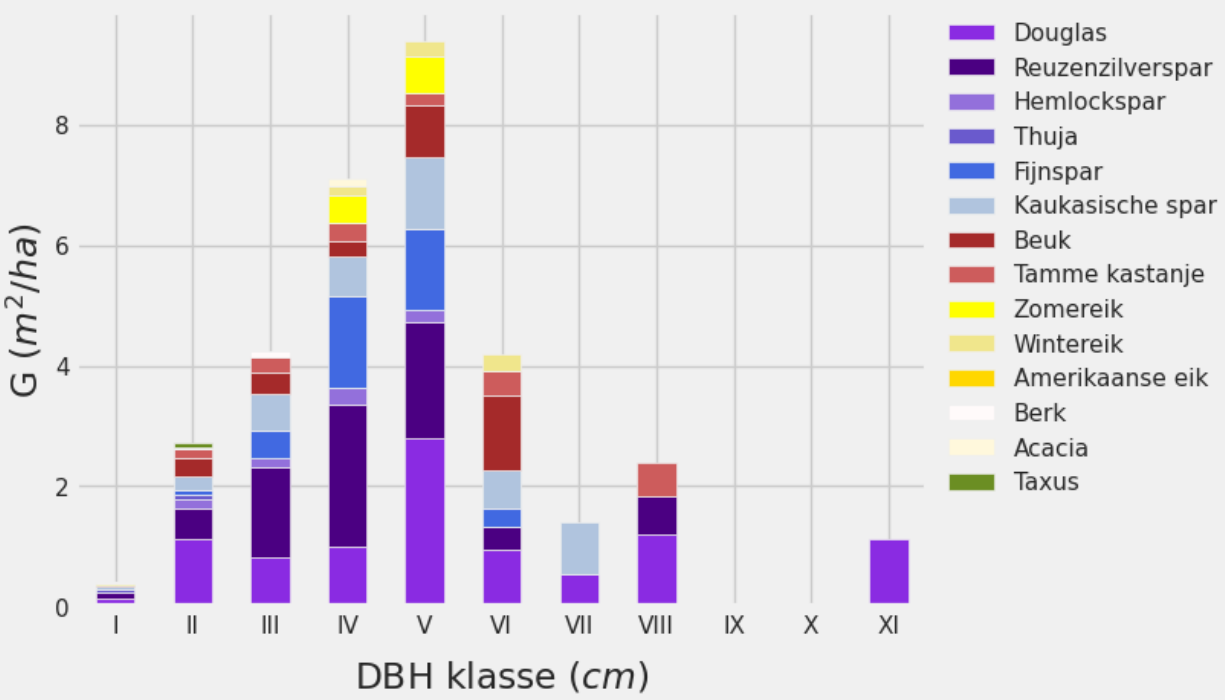
Putten, Gelderland

Oppervlakte	0,72 hectare
Bodemtype	Holtpodzolgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand
Grondwater	Grondwatertrap VIII, GHG > 140 GLG >160
Grondvlak	32,3 m^2/ha
Houtvoorraad	332 m^3/ha (levende staande voorraad)
Aanwas	9,0 m^3/ha/jr - bijgroeipercentage van 2,7%
Koolstofvoorraad	506 ton CO_2-equivalenten, 13,4 ton aanwas per jaar (levend hout)
Dood hout	80 staande dode bomen/ha waarvan 10 met DBH > 30 cm 21,4 kubieke meter liggend
Meting	November 2020









Deze factsheet is een concept en is onderdeel van het onderzoek 'Is uitkap de uitweg' van Bosgroep Midden Nederland naar de ecologische meerwaarde, klimaatbestendigheid en financiële haalbaarheid van uitkapbeheer in Nederland en is mede mogelijk gemaakt door:

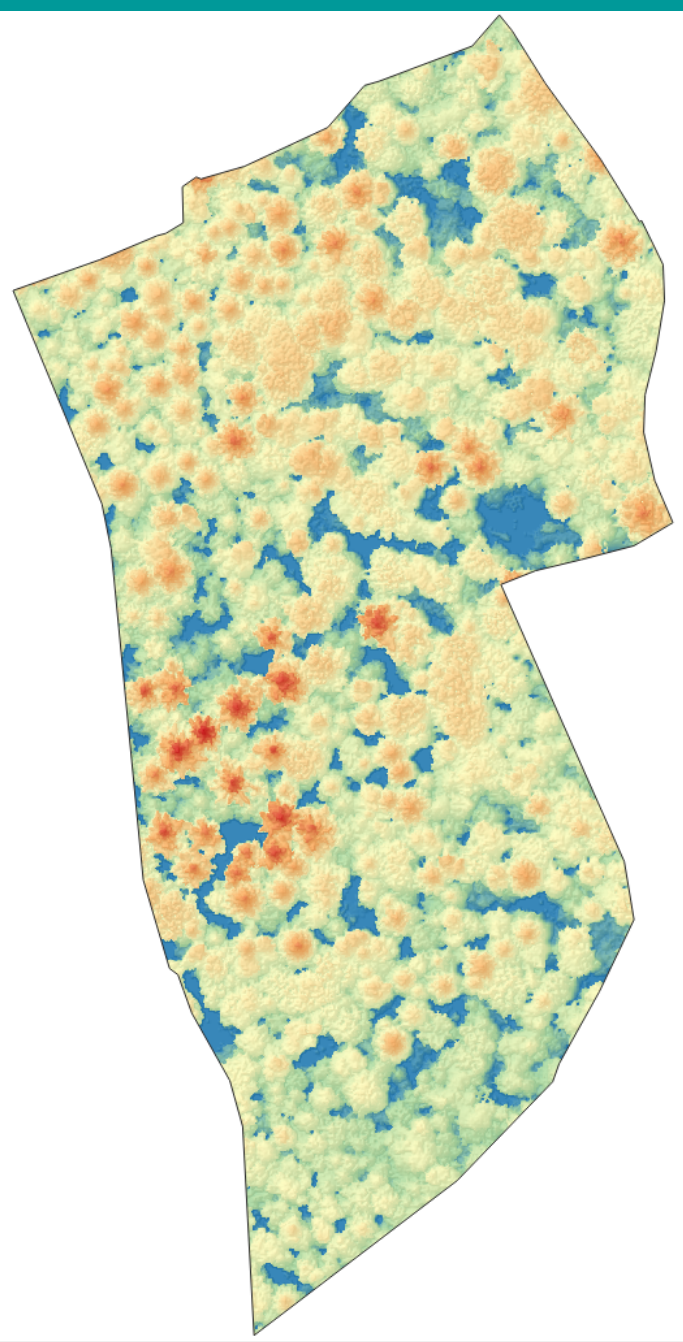
Bosgroepen
SBNL Natuurfonds
Pro Silva Nederland

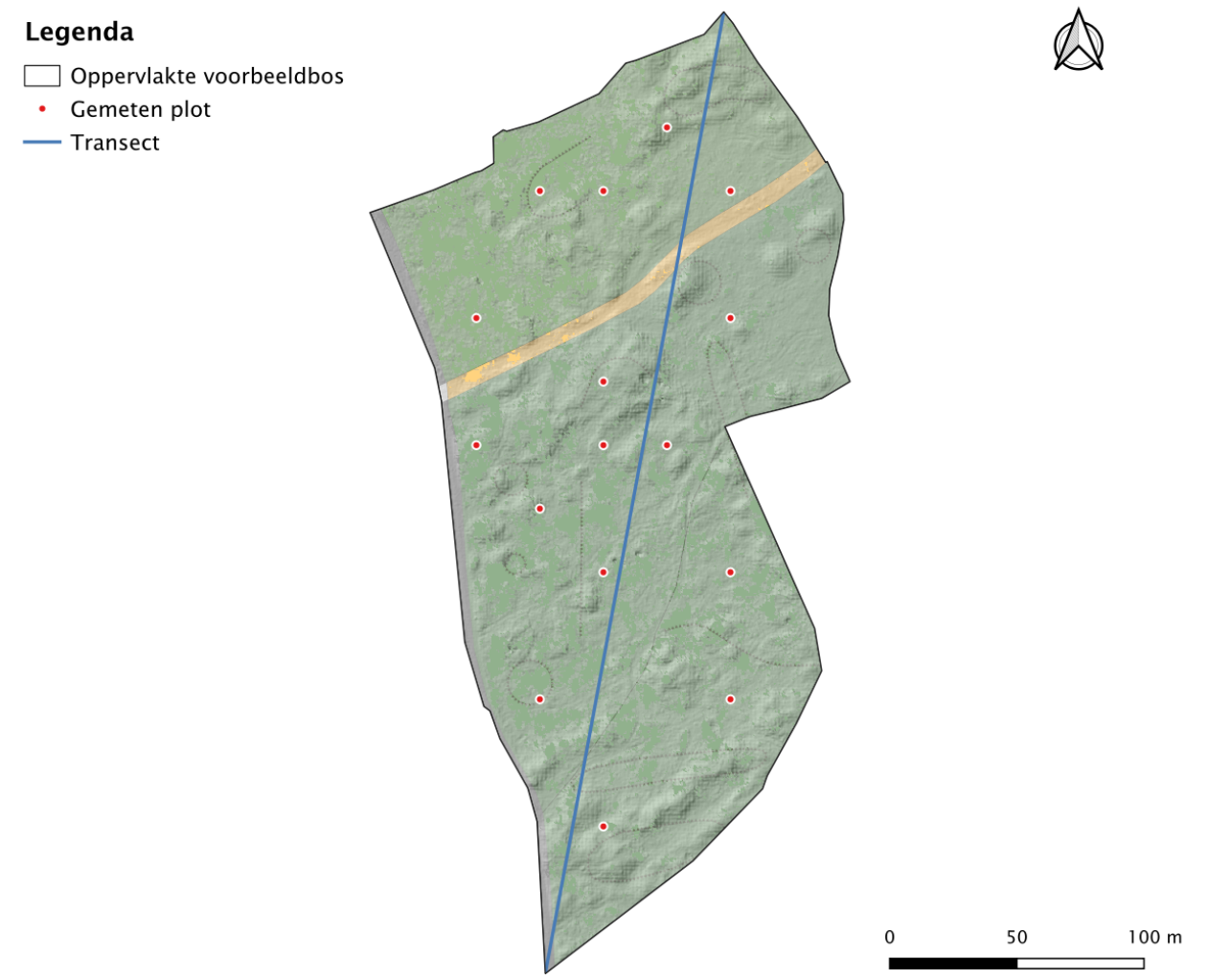
Bijlage 10 Factsheet Emmerdennen

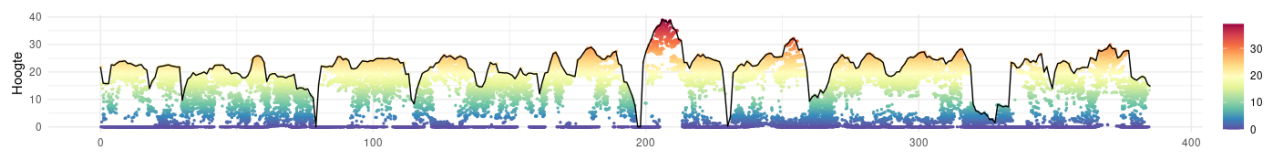
Emmerdennen

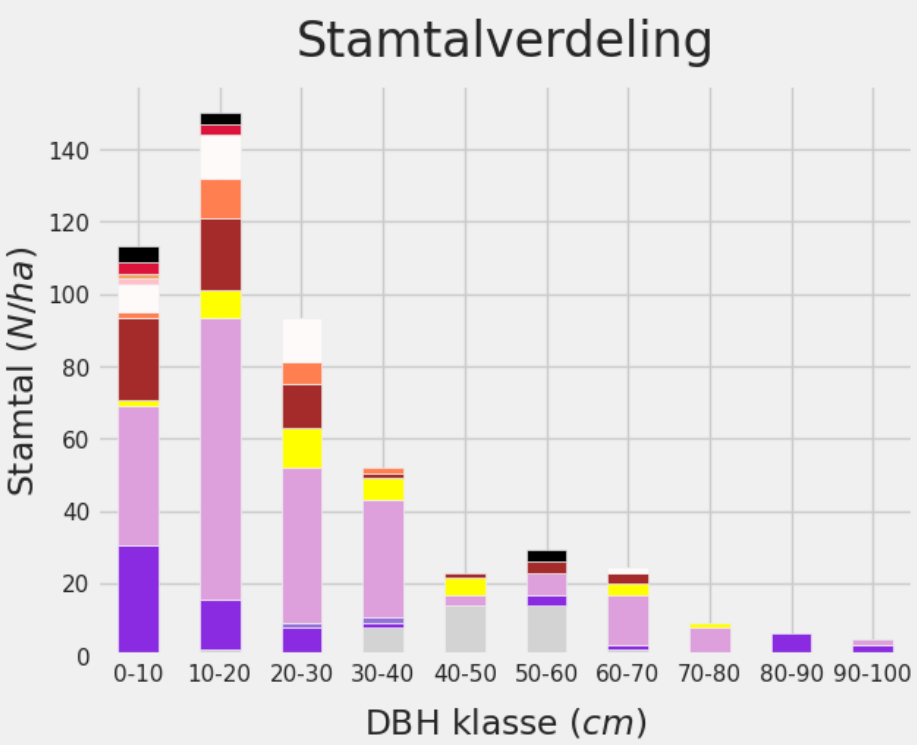
Emmen, Drenthe

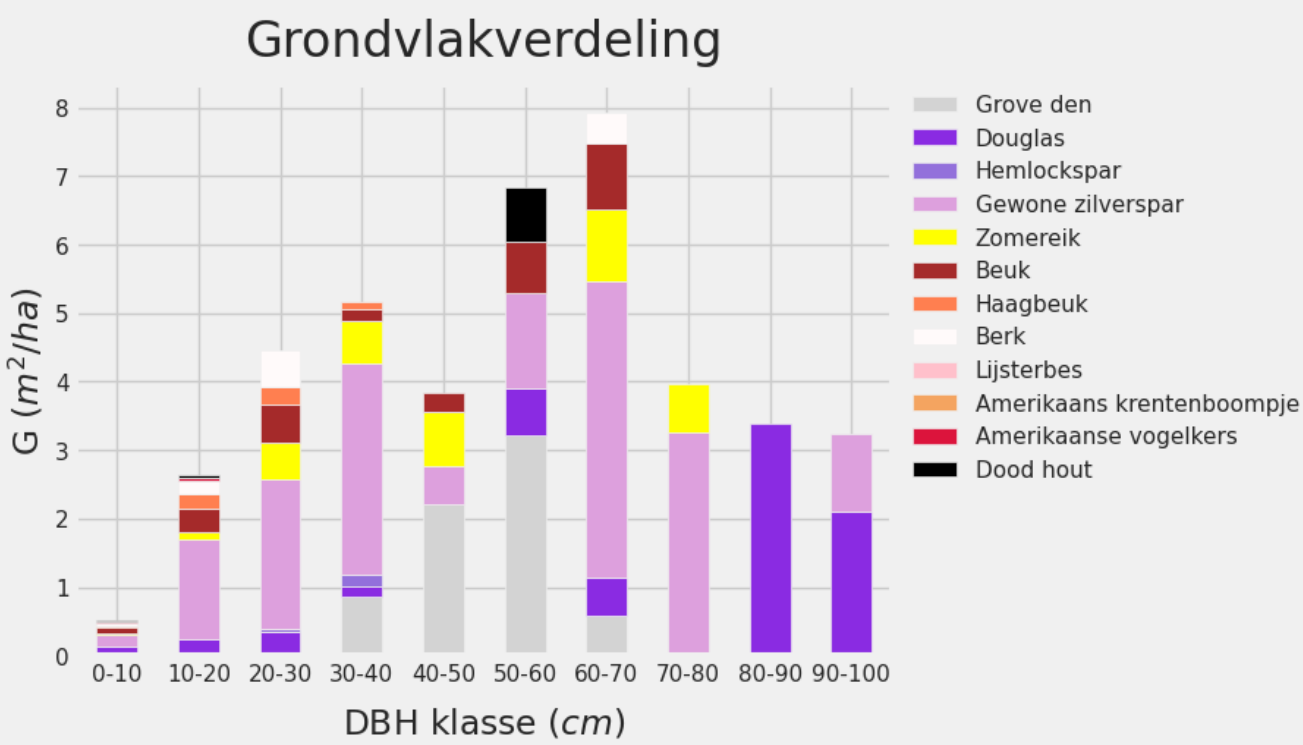
Oppervlakte	4,2 hectare
Bodemtype	Stuifzand op rode keileem
Grondwater	Grondwatertrap VII*, GHG > 140 GLG >160 -
Grondvlak	45,5 m^2/ha
Houtvoorraad	494 m^3/ha (levende staande voorraad)
Aanwas	niet gemeten
Koolstofvoorraad	701 ton CO_2-equivalenten,
Dood hout	10 staande dode bomen/ha, waarvan 3 met DBH > 30 cm
	15,1 kubieke meter liggend
Meting	December 2021











Deze factsheet is een concept en is onderdeel van het onderzoek 'Is uitkap de uitweg' van Bosgroep Midden Nederland naar de ecologische meerwaarde, klimaatbestendigheid en financiële haalbaarheid van uitkapbeheer in Nederland en is mede mogelijk gemaakt door:

Bosgroepen
SBNL Natuurfonds
Pro Silva Nederland

bosgroepen.nl