



Storm, Bos, Beheer en Stabiliteit - een evaluatie na de storm van 2007

Alterra-rapport 2008
ISSN 1566-7197

Schelhaas, M.J. en R. Schulting

Storm, Bos, Beheer en Stabiliteit -
een evaluatie na de storm van 2007

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het kader van het project Storm en Bosbeheer, onderdeel van het beleidsondersteunend onderzoekscluster Ecologische Hoofdstructuur (projectcode BO-02-014-001), in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

Storm, Bos, Beheer en Stabiliteit - een evaluatie na de storm van 2007

Schelhaas, M.J. en R. Schulting

Alterra-rapport 2008

Alterra Wageningen UR
Wageningen, 2010



Referaat

Schelhaas, M.J. en R. Schulting, 2010. *Storm, Bos, Beheer en Stabiliteit - een evaluatie na de storm van 2007*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2008. 56 blz.; 6 fig.; 9 tab.; 14 ref.

Na de storm van 18 januari 2007 zijn 18 plots gemeten in bossen waar bomen omgewaaid waren en zijn 21 beheerders geïnterviewd over hun mening ten aanzien van stabiliteit. Met de verkregen informatie is het niet goed mogelijk de huidige blesinstructies af te wijzen of te onderbouwen. Wel zijn er aanwijzingen dat de toekomstbomen bij douglas relatief vaak door de storm waren beschadigd, terwijl dit bij de grove den niet het geval was.

After the storm of January 18, 2007, we made detailed measurements in 18 damaged forest plots. Also we interviewed 21 forest managers. It was not possible to detect any damage pattern, either at plot level or at individual tree level. Thus it was not possible to conclude anything on the effectiveness of current thinning instructions, or to give advice on how to improve them. Despite this, we found indications that for Douglas fir the crop trees were damaged relatively more often than the rest of the trees. For Scots pine this was not the case.

Trefwoorden: storm, bosbeheer, Kyrill, toekomstbomen, stabiliteit.

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.alterra.wur.nl (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra Wageningen UR verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.boomblad.nl/rapportenservice.

© 2010 Alterra Wageningen UR, Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland
Telefoon 0317 48 07 00; fax 0317 41 90 00; e-mail info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra Wageningen UR.

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

Alterra-rapport 2008

Wageningen, maart 2010

Inhoud

	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
2	De storm	11
3	Literatuuronderzoek	15
4	Methodes	17
	4.1 Onderzoek beheerders	17
	4.2 Selectie en beschrijving gemeten plots	17
	4.3 Verwerking van de gegevens	20
5	Resultaten	23
	5.1 Onderzoek beheerders	23
	5.2 Analyse per plot	29
	5.3 Resultaten per boomsoort	34
6	Discussie	35
7	Conclusies	37
	Literatuur	39
	Bijlage 1a. Visualisatie van plot 6, douglas in Speulder- en Sprielderbos	41
	Bijlage 1b. Visualisatie van plot 12, grove den in reservaat De Tongerense Hei	43
	Bijlage 2a. Meetprotocol	45
	Bijlage 2b. Opnameformulier	47
	Bijlage 3a. Interviews: open vragen	49
	Bijlage 3b. Interviews: gesloten vragen	51
	Bijlage 4. Uitgebreide resultaten plots douglas	53
	Bijlage 5. Uitgebreide resultaten grove den	55

Samenvatting

Op 18 januari 2007 trok de storm Kyrill over ons land, waarbij ongeveer 250 duizend kuub hout omwaide. Op veel plaatsen waaiden in de bossen dunningsgewijs bomen om, maar lokaal werden ook grotere vlaktes geworpen. Tijdens de Pro Silva- excursies in het voorjaar van 2007 bleek dat relatief vaak dikke bomen met diepe kronen omgewaaid waren, terwijl de verwachting was dat dit de meest stabiele bomen zouden zijn. Bij het aanwijzen van toekomstbomen zouden dit soort bomen de voorkeur krijgen. Als deze bomen juist onstabiel zijn, zouden de huidige instructies voor blesen en toekomstbomen aanwijzen misschien aangepast moeten worden.

Om te onderzoeken welke bomen een grotere kans hebben om om te waaien, zijn in achttien plots op de Veluwe metingen gedaan aan beschadigde en onbeschadigde bomen. Bij negen van deze plots waren toekomstbomen aangewezen. Bij het aanwijzen van toekomstbomen is stabiliteit vaak een criterium, en dus zijn deze bomen door de blesser waarschijnlijk in meer of mindere mate als stabiel beschouwd. Zowel bij douglas als grove den kon geen eenduidig patroon vastgesteld worden. Bij beide soorten waren plots te vinden waar juist de dominante bomen omgewaaid waren, waar juist de niet-dominante bomen omgewaaid waren, en waar geen duidelijke patroon voor dominant of niet-dominant vastgesteld kon worden. Ook bleek het niet mogelijk een statistisch model op te stellen dat van individuele bomen in de complete dataset kon voorspellen of ze om zouden waaien of niet. Bij de grove den week het percentage omgewaaide toekomstbomen niet af van het totale percentage omgewaaide bomen. Bij de douglas daarentegen waren de toekomstbomen duidelijk zwaarder getroffen dan de rest van de bomen.

Uit interviews met de beheerders bleek dat men het verhogen van de stabiliteit van bossen belangrijk vindt. De ideeën over hoe je stabiliteit kunt beïnvloeden, lopen behoorlijk uiteen. Met de aanwijzingen met betrekking tot stabiliteit in de blesinstructies wordt in de praktijk echter vaak niet veel rekening gehouden. Over één ding waren de beheerders het wel eens en dat is dat de kans op stormschade toeneemt net na een dunning. Ook de literatuur is het hierover eens en het feit dat veel van de plots recent gedund waren, wijst ook in deze richting.

Al met al blijkt dat stabiliteit en optreden van stormschade een uitermate lastig te verklaren begrip is. Met de informatie uit de veldmetingen en interviews is het niet goed mogelijk de huidige blesinstructies en vuistregels af te wijzen of te onderbouwen. Wel zijn er aanwijzingen dat de toekomstbomen bij douglas relatief vaak door de storm waren beschadigd. Het was niet mogelijk om dit te herleiden tot 'verkeerde' keuzes van de blesser, of tot het te zwaar of verkeerd vrijstellen van deze bomen. In de praktijk lijkt realistisch omgegaan te worden met de kans op stormschade en de invloed van beheer: echt onstabiele bomen worden waarschijnlijk niet vrijgesteld en verder is het na een dunning vooral 'hopen dat er geen storm komt'.

1 Inleiding

Aanleiding

In het voorjaar van 2007 vonden de drie Pro Silva-excursies plaats op het landgoed Majuba (Geldersch Landschap) met als thema 'Storm 2007'. Bij de voorbereidingsdagen bleek dat tijdens de storm van 18 januari 2007 - tegen de gedachte van de voorbereiders in - relatief vaker dikkere bomen met diepere kronen waren omgewaaid. Dit werd ondersteund door diametermetingen ter plekke (Schulting). Om te kijken welke ideeën de Pro Silva-deelnemers hadden, is voorafgaand aan de excursie een korte vragenlijst aan de deelnemers voorgelegd, die door 70 personen is ingevuld. Hieruit bleek o.a. dat de personen die bij het blessen vooral een stabiel bos nastreefden hiervoor bomen vrijstelden die een diepere kroon hadden, vitaler zijn en een betere stamkwaliteit hebben dan het gemiddelde van de opstand. Ook waren zij duidelijk meer van mening dat menging en variatie in het kronendak een stabiel bos geeft (Schulting). Maar tijdens de excursie leek het dat de gemiddeld dikkere bomen, met diepere kroon, vaker waren omgewaaid. Dit zijn juist de bomen die normaal gesproken vaker als Toekomstboom (afgekort geschreven als Tboom) aangewezen zouden worden.

Vraag- en probleemstelling

Als houtproductie één van de doelstellingen is, wordt er geblest om enerzijds (A) opbrengst te genereren en anderzijds (B) het niveau van de lopende aanwas te verhogen (op de kwalitatief goede / de gewenste bomen). Bij het uitvoeren van de handelingen die tot A en B leiden, is de stabiliteit erg belangrijk (o.a. om de lopende aanwas blijvend hoog te houden). Bij het blessen worden daartoe meestal bomen bevoorkeurd die vitaal zijn, een diepe kroon en een gunstige hoogte/diameter verhouding hebben. Een gunstige h/d-verhouding betekent een dikkere boom bij dezelfde hoogte. Bij de storm van 2007 is daarover echter twijfel ontstaan. De vraag is: is de aanname dat dikkere bomen (met een lage h/d-verhouding) stabiel zijn wel juist? Worden wel de juiste bomen aangewezen als toekomstboom, als stabiliteit belangrijk is? En indien dit niet zo is, zijn er andere strategieën denkbaar om de stabiliteit te vergroten, vertaald in eenvoudig toepasbare vuistregels?

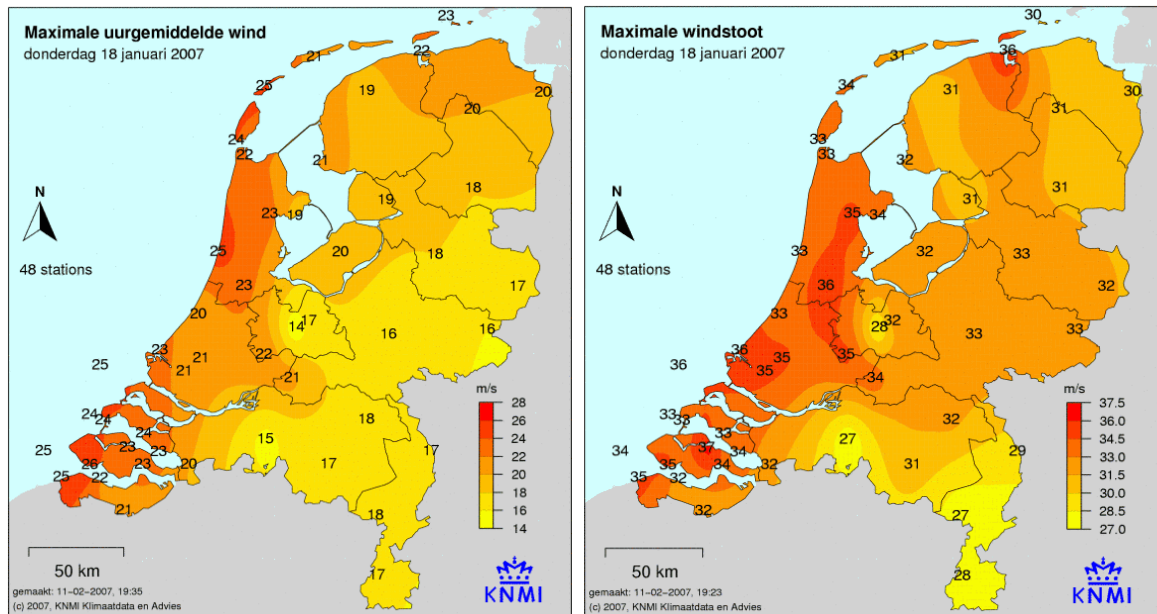
Aanpak

Om een beeld te krijgen hoe beheerders met stabiliteit omgaan tijdens het blessen zijn interviews afgenomen, met zowel open als gesloten vragen. Daarnaast zijn in 18 plots de karakteristieken opgenomen van zowel de bomen die beschadigd zijn door de storm als van de staande bomen. In hoofdstuk 2 worden de omstandigheden van de storm van 18 januari 2007 beschreven. Hoofdstuk 3 geeft een literatuuroverzicht van vergelijkbare studies. In hoofdstuk 4 worden de toegepaste methodes beschreven, waaronder de geselecteerde plots en welke metingen zijn gedaan. De resultaten van de interviews en de analyses van de metingen worden beschreven in hoofdstuk 5. De discussie in hoofdstuk 6 wordt gevolgd door de conclusies in hoofdstuk 7.

2 De storm

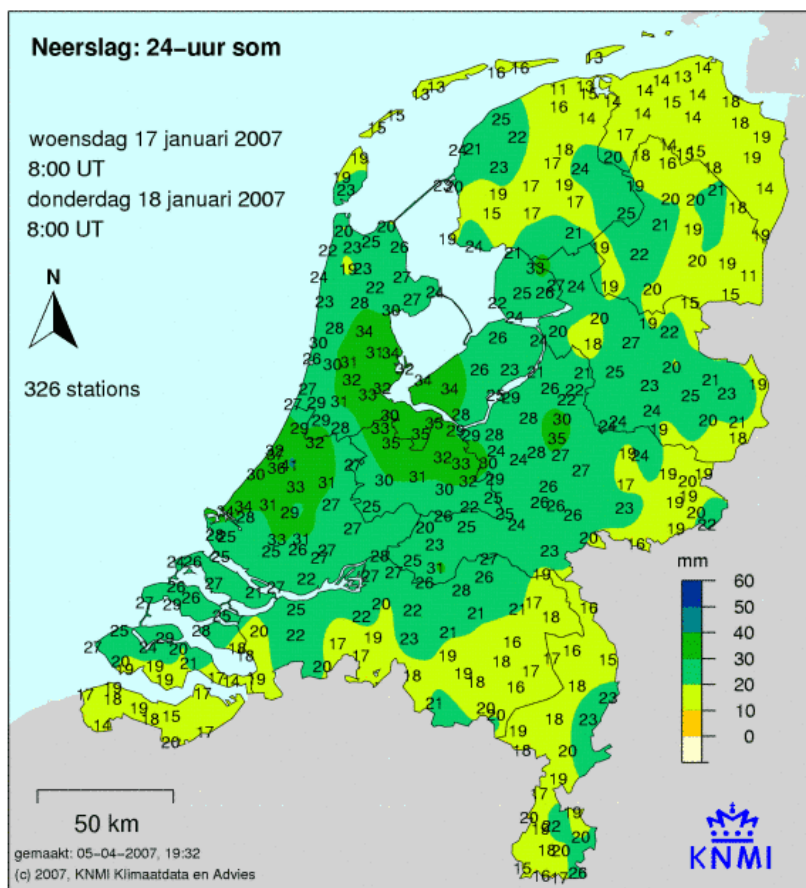
Meteorologie

De storm van 18 januari 2007 was geen uitzonderlijk zware storm. De gemeten maximale uurgemiddelde windsnelheid varieerde langs de kust tussen 20 en 26 m/s (windkracht 9 tot incidenteel 10), terwijl dit meer landinwaarts varieerde van 14 tot 20 m/s (windkracht 7 tot 8; figuur 1). Ter vergelijking: de stormen in de jaren zeventig en negentig behaalden in het binnenland uurgemiddelde windsnelheden tussen de 25 en 28 m/s (windkracht 10). Windstoten tijdens de storm in 2007 bereikten een snelheid tot 37 m/s aan de kust en tot 33 m/s in het binnenland (figuur 1). De overheersende windrichting vertoont globaal een gradiënt van zuid naar noord: In Maastricht was de overheersende windrichting 236°, in De Bilt 250° en in Den Helder 256° (gegevens: KNMI). De storm ging gepaard met een grote hoeveelheid neerslag, met name in het westen en midden van het land (figuur 2). Hier vielen in een dag tijd hoeveelheden van 20 tot zo'n 35 mm.



Figuur 1.

Maximale uurgemiddelde wind (links) en maximale windstoot (rechts) op donderdag 18 januari 2007 (bron: KNMI).



Figuur 2.
Neerslag op 18 januari 2007 (bron: KNMI).

Schadebeeld

Op veel plaatsen waaiden in de bossen dunningsgewijs bomen om, maar lokaal werden ook grotere vlaktes geworpen. De meeste schade werd gemeld in Flevoland, de Noord Veluwe, en de Achterhoek, hoewel ook op de Zuid Veluwe en rondom Venlo aardig wat schade was. Meerdere bronnen meldten dat de schade in het bos opvallend vaak voorkomt in stroken, waarschijnlijk veroorzaakt door rukwinden. Ook wordt gemeld dat de boomkronen vaak extra zwaar waren door de overvloedige regenval. Als de boom uit het lood geblazen wordt, zorgt dit voor een extra kracht op de boom. Daarnaast heeft het wortelstelsel in een doorweekte bodem minder houvast. Naar schatting is in totaal in Nederland zo'n 250 duizend kuub hout omgewaaid (Neefjes, 2007). In de omringende landen was dit veel meer, met alleen in Duitsland al 26 miljoen kuub. In totaal was de schade in Europa waarschijnlijk meer dan 53 miljoen kuub.



Foto 1.

Vlaktegewijs geworpen larks in bosreservaat Het Leesten.

3 Literatuuronderzoek

Eerdere studies

Uit eerdere studies is gebleken dat windschade aan bossen een complex proces is. Het al dan niet optreden van schade hangt samen met een groot aantal factoren, ruwweg te verdelen in karakteristieken van de storm, standplaatsfactoren en opstandskenmerken. Naast de gemeten windsnelheden is het tijdstip van de storm belangrijk. De meeste stormen treden op in de winter, waarbij vooral naaldbomen gevoelig zijn omdat de meeste naaldbomen groenblijvend zijn. Een incidentele zomerstorm kan bij een geringere windkracht veel meer schade veroorzaken omdat loofbomen dan in blad staan en meer wind vangen. Ook de duur van de storm is van belang. Door de continue beweging van de boom kan de wortelkluit geleidelijk losraken, en ook treedt er een soort vermoeidheidseffect op in het stamhout. Verder kunnen stormen aanzienlijk verschillen in de hoeveelheid en sterkte van windstoten. Windstoten kunnen bomen omwerpen vooral als ze arriveren op het moment dat een heen en weer zwaaiende boom ver uit het lood staat. Uit een onderzoek met radarmetingen tijdens de storm van 1999 (Schütz et al., 2006) blijkt dat het windveld binnen de storm zeer chaotisch en willekeurig was, en dat het al dan niet optreden van schade haast niet te voorspellen was aan de hand van standplaats- en opstandskarakteristieken. Standplaatsfactoren die van invloed zijn, zijn onder andere de ligging ten opzichte van andere opstanden (beschutting), de topografie en de bodem (bodemsoort, doorwortelbaarheid).

Opstandskenmerken

Uit de literatuur komt een heel scala aan opstandskenmerken naar voren die een rol spelen of zouden kunnen spelen bij windschade aan bossen. Dit zijn onder andere boomsoort, menging, hoogte, diameter, verhouding tussen hoogte en diameter (de h/d-verhouding), stamtal, kroonomvang, ruwheid van het kronendak, open plekken in het bos en recente dunningen. De afzonderlijke studies geven echter geen eenduidig beeld. Bekend is bijvoorbeeld wel dat een opstand direct na een dunning gevoeliger is dan een ongedunde opstand, maar na een aantal jaren is juist de gedunde opstand stabiel. De rol van mengingen is niet geheel duidelijk. Sommige studies vinden een verhoogde stabiliteit in gemengde opstanden, terwijl anderen geen effect vinden, of juist een negatief effect. Veel studies geven een verschil in stabiliteit aan tussen boomsoorten, waarbij fijnspar en sitkaspar vaak als gevoeligste soorten worden genoemd. Hierbij moet aangetekend worden dat er vaak meer factoren een rol spelen: niet alle boomsoorten komen op alle bodems evenveel voor. Een goed voorbeeld is de schade in het Kuinderbos, waarbij vooral een fijnsparrenopstand zwaar getroffen was. Bij de aanleg zijn de venige (dus onstabielere) bodems beplant met fijnspar en de zandige (dus stabielere bodems) met lariks en zomereik. Tijdens de Pro Silva-excursie op Majuba werd een gemengde opstand van grove den en fijnspar bezocht waar alleen de grove den schade vertoonde. Wel is duidelijk dat loofbomen in de winter minder gevoelig zijn, waarschijnlijk omdat ze geen bladeren hebben. Daarentegen is lariks wel gevoelig, ondanks het feit dat deze soort niet wintergroen is.

Uit de geraadpleegde literatuur is wel een algemeen beeld te schetsen. Het is bekend dat bomen hun groei aanpassen als ze blootgesteld worden aan krachten, bijvoorbeeld als gevolg van windbelasting. Een in een winderige omgeving opgegroeide boom vertoont vaak minder hoogtegroeï en meer diktegroeï dan een beschutte boom, met als gevolg een lagere hoogte/diameter verhouding. Ook is het wortelstelsel vaak beter verankerd. Na de storm van 2007 was dit duidelijk zichtbaar in enkele pas gedunde populierenopstanden in de Flevopolder. De buitenste twee rijen stonden nog overeind, terwijl dieper de opstand in meer dan de helft van de bomen beschadigd was. Bomen kunnen echter ook elkaar helpen in een storm. Ze kunnen elkaar beschutten en omdat kronen van zwaaiende bomen elkaar raken kan energie overgedragen worden. Volgens een studie van Milne (1991) wordt 50% van de energie die bomen opnemen door de wind overgedragen aan

buurbomen door krooncontact. Ook kunnen wortelstelsels in elkaar groeien, waardoor een gezamenlijke verankering ontstaat. Na een dunning vangen individuele bomen meer wind, terwijl ze minder stevigheid ondervinden van buurbomen. Bomen passen zich geleidelijk aan de nieuwe situatie aan, mits er ondertussen geen storm voorbij komt. Verder is duidelijk dat de windsnelheid (exponentieel) toeneemt met de hoogte (Monteith, 1975). Het aloude gezegde 'hoge bomen vangen veel wind' is hierbij zeer toepasselijk. De mate waarin een boom wind vangt is echter ook afhankelijk van de kroon: een grote kroon vangt meer wind dan een kleine. Omgekeerd duidt een grote kroon vaak echter ook op een groter wortelstelsel, waarbij echter niet duidelijk is welk effect de overhand heeft. Verder is de diameter van de stam van invloed. Een dikkere boom zal minder ver doorbuigen dan een dunne, en zal waarschijnlijk ook minder snel breken (maar eventueel met wortel en al omwaaien). Ook geeft de diameter van de stam bij veel soorten een goede correlatie met de wortelmasa en ook met de kracht die nodig is om een boom om te trekken (Nicoll et al., 2006). In veel studies is de verhouding tussen hoogte en diameter (h/d-verhouding) een goede voorspeller van schade aan individuele bomen dan wel opstanden. Bomen met een lage h/d-verhouding zijn daarbij meestal stabiel dan bomen met een hoge h/d-verhouding. Andere studies vinden echter geen verband, of soms zelfs een negatief verband. Een mogelijke verklaring zou kunnen zijn dat ook de hoogte een rol speelt. Een lage en hoge boom met een gelijke h/d-verhouding lopen misschien wel verschillende risico's. Ook kan het stamtal in de opstand een rol spelen.

4 Methodes

4.1 Onderzoek beheerders

Enquête Pro Silva-voorjaarsexcursie 2007

Het idee voor dit onderzoek is ontstaan voorafgaand aan en tijdens de Pro Silva voorjaar 2007 met het thema 'Stormschade'. Bij de voorbereiding van de excursies leken juist de dikkere bomen te zijn omgewaaid. Dit verraste de voorbereiders. Daarom is voorafgaand aan de excursie met een kleine enquête gepeild hoe de deelnemers en discussieleiders dachten over de relatie tussen bleszen, toekomstbomen en de stabiliteit (stormgevoeligheid) van bossen. De enquête is ingevuld door 70 personen.

Interview beheerders

Bij de start van het onderzoek was het de bedoeling om o.a. de bleszers van de gemeten plots te interviewen. Maar vaak waren de bleszers niet meer te achterhalen door veelvuldige personeelwisselingen of doordat bleswerk uitbesteed was. Daarom is de selectie aangevuld met enkele andere personen met veel ervaring met bleszen. Na enkele proef-interviews zijn in totaal 17 mensen die met bleswerk te maken hebben of hadden geïnterviewd. Dit is inclusief enkele beheerders/bleszers waarvan geen plot gemeten is. De interviews vonden plaats in het bos, meestal voorafgegaan door een interview binnen. Er is gewerkt met open vragen (mondeling) en een gesloten vragenlijst. Tijdens de interviews werden eerst de open vragen (bijlage 3a) gesteld, daarna werd de gesloten vragenlijst voorgelegd of per mail opgestuurd (bijlage 3b).

De gesloten vragenlijst is samengesteld na de proefinterviews en iets aangepast na de eerste echte interviews. Het bevat enkele aspecten waar in het bos verschillend over gedacht werd en specifiek gericht op douglas en grove den. Indien gewenst werden de resultaten telefonisch besproken. Op deze manier kwam soms weer nieuwe informatie boven tafel.

4.2 Selectie en beschrijving gemeten plots

In september 2007 is gestart met het zoeken van geschikte objecten. Criteria voor de te meten opstanden waren:

1. Locatie Veluwe, om grote variatie in bodemsoort uit te sluiten en reistijd te beperken;
2. Het stormhout ligt nog in het bos ten tijde van de meting;
3. Het betreft naaldbos (voornamelijk gelijkjarige monocultuur) bij voorkeur grove den en douglas;
4. Toekomstbomen zijn aanwezig en aangewezen vóór de storm van 18 januari 2007;
5. Leeftijd van de opstand is minimaal dertig jaar, bij voorkeur al eens gedund;
6. Houtproductie is bij het toewijzen van de toekomstbomen één van de doelstellingen;
7. Voorkeur voor verschillende soorten eigenaren / organisaties.

Ongeveer 50 organisaties en beheerders zijn in 2007 en 2008 benaderd. De beheerders met potentieel geschikte opstanden zijn bezocht. In het bos werden de te meten opstanden geselecteerd. De voorkeur lag bij opstanden:

- met een dunningsgewijze stormschade (dus niet groeps- of vlaktegewijs);
- met een voldoende brede opstand zodat een cirkel meetbaar was (zonder randbomen);
- waar het meetwerk niet teveel werd belemmerd door struiken e.d.;
- met een beheerder die wilde meewerken.

In 2008 zijn ook zes plots in Bosreservaten gemeten, om eventuele verschillen tussen beheerde en niet-beheerde bossen te kunnen onderzoeken.

De start van dit project vond in september 2007 plaats. Dit was ná het broedseizoen en daardoor waren veel opstanden met stormhout al geruimd, vooral particulieren leken snel te ruimen. Opstanden die spoedig geruimd zouden gaan worden hebben steeds voorrang gehad bij het meten, zodat op tijd, voor de harvester uit, de plots geselecteerd, gemeten en gecontroleerd konden worden. Een aantal beheerders gaf aan eerst alle douglassen en lariksen te ruimen en daarna misschien nog de dennen, omdat zij verwachtten dat daar blauwschimmel in aanwezig zou zijn en dus het hout minder goed verkoopbaar was.

In 2007 zijn vijf geschikte beheereenheden gevonden. In totaal zijn toen 38 potentiële opstanden bezocht, waarvan op basis van de criteria acht plots geselecteerd en gemeten zijn. Van deze opstanden liggen er drie in de boswachterij de Sysselt en Majuba van de Stichting het Geldersch Landschap, drie in de boswachterij Noord Ginkel van de gemeente Ede en twee in de boswachterij het Speulder- en Sprielderbos van Staatsbosbeheer.

In 2008 zijn vier bosreservaten gecontroleerd op omgewaaide bomen, waarbij zes plots aangewezen zijn. In de reservaten Tongerense Hei (Geldersch Landschap) en Het Leesten (Staatsbosbeheer) zijn ieder twee plots gemeten en in De Stille Eenzaamheid (Natuurmonumenten) en Nieuw Milligen (Staatsbosbeheer) ieder één plot.

Geschikte beheerde opstanden waren in 2008 moeilijk te vinden. Niet alleen omdat meer stormhout was geoogst dan de beheerder in 2007 had verwacht (o.a. door goede houtprijzen), maar ook omdat de - voor dit onderzoek - gewenste spreiding over soorten en diameters moeilijk te realiseren was. Vaak dacht een beheerder wel een geschikte plot te hebben maar in het veld viel dat tegen.

Opvallend was dat in een beheereenheid in het multifunctionele deel van het bos volgens de beheerder in 2007 vrijwel al het stormhout zou blijven liggen, terwijl bij een volgende dunningsronde het wel de bedoeling was dat er weer geblest en geoogst zou worden. Het hout dat geveld was door de storm, zou blijven liggen voor de natuur. Doordat de wortelkluif van omgewaaide bomen vaak nog deels contact heeft met de grond, gaat het afstervingsproces langzamer en zou de natuur langer kunnen profiteren van het dode hout. Meestal noemde de beheerder deze reden echter niet. Het aanwezig zijn van boomstammen zal waarschijnlijk problemen geven bij een volgende oost, zeker als de stammen kris kras door elkaar liggen. Omdat dit hout zou blijven liggen, zijn deze plots niet in 2007 gemeten, maar waren gepland voor 2008. In de tweede helft van 2008 bleek dat de harvester er toch was 'geweest'. Dit is mede veroorzaakt door de plotselinge hoge houtprijzen. Na veel zoeken kon er in deze beheereenheid nog maar één geschikte plot worden gevonden.

Uiteindelijk zijn in 2008 nog vier opstanden met geschikte plots gevonden en gemeten. Van deze opstanden ligt er één in het bos van de gemeente Ermelo, één bij Staatsbosbeheer Nunspeet, één in het Nationaal Park De Hoge Veluwe en één in het bos van het Kroondomein.

De gegevens zoals leeftijd, wanneer toekomstbomen zijn aangewezen, hoe vaak er gedund is en wanneer de laatste dunning heeft plaatsgevonden, zijn ongeveer bekend bij de betreffende opzichter / beheerder. Als er een opstandlegger is, dan is die vaak niet verder bijgehouden dan tot 1995. Daarna ontbreken de gegevens. Sommige organisaties houden de gegevens wel bij. Maar de meeste gegevens komen uit de hoofden van de beheerders. Door personeelwisselingen is het soms lastig de juiste gegevens te achterhalen. Tabel 1 en 2 geven een overzicht van de kenmerken van de plots met respectievelijk grove den en douglas.

In alle plots zijn de posities van de bomen ingemeten ten opzichte van het middelpunt. Daarnaast zijn van alle bomen onder andere soort, hoogte, stamdiameter op borsthoogte, kroondiepte en vier kroonstralen (indien

mogelijk) gemeten, en werd genoteerd of en hoe (omgevallen, scheef of afgebroken) ze door de storm beschadigd waren. Het meetprotocol is te vinden in bijlage 2a, en het meetformulier in bijlage 2b. Omdat Tbomen niet altijd voorzien waren van een duidelijke stip en / of alleen waren opgesnoeid, zijn de Tbomen ten behoeve van de meting opnieuw gemarkeerd met verf (of bij sneeuw met een lint). In totaal zijn 1620 bomen in 18 plots gemeten. De eerste plot was een test in een lariksofstand en is verder niet meegenomen. In de overige 17 plots zijn 1563 bomen gemeten.



Foto 2.

In geval van sneeuw zijn alle bomen extra gecontroleerd op stippen en de Tbomen zijn vervolgens gemarkeerd met een lint.

Tabel 1.*Overzicht van de gemeten plots met hoofdboomsoort grove den*

Plot nummer	3	4	5	8	11	12	13	14	16	17
locatie	N-Ginkel	N-Ginkel	N-Ginkel	Majuba	Tong. Hei	Tong. Hei	Stil. Eenz.	N. Milling	Nunspeet	H. Veluwe
vak / afdeling	103a	19k	19k	6e	j5	p4	q18	c11	37f	64c
jaar van aanleg	1953	1971	1971	1974	1910- 1940	1910- 1940	1912	1948	1926	1972
aanwijzen toekomstbomen	<2001	2005	-	2000	Bosres.	Bosres.	Bosres.	Bosres.	lang zonder beheer-	2004
laatste dunning	2005	2005/06	niet	2004	-	-	-	-	-	2005
straal plot	30	20	20	20	20	20	25	20	20	15
stamtal / ha	163	923	1130	1416	485	541	443	748	175	679
totaal aantal bomen	46	116	142	178	61	68	87	94	22	48
totaal aantal toekomstbomen	26	10	-	7	-	-	-	-	-	13
gemiddelde Dbh	30.8	15.1	16.2	14.8	25.4	26.2	25.2	21.2	29.9	15.9
gemiddelde hoogte	19.3	15.1	14.8	14.4	15.5	16.4	18.4	14.4	16.6	14.5
gemiddelde h/d-verhouding	64	104	98	102	65	66	74	70	56	96

Tabel 2.*Overzicht van de gemeten plots met hoofdboomsoort douglas*

Plot nummer	2	6	7	9	10	15	18
locatie	de Sysse	Speuld	Speuld	Leesten	Leesten	Ermelo	Kroondomein
vak / afdeling	1A02	26L	123e2	B-C6	J15-14	10g	137m
jaar van aanleg	1962	1965	1981	1946	1946	1966	1970
aanwijzen toekomstbomen	2005	1985	2005	Bosres.	Bosres.	<2004	2000
laatste dunning	2005/06	2005	Uitrijpad 06/07	-	-	2004/05	2000
straal plot	40	25	20	15	20	20	25
stamtal / ha	267	438	1225	509	462	414	922
totaal aantal bomen	134	86	154	36	58	52	181
totaal aantal toekomstbomen	17	11	12	-	-	4	5
gemiddelde Dbh	34.4	32.8	17.9	35.8	38.3	29.3	24.2
gemiddelde hoogte	25.4	29.7	18.9	30.6	31.9	25.1	23.5
gemiddelde h/d-verhouding	76	93	111	89	86	89	103

4.3 Verwerking van de gegevens

Na de meting zijn alle gegevens ingevoerd in Excel, precies zoals genoteerd op het opnameformulier. Deze set gegevens is vervolgens gecontroleerd op volledigheid en vreemde invoer, en geharmoniseerd. Vreemde invoer waren bijvoorbeeld uitschieters in boomhoogte ten opzichte van de rest, afstanden tot de stamvoet groter dan de straal van de plot, hoeken groter dan 360°, enzovoorts. Ontbrekende gegevens zijn achteraf alsnog verzameld.

Spilhoutlengtes en kroonlengtes van liggende bomen zijn berekend door de afstand tussen stamvoet en top dan wel kroonaanzet en top te berekenen (allen aangegeven door een hoek en afstand t.o.v. het middelpunt). Bij hangende bomen is dit ook gedaan, maar dan gecorrigeerd voor de gemeten hoogte van deze punten boven de grond. Voor elke boom is de verhouding tussen hoogte en diameter bepaald (h/d-verhouding) door de spilhoutlengte (in cm) te delen door de diameter borsthoogte (in cm). Bij hangende en liggende bomen is de

valrichting bepaald door de hoek tussen stamvoet en top te berekenen. Van liggende bomen zijn de gemeten kroonstralen (links, boven en rechts, kijkend vanaf de stamvoet) omgerekend naar kroonstralen in noordelijke, oostelijke, zuidelijke en westelijke richting. Dit is gedaan door de boom als het ware weer rechtop te zetten (met behulp van de valrichting). Uitgangspunt hierbij was dat de omgewaaide bomen niet zijn gedraaid tijdens het vallen. Bij de 'teruggezette' boom zijn de gemeten stralen en hun hoek ten opzichte van de gewenste kroonstralen bekend. De gewenste kroonstralen zijn berekend door het gemiddelde te nemen van de twee dichtstbijzijnde gemeten stralen, gewogen naar de hoek die ze maken ten opzichte van de gewenste straal. Bij liggende bomen ontbreekt meestal de vierde gemeten kroonstraal (naar onderen), deze is dan geschat als het gemiddelde van de drie wel gemeten stralen.

De verticale kroonprojectie van iedere boom is berekend als het oppervlak van een cirkel met een straal gelijk aan het gemiddelde van de vier kroonstralen. De krooninhoud is benaderd door de kroonprojectie te vermenigvuldigen met de kroonlengte. Dit is een overschatting van het kroonvolume, maar is bruikbaar voor onderlinge vergelijking

Van iedere boom is het stamtal in zijn directe omgeving bepaald, in een cirkel met een straal van twee maal de gemiddelde kroonstraal in het betreffende plot. Ook is het stamtal in acht windrichtingen bepaald, waarbij uitgegaan is van een halve cirkel met dezelfde straal. Daarnaast is van iedere boom bepaald in hoeverre de kroon overlapte met naburige kronen vóór de storm. Hiervoor is de kroonprojectie per boom vereenvoudigd tot een cirkel (met een straal gelijk aan het gemiddelde van alle vier gemeten kroonstralen). De kroonoverlap wordt steeds gemeten tussen twee bomen, waarbij eventuele overlap van drie kronen dus dubbel geteld wordt. De totale kroonoverlap van een boom zou dus hoger kunnen zijn dan één.

Recent onderzoek heeft uitgewezen dat er een goede correlatie bestaat tussen de gemeten windbelasting van een boom en zijn competitie index (Wellpott, 2008). De competitie index is een relatieve maat en geeft weer in hoeverre een boom concurrentie ondervindt van zijn buren. Hoe hoger de index, hoe meer concurrentie een boom ondervindt. Deze index wordt berekend volgens de formule:

$$CI_j = \sum_{i=1}^n 0.5 - \frac{d_{ij} - (cr_j + cr_i)}{cr_j + cr_i} + 0.65 * \frac{h_i - h_j}{d_{ij}}$$

Met n het aantal buurbomen, d_{ij} de afstand tussen boom j en zijn concurrent i, cr de kroonstraal en h de hoogte. De competitie index neemt toe naarmate de kronen elkaar dichter naderen of meer overlappen, als de concurrent hoger is en als deze dichterbij staat. Alle bomen in een straal van tweemaal de gemiddelde kroonstraal van de betreffende plot zijn beschouwd als concurrent. Tevens is deze index afzonderlijk bepaald voor acht windrichtingen, waarbij alle bomen in een halve cirkel in die richting meegenomen zijn. De competitie index en het stamtal in de omgeving kunnen alleen worden berekend voor de bomen waarvan zeker is dat alle buurbomen binnen het plot vallen. Voor alle bomen die dichterbij de rand van het plot staan dan twee maal de gemiddelde kroonstraal van het plot, zijn stamtal en competitie index niet berekend. Van de 1563 gemeten bomen hebben uiteindelijk 1110 bomen een complete dataset.

Op plotniveau zijn voor alle gemeten en berekende variabelen afzonderlijk de gemiddelden bepaald voor de beschadigde en onbeschadigde bomen, en vergeleken door middel van een Student t-test. Verder is ook met behulp van een Student t-test getoetst of het percentage beschadigde toekomstbomen afweek van het percentage beschadigde bomen op het gehele plot.

De data uit alle plots zijn vervolgens samengevoegd om een analyse te maken van patronen per boomsoort. Omdat in het ene plot de bomen nu eenmaal hoger zijn, een grotere inhoud hebben e.d. dan in het andere plot, zijn de meeste variabelen omgerekend in een relatieve waarde ten opzichte van het gemiddelde van de plot. Bijvoorbeeld: de relatieve hoogte van een boom is de hoogte van die boom ten opzichte van de gemiddelde hoogte van de plot.

De verschillen die mogelijk worden veroorzaakt omdat de bodem, de windsnelheid / kracht, de naast liggende opstand e.d. niet overal hetzelfde zijn, kunnen niet worden uitgesloten.

Bomen in een plot zijn niet onafhankelijk van elkaar. Daarom zijn per plot een aantal bomen geselecteerd door middel van de volgende procedure: Van de bomen waarvoor alle data bekend is, wordt eerst willekeurig een beschadigde boom uitgekozen. Alle buurbomen worden vervolgens uitgesloten van de verdere procedure. Uit de overgebleven dataset wordt daarna een onbeschadigde boom uitgekozen, waarvan ook alle buurbomen verder worden uitgesloten. De procedure eindigt op het moment dat geen bomen meer voldoen aan de criteria. Het resultaat is een dataset met bomen die onderling niet afhankelijk zijn, en gelijke aantallen beschadigde en onbeschadigde bomen (50% / 50%). Deze dataset is geanalyseerd met behulp van logistische regressie. Deze techniek is geschikt als de afhankelijke variabele dichotoom van aard is, in dit onderzoek zijn dit de omgevallen bomen en niet omgevallen bomen.

De bepaling van het stamtal, kroonoverlap en competitie index en het selecteren van onafhankelijke bomen is gedaan met een speciaal geschreven routine in de programmeertaal NSM. Statistische verwerking is verder gebeurd met het programma SPSS. Verder zijn alle plots gevisualiseerd met het programma SVS (Stand Visualization Software, McGaughey, 1999), voor en na de storm (zie bijlage 1a en 1b).

5 Resultaten

5.1 Onderzoek beheerders

Deelnemers Pro Silva-voorjaarsexcursie 2007

Uit de resultaten van de enquête tijdens de Pro Silva-excursie 2007 bleek onder meer dat de mensen die bij het blessen een stabiel bos nastreven, toekomstbomen aanwijzen die vitaal zijn, een diepe kroon hebben en een betere stamkwaliteit hebben. Ook waren zij duidelijk meer van mening dat menging en variatie in het kronendak het bos stabiel maken. De discussieleiders hadden de excursie voorbereid en hadden vooraf al veel gediscussieerd in het door storm getroffen bos. Zij kozen veel minder voor het gebruik van de toekomstbomen-methode. Ook meenden ze dat juist bomen met ondiepe kronen minder snel omwaaien. De discussieleiders vonden het vooral belangrijk om ruimte te geven aan bomen die het bos stabiel maken en vitaler zijn dan de rest van de opstand.

Deelnemende beheerders aan dit onderzoek

Bij de start van het onderzoek was het de bedoeling om o.a. de blessters van de gemeten plots te interviewen. Maar vaak waren de blessters niet meer te achterhalen door veelvuldige personeelwisselingen of doordat bleswerk uitbesteed was. Ook zat er veel tijd tussen het meten van de plots en de interviews. In 2007 konden pas na half augustus beheerders worden benaderd voor het selecteren en meten van nieuwe plots en vervolgens voor het uitvoeren van de interviews. Omdat er in 2008 toch nog stormhout uit de al geselecteerde opstanden werd gehaald, en die dus niet meer geschikt waren, is veel tijd besteed aan het vinden van nieuwe geschikte plots en beheerders. Tussen het eerste gemeten plot (2007) en het laatste interview zit ongeveer anderhalf jaar. Omdat het stormhout vaak al was geruimd ten tijde van het interview, konden de keuzes in deze specifieke locaties niet goed meer besproken worden. Het beeld was dus vaak niet meer goed terug te halen. De resultaten van de gesloten vragenlijst staan vermeld in tabel 3.

Tabel 3.

Gesloten vragenlijst met resultaten.

	Graag uw mening / ervaring over de 20 uitspraken betreffende stabiliteit	Gemiddelde score	Helemaal oneens (score: 1) Oneens (score: 2)	Neutraal (score: 3)	Eens (score: 4) Helemaal eens (score: 5)	Weet niet / nog niet over nagedacht / in theorie wel maar nooit gezien in praktijk (geen score)
1	De eerste twee jaar na een dunning is een opstand altijd minder stabiel.	4.3		1	16	
2	Een boom met een diepe kroon is altijd stabielere dan een even lange boom met ondiepe kroon.	3.0	9	1	6	1
3	Voor de stabiliteit kies ik bij de Tboom liever een boom aan de luitzijde (N, NO) dan aan kant waar de wind vermoedelijk vandaan kan komen (Z, ZO).	3.1	6	1	8	2
4	Een menging van naald- én loofboomsoorten is altijd stabielere dan een menging van alleen naaldbomen.	3.2	6	0	9	2
5	Oude dikke grove dennen opstanden zijn onstabielere dan opstanden met oude dikke douglasse.	2.7	9	3	4	1
6	Als een opstand nooit wordt gedund, vermindert de kans op stormschade.	2.5	10	2	4	1
7	Ter voorkoming van stormschade wordt de bosrand aan de luitkant wat dichter gehouden.	3.6	3	2	11	1
	Grove den:					
8	Binnen één opstand waaien dennen met een lagere Dbh eerder om dan dennen met een hogere Dbh.	2.7	8	3	4	2
9	Als tien jaar lang dezelfde grove dennen worden vrijgezet (Tbomen), dan worden deze bomen altijd stabielere.	4.1	0	3	13	1
10	Een grove dennenopstand in het einde van de stakenfase (30 jaar) heeft vaker kans op stormschade dan in de boomfase.	3.1	6	2	7	2
11	De onderetage met loofbomen heeft <u>geen</u> invloed op de stabiliteit van de hoofdboomsoort grove den.	2.1	11	2	1	3
12	Een grote Dbh-spreiding geeft een stabielere opstand.	3.8	2	2	13	0
13	Verschillende hoogtes en omvangen van de kronen verminderen de kans op stormschade.	3.5	4	2	9	4
14	In de boomfase is menging in het kronendak van meerdere naaldboomsoorten altijd stabielere dan alleen grove den.	3.6	1	5	9	2
	Douglas:					
15	Binnen één opstand waaien douglasse met een lagere Dbh eerder om dan douglasse met een hogere Dbh.	2.6	8	2	4	3
16	Als tien jaar lang dezelfde douglasse worden vrijgezet (Tbomen), dan worden deze bomen altijd stabielere.	4.1	1	1	13	2
17	Een grote Dbh-spreiding geeft een stabielere opstand.	4.0	1	1	13	1
18	Een douglas van 30 à 40 jaar is stormgevoeliger dan een oudere douglas.	3.1	5	3	6	3
19	Verschillende hoogtes en omvangen van de kronen vermindert bij douglas de kans op stormschade.	3.9	2	0	11	2
20	In de boomfase is menging in het kronendak van meerdere naaldboomsoorten altijd stabielere dan alleen douglas.	3.9	2	1	13	1

Ook is geprobeerd om met behulp van gemaakte tekeningen van een situatie vragen te stellen. Dit bleek niet goed genoeg te werken tijdens het testen bij de proefinterviews. De tekeningen lieten een te simpel beeld zien van de werkelijkheid.

De interviews

Over de vraag hoe stabiliteit veroorzaakt wordt en / of te beïnvloeden is liepen de meningen van de geïnterviewden behoorlijk uiteen. Sommige geïnterviewden haalden hun ideeën vooral uit de vroegere opleiding, anderen probeerden bij de vragen een opstand voor de geest te halen of er werden tijdens het bosbezoek enkele voorbeelden bezocht en bediscussieerd.

Verschillen tussen geïnterviewden waren er ook omdat men verschillende soorten opstanden in beheer heeft. Niet elke beheerder heeft opstanden met een duidelijke onderetage, volwassen gemengde opstanden, etc. In een ander geval werd de aanwezigheid van een grintlaag of niet-doorwortelbare laag als oorzaak voor veel stormschade genoemd, waardoor andere mogelijke oorzaken als ondergeschikt werden gezien en dus niet werden genoemd.

De meningen / ervaringen

Wanneer is / wordt een opstand stabiel?

In de paar geschreven blesinstructies staat vaak dat een lage h/d-verhouding belangrijk is voor de stabiliteit. Tijdens de interviews wordt dit begrip genoemd. Maar bij het doorvragen in het bos blijkt men het in de praktijk niet te gebruiken. Het lijkt meer een gewenst antwoord te zijn: *"Tsja, die h/d-verhouding. Het is me wel zo geleerd maar ik gebruik het niet tijdens het selecteren van de Tbomen of het blesen."* Een blesser schrijft: *"Ik denk dat bomen met een diepe kroon meer wind vangen en dat zijn vaak bomen met een lage h/d-verhouding. Maar tegelijkertijd denk ik ook dat een lage h/d-verhouding gunstig is."*

"Ja, ook ik leerde het belang van de h/d-verhouding. Maar onze blessters zijn MBO-ers, aan al die theorie hebben ze weinig."

Wel kiest men voor de stabiliteit liever dikke bomen en die bij voorkeur ook hoog zijn.

Eén geïnterviewde zegt: *"Veel aspecten om de stabiliteit te verhogen zijn theoretische verhalen. Ik loop al lang mee maar zie de theorie niet terug in het bos. De voornaamste redenen dat de ene boom omwaait en de ander niet zijn: 1) dikke pech door de windbeweging en 2) wortels / bodem."*

Een ander zegt: *"Nou.... Bij ons is van alles omgewaaid. Naalddhout en loofhout. Zelfs hele oude grove dennen en ook oude eiken en lindes die altijd al vrij stonden. Meestal in banen. Je kunt er geen peil op trekken. Maar voor mij is het wel duidelijk dat de sterkte van de storm van 2007 met name bepaald is doordat de kronen nog erg nat waren en daardoor was er veel schade."*

Eerste dunning

Vooraf het tijdstip en de sterkte van eerste dunning wordt vaak genoemd als risicofactor.

"Vooraf in de eerste dunning moet je voorzichtig zijn. Niet teveel blesen. Zeker ook gezien eventuele sneeuwdruk."

"Bij eik moet je eerder beginnen met dunnen want anders wordt de boom te slap. Bij de andere boomsoorten hoeft dat niet."

"Nu we met de harvester oogsten, wordt er in eerste dunning vaak alleen een uitrijpad gemaakt en verder niet gedund. Ik kan nog niet goed inschatten in hoeverre deze paden de opstanden minder stabiel maken."

"Vooraf in jonge bosjes is het best lastig om te bepalen wanneer je en in welke mate je gaat dunnen."

Net na een dunning

De meeste geïnterviewden zijn van mening dat een opstand de eerste twee jaar na een dunning onstabiel wordt (zie ook tabel 3, vraag 1).

“Je hoopt dat er dan geen storm komt.” Twee blessters denken dat het niet uitmaakt in opstanden waar de vrijgestelde bomen toch al gewend zijn aan wind en / of op goed doorwortelde grond staan. Een ander is genuanceerder: *“Dat is verschillend per boomsoort. Beuk en eik hebben er geen last van. Fijnspar en douglas wel last omdat zij vlakwortelaars zijn.”*

Men maakt zich vaker meer zorgen om jong dan oud bos. Dit komt omdat in jong bos (30 – 40 jaar) de - naar het idee van de geïnterviewde - stabiele boom niet altijd de gewenste boom is met betrekking tot bijvoorbeeld criteria voor houtproductie. In oudere bossen is vaker de stabiele boom ook de gewenste boom en zal tijdens een storm minder vaak de gewenste boom omwaaien.

Tbomen

Tijdens de interviews wordt bij het aanwijzen van toekomstbomen vaak het argument stabiliteit genoemd (maar niet de h/d-verhouding).

Maar soms was er een heel andere reden om bomen met verf te merken: voor het verkrijgen van OBN-subsidie. *“Er staan stippen op de bomen. Wij letten daar in een volgende dunningsronde niet op want ze zitten er alleen op omdat we zonder blauwe verf in het bos geen subsidie zouden krijgen.”* De Tbomen waren dus niet uitgezocht met het idee van stabiliteit.

Meestal is men begonnen met het aanwijzen van toekomstbomen na een toekomstbomen- / bles cursus. Eén beheerder kon nog 'zijn' eerste douglas Toekomst bomenopstand laten zien van ongeveer 25 jaar geleden. Met grote moeite was de gele verf nog te zien. Meestal is na 10 jaar de markering moeilijk meer te zien.

Diameter spreiding

Door spreiding in de diameter wordt een grotere stabiliteit verwacht. (zie ook tabel 3, vraag 12 en 17). Eén blesster weet het zeker: *“Een grotere diameterspreiding is stabiel.”*

Eén andere geïnterviewde zegt echter: *“Ik denk wel dat het klopt maar met een echte Tbomen dunning heb je uiteindelijk (in de eindfase, zo die er is) allemaal even dikke bomen en zou het dan weer minder stabiel worden?”*

Kroonomvang en boomhoogte

Over de vraag of een boom met een grote kroon nu juist meer risico loopt of juist niet, verschillen de meningen sterk. Zes geïnterviewden geven aan een boom met een diepe kroon stabiel te vinden dan met een ondiepe kroon en negen zijn het daar mee oneens (zie tabel 3 vraag 2) *“Mooie kroon betekent: een volle gezonde kroon. En ik verwacht dat er dan ook zo'n vol en gezond wortelstelsel onder zit.”*

“Een boom die al een tijdje vrij staat is stabiel geworden, want die is gewend aan wind.” Maar ook wordt gezegd: *“Een boom kan niet wennen aan een storm want die is er niet zo vaak.”*

Sommige geïnterviewden veranderen tijdens het gesprek van mening. *“Er is nu een te grote voorraad. We gaan dus meer blesen, nog meer vrijstellen van de Tbomen en die steken boven het kronendak uit. Dus meer risico?”*

De kroon moet wel evenwichtig verdeeld zijn: *“Als de kroon niet evenwichtig is dan kan die met een storm gaan torderen.”* *“Een boom met een niet-cilindrische kroon is onstabiel, net zoals het zeil buitenboord hangt.”* Geïnterviewden die de bodem als belangrijkste risicofactor zien noemen omvang of hoogte van de kroon niet.

Gevarieerd kronendak

Is een gevarieerd kronendak (in hoogte en omvang) in een monocultuur van oudere grove den of douglas stabiel of juist niet? De meeste geïnterviewden geven in de vragenlijst aan dat verschillen in hoogtes en omvangen van de kronen de kans op stormschade vermindert.

De één zegt dat de kronen van een grove dennenopstand in hoogte en omvang weinig variatie vertonen, waardoor de wind er weinig vat op heeft. Een ander zegt dat juist doordat de bomen gelijk zijn er een domino-effect kan ontstaan.

De verschillen in de meningen over douglas zijn groter. De één zegt dat hoge bomen veel wind vangen en er dus meer kans op schade is. De ander zegt dat de top van de douglas -die er bovenuitsteekt - erg flexibel is en de wind als het ware afleidt.

Menging

Tijdens de interviews zijn de meningen over stabiliteit van mengingen zeer uiteenlopend. Sommigen menen dat een menging van naald- en loofbomen een onstabiel bos geeft omdat in de winter de naaldbomen geen beschutting hebben van de loofbomen. Anderen menen dat door de verscheidenheid van boomsoorten en daarmee samenhangende verschillende reactie op een storm de windsnelheid in mengingen getemperd wordt. *“Juist omdat de kronen in een menging niet op één hoogte zitten en er dus meerdere lagen zijn, vergroot dit de stabiliteit.”*

Maar in de gesloten vragenlijst (tabel 3 vraag 4, 14 en 20) geven de meeste personen aan een menging van loof- en naaldbomen of een menging van naaldbomen stabiel te vinden.

Eik vindt men de meest stabiele boom: *“Die waait nooit om.”* Een ander zegt: *“Loofhout geeft stabiliteit. Waarom? Dat heb ik geleerd van Sevenster.”*

Maar niet iedereen denkt dat een menging met eik de stabiliteit verhoogt: *“Ik weet niet of een menging stabiel is. In mijn bos hebben we dit soort opstanden nog niet.”*

Onderetage

De meeste geïnterviewden praten niet - uit zichzelf - over de mogelijke invloed van een onderetage. Een geïnterviewde zegt: *“Ik ervaar dat in een volwassen grove dennenopstand met ondergroei van in elk geval eik, de opstand stabiel is. De eik haalt de windrichting en kracht er wat uit.”* Een andere geïnterviewde antwoordt: *“Dat weet ik niet, dat soort opstanden hebben we (nog) niet.”*

Bomen aan de windkant

Vrijwel iedereen zegt liever geen boom aan de windkant van de Tboom weg te halen.

Maar niet iedereen. Een geïnterviewde dacht dit aanvankelijk ook maar kwam er tijdens het gesprek op terug: *“Als je aan de windkant een boom laat staan is dat op dat moment wel een juiste keuze maar.... bij de volgende blesronde is die boom een nog grotere concurrent voor de Tboom, dan moet je de boom er alsnog uithalen en is het probleem dus eigenlijk vergroot.”* Een ander zegt: *“Tsja, de heersende wind komt uit het ZW. Maar... uit het NW komt de gevaarlijke storm! Dus of een boom hieraan kan wennen, vraag ik me af.”*

Ranbomen en -opstand

Veel geïnterviewden houden liever aan de windkant de opstand of de bomen wat dichter (tabel 3, vraag 7). Maar niet iedereen: *“Nee, de randen niet dichthouden! Want zo maak je een muur waar de wind tegenaan botst.”*

Wortels en bodem

Ongeveer de helft van de geïnterviewden zegt niets over wortels of bodem. Diegenen die het wel noemen zien dit als belangrijke risicofactor. *“De meeste schade verwacht ik bij de vlakwortelaars.”* *“Ik denk dat bomen met een penwortel afknappen en vlakwortelaars omwaaien.”*

“Grove dennen hebben een penwortel, maar die is er vaak op de kwekerij of tijdens het planten vanaf gehakt. Ik denk dat juist die bomen eerder omwaaien.”

“Ik denk maar dat weet ik niet zeker, dat vlak- en penwortelaars aanvullend zijn en dat een menging dus goed is voor de stabiliteit.”

“Douglas is stormgevoeliger dan grove den want de douglas heeft geen penwortel. Grove dennen op arme grond zijn hier helemaal niet omgewaaid. Ik denk dat dit komt omdat de wortels diep moeten zoeken naar voeding en dus de bomen goed vast staan.”

“Bij het planten is vaak de penwortel doorgeknijpt en dus kan de boom geen penwortel meer maken.”

"Bij ons is veel handmatig geplant, en dat zie je nu nog aan de sabelvoeten. Als je machinaal plant heb je daar minder last van."

"Wij planten nog. Maar we maken daarbij gebruik van paperpots, eenjarige boompjes waarbij de penwortels niet zijn doorgeknipt." En "Ik denk dat natuurlijke verjonging steviger is. Maar nu ga je me vast vragen: "waarom?" en blijf ik steken in "gevoelsmatig denk ik dat".

Eén interview vond net na het oogstwerk plaats. Veel paden zijn behoorlijk 'stuk' gereden en moeten nog geschaafd worden. De beheerder denkt hardop en zegt: *"Dit pad gaan we weer teruggeven aan de opstand. Er zijn wel grote machines over de paden gereden. Dus wil ik die paden gaan ploegen zodat nieuwe wortels er geen last van ondervinden, wellicht in de vorm van de verlaging van stabiliteit. Vaak wordt gedacht dat de harvester vooral schadelijk is maar het is vooral de uitrijdcombinatie met de hele vracht aan stammen. We maken hier dan ook heel bewust gebruik van dunningspaden, omdat ik de verdichting van de bodem niet overal wil hebben."*

Is het schadelijk voor een boom als die stevig tijdens een storm heen en weer wordt geschud? Eén geïnterviewde zegt: *"Ik denk dat het wel goed is als een boom heen en weer gaat in een storm, want dan knappen de haarwortels een beetje af en kan de boom nieuwe maken."* Een ander zegt: *"Nou, daar heb ik nog nooit van gehoord!"*

Bij bodems met een grintlaag, hoge grondwaterstand of op voormalige landbouwgrond, vindt men de bodem hét probleem en zijn mogelijke andere factoren minder belangrijk.

"Omdat harde wind vooral in de winter plaatsvindt, dunnen we liever in het voorjaar dan het najaar. Zo hebben de bomen nog een extra groeijaar om bij te komen. Vooral voor de wortels want door de dunning is er meer beweging bovengronds en dus ook ondergronds."

"Als je goed oplet, kun je vaak wel een oorzaak vinden in de bodem waarom de ene boom is omgewaaid en de andere niet. Maar naar de bodem wordt weinig gekeken!"

Vitaliteit

Bij het aanwijzen van de Tbomen komt vitaliteit wel ter sprake maar niet bij het bleszen.

"Als we met Tbomen werken kiezen we de vitale bomen. Bij grove den kies ik het liefst bomen met twee naaldjaargangen, bij voorkeur veel oranje op de stam. Gezonde bomen zijn volgens mij stabiel."

Lariks

In dit onderzoek is met name gekeken naar grove dennen- en douglasopstanden, omdat vooral in deze opstanden schade werd verwacht. Maar uit de gesprekken kwam naar voren dat ook de lariks veel schade heeft. Dat is verrassend omdat de lariks geen naalden in de winter heeft en daardoor minder schade verwacht werd. *"De meeste schade is in de lariks, veel dik hout is omgewaaid."*

Anders bleszen na storm van 2007

De meeste geïnterviewden zeggen: *"Nee, wij gaan niet anders dunnen. De schade valt mee."* Maar sommige geïnterviewden willen er nog eens over nadenken: *"In de boswachterij waar tot onze verrassing vaker dikkere bomen zijn omgewaaid, hadden we ook bewust zeer straf gedund. Misschien moeten we dit nog eens heroverwegen."* Een ander zegt: *"Hier zijn alle boomsoorten en leeftijden getroffen. Ik kan hier niets uit leren. Maar na een dunning hoop ik vooral dat het niet gelijk gaat stormen."*

Conclusies uit de interviews

Uit de interviews blijkt dat over mogelijkheden om door middel van bleszen de stabiliteit te verhogen, zeer verschillend gedacht wordt. Over de ideeën betreffende de lage h/d-verhouding (uit blesinstructie of andere lesstof), dikke diameters en menging van naald- en loofbomen, lopen de meningen sterk uiteen. Wel kan geconcludeerd worden dat iedereen het er over eens is dat een opstand minder stabiel is vlak na een dunning.

Als stabiliteit genoemd wordt in een blesinstructie, dan worden genoemd het streven naar een lage h/d-verhouding en het behouden van dikke bomen. In het bosinterview wordt de lage h/d-verhouding niet genoemd, wel zegt men regelmatig te kiezen voor dikke bomen.

Stormen komen maar weinig voor en verschillen daarnaast ook nog eens in richting, sterkte en duur. Verder zijn de omstandigheden in het bos variabel zowel in de ruimte als in de tijd. Hierdoor is het voor beheerders moeilijk lering te trekken uit de effecten van een storm op een complex ecosysteem als bos. Dit is waarschijnlijk ook een belangrijke oorzaak voor de grote verscheidenheid aan meningen tussen de geïnterviewde personen. Daarnaast kunnen de vaak geringe continuïteit en het niet goed vastleggen van de keuzes een probleem zijn. Als je niet weet welke keuzes bij het blesen gemaakt zijn, kun je ook niet beoordelen of schade te herleiden is op deze keuzes.

5.2 Analyse per plot

In bijlage 4 en 5 zijn uitgebreide tabellen opgenomen met analyses van alle bekeken variabelen voor respectievelijk grove den en douglas. Tabel 4 en 5 tonen een samenvatting van deze analyses. Daarbij is vooral aandacht besteed aan de verschillen (binnen ieder plot) tussen de onbeschadigde en beschadigde bomen. De onbeschadigde bomen zijn de bomen die geen (uiterlijke) kenmerken vertonen van stormschade (van de storm van 18 januari 2007). De beschadigde bomen kunnen zowel scheef gewaaid, geknapt of omgewaaid zijn door de storm.

Tabel 4.

Resultaten voor grove den (lichtgrijs is $p < 0.10$, donkergrijs is $p < 0.5$).

Plot nummer	3	4	5	8	11	12	13	14	16	17
locatie	N-Ginkel	N-Ginkel	N-Ginkel	Majuba Tong.	HeiTong.	HeiStil.	Eenz. N.	Milling	Nunspeet	H. Veluwe
totaal aantal beschadigde bomen	18 (39%)	29 (25%)	41 (29%)	36 (20%)	16 (27%)	16 (24%)	73 (16%)	77 (18%)	4 (18%)	22 (46%)
totaal aantal beschadigde Tbomen	8 (31%)	0 (0%)		1 (14%)	-	-	-	-	3 (60%)	7 (54%)
verschil beschadigde-onbeschadigde bomen										
dbh (cm)	-3.6	-1.2	-0.6	-0.4	-1.5	4.7	1.3	0.9	4.0	-0.5
hoogte, Spilhoutlengte (m)	0.0	-0.1	-0.4	0.1	0.1	1.1	0.9	0.0	2.0	-0.8
hoogte / dbh (cm / cm)	7.8	7.4	2.3	7.6	4.2	-6.2	-0.8	-4.1	-0.4	0.3
kroonlengte (m)	0.4	-0.1	-0.7	0.2	0.0	2.1	1.0	-0.4	-0.8	0.5
kroonoppervlak (m ²)	-5.9	1.0	-0.8	0.1	0.8	4.2	1.0	-1.0	0.5	-0.8
krooninhoud (m ³)	-24.7	6.9	-11.8	0.2	8.3	68.8	13.7	-13.1	-21.9	-1.2
kroonoverlap	0.0	0.3	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1
competitie	0.1	0.3	1.4	0.5	-0.2	-1.1	-0.5	0.7	-0.3	-0.1

Tabel 5.

Resultaten voor douglas (lichtgrijs is $p < 0.10$, donkergrijs is $p < 0.5$).

Plot nummer	2	6	7	9	10	15	18
locatie	de Sysselt	Speuld	Speuld	Leesten	Leesten	Ermelo	Kroondomein
totaal aantal beschadigde bomen	17 (13%)	20 (23%)	26 (17%)	14 (39%)	15 (26%)	5 (9%)	15(8%)
totaal aantal beschadigde toekomstbomen	2 (12%)	4 (36%)	3 (25%)	-	-	2 (50%)	3 (60%)
verschil beschadigde-onbeschadigde bomen							
dbh (cm)	-3.23	3.38	-3.20	-3.60	-0.87	1.36	1.56
hoogte, spilhoutlengte (m)	0.19	2.79	-2.10	-2.86	-1.68	1.65	-0.27
hoogte / dbh (cm / cm)	9.66	-1.46	7.73	0.75	-0.21	0.07	-3.73
kroonlengte (m)	-0.92	2.37	-1.00	0.40	-1.00	-0.07	0.42
kroonoppervlak	-0.54	5.84	-5.40	-3.24	3.41	-4.20	2.22
krooninhoud	-28.18	160.88	-65.59	-62.10	21.52	-39.66	24.57
kroonoverlap	-0.01	-0.23	-0.29	-0.09	-0.08	-0.07	-3.07
competitie	-0.80	-1.70	-2.98	0.19	0.87	-1.83	1.82

Toekomstbomen

Het percentage beschadigde bomen per plot varieert van 8 tot 39% bij de douglas en van 16 tot 46% bij de grove den. Het percentage toekomstbomen dat is omgewaaid, verschilt in de meeste gevallen niet significant van het percentage beschadigde bomen van de hele plot. Alleen in plot 4 was geen enkele van de 10 toekomstbomen getroffen, maar het verschil was minder significant ($p=0.056$). Plot 15 en 18 hadden significant ($p < 0.05$) meer schade aan de toekomstbomen dan aan de opstand als geheel. Als we alle plots waar toekomstbomen aangewezen zijn samen nemen (plot nummers 2 t/m 4, 6 t/m 8, 15, 17 en 18) zien we wel een duidelijk verschil. Over het geheel zijn gemiddeld 19.3% van de bomen beschadigd, terwijl 28.3% van de toekomstbomen beschadigd zijn. Dit verschil is geheel te wijten aan de douglas, waar 27.1% van de toekomstbomen is beschadigd, tegenover 13.7% van het totale aantal douglassen. Bij de grove den is geen duidelijk verschil te zien tussen toekomstbomen (29.1% beschadigd) en het geheel (28.3% beschadigd).



Foto 3.

Soms waren de stippen op de Tbomen moeilijk zichtbaar.

Kenmerken beschadigde bomen

Er zitten grote verschillen in de patronen tussen de plots. Bij de **grove den** zijn in de plots 3, 4, 5 en 8 meer de niet-dominante bomen beschadigd. Bij drie van deze vier plots was de h/d-verhouding van beschadigde bomen hoger, in drie gevallen was de kroonoverlap met andere bomen hoger, in één geval was de dbh lager en de kroonprojectie kleiner, en in één geval was er sprake van grotere concurrentie, gecombineerd met een kortere kroon.

In plot 12 zijn juist duidelijk de dominante bomen vaker beschadigd. Beschadigde bomen zijn hoger en dikker, hebben een diepere kroon met meer krooninhoud en minder concurrentie van buurbomen. Ook in plot 16 lijken vooral de dominante bomen omgewaaid te zijn, de beschadigde bomen zijn hoger en dikker. In plot 11, 13, 14 en 17 waren geen significante verschillen te vinden tussen beschadigde en onbeschadigde bomen.

Bij de **douglas** zijn in plot 2 en 7 meer de niet-dominante bomen beschadigd. In beide plots zijn beschadigde bomen dunner en hebben ze een hogere h/d-verhouding. Daarnaast zijn beschadigde bomen in plot 7 lager en hebben ze een kleinere kroon (kortere kroon, kleinere kroonprojectie en kleinere inhoud). Opvallend is wel dat beschadigde bomen in beide plots minder concurrentie hebben van buurbomen. Dit zou een gevolg kunnen zijn van recente beheersingrepen (dunning c.q. maken van uitrijpad). Alleen in plot 6 zijn juist de dominante bomen getroffen. Beschadigde bomen zijn dikker en hoger, hebben een diepere kroon en meer krooninhoud. Daarnaast hebben ook deze bomen minder concurrentie van buurbomen.

In plot 9 waren de getroffen bomen significant minder hoog. Hoewel getroffen bomen dunner lijken te zijn en minder krooninhoud lijken te hebben, waren deze verschillen niet significant. In plot 10, 15 en 18 was niet duidelijk te zien of dominante of juist niet-dominante bomen waren beschadigd.



Foto 4.

Scheefgewaaide gebleste boom.

Bij de **grove den** lijkt een verband te bestaan met zowel de leeftijd als de tijd sinds dunning (tabel 6). Bij drie van de vier plots die uit begin 1970 dateren zijn duidelijk de niet-dominante bomen omgewaaid, bij één is geen duidelijk patroon zichtbaar. Tegelijk zijn recentelijk ook drie van deze plots gedund. Twee andere plots dateren van rond 1950. De één is recentelijk gedund, met duidelijk meer niet-dominante bomen beschadigd. De andere is een bosreservaat zonder duidelijk schadepatroon. Vier plots zijn duidelijk ouder, waarbij bij geen van allen recentelijk beheeringrepen zijn uitgevoerd. Bij twee van deze plots waren duidelijk de dominante bomen getroffen, bij de andere twee plots was geen patroon zichtbaar. Omdat de meeste plots in de verschillende leeftijdscategorieën een vergelijkbare beheergeschiedenis hebben, is niet goed te zeggen wat het leeftijdseffect zou kunnen zijn en wat het beheereffect. Verder is ook het aantal plots te laag om statistische uitspraken te doen.

Tabel 6.

Overzicht van de geschiedenis van de grove-dennenplots, ingedeeld op basis van jaar van aanleg en laatste dunning.

Plot	Dominante bomen omgewaaid	Jaar van aanleg	T-bomen aangewezen	Laatste dunning	Gemiddelde diameter op borsthoogte	Gemiddelde spilhoutlengte	Gemiddelde h/d verhouding
13	?	1912	Bosres.	-	25.2	18.4	74
11	?	1910-1940	Bosres.	-	25.4	15.5	65
12	wel	1910-1940	Bosres.	-	26.2	16.4	66
16	wel	1926	lang zonder beheer	-	29.9	16.6	56
14	?	1948	Bosres.	-	21.2	14.4	70
3	niet	1953	<2001	2005	30.8	19.3	64
5	niet	1971	-	-	16.2	14.8	98
4	niet	1971	2005	2005/06	15.1	15.1	104
17	?	1972	2004	2005	15.9	14.5	96
8	niet	1974	2000	2004	14.8	14.4	102

Een soortgelijke rangschikking bij **douglas** levert geen eenduidig beeld op (tabel 7). Alleen de oudere plots zijn lange tijd onbeheerd. De jongere plots dateren allemaal uit de periode 1962-1982 en zijn allemaal recent gedund. Bij twee plots zijn vaker de niet-dominante bomen getroffen, bij één plot de dominante bomen en bij twee plots is geen patroon zichtbaar. De twee oudere plots zijn beiden reservaten, met geen eenduidig schadepatroon. Ook bij de douglas is het totale aantal plots te beperkt om statistische uitspraken te doen.

Tabel 7.

Overzicht van de geschiedenis van de douglasplots.

Plot	Dominante bomen omgewaaid	Jaar van aanleg	T-bomen aangewezen	Laatste dunning	Gemiddelde diameter op borsthoogte	Gemiddelde spilhoutlengte	Gemiddelde h/d verhouding
9	?	1946	Bosres.	-	35.8	30.6	89
10	?	1946	Bosres.	-	38.3	31.9	86
2	niet	1962	2005	2005/06	34.4	25.4	76
6	wel	1965	1985	2005	32.8	29.7	93
15	?	1966	<2000	2004/05	29.3	25.1	89
18	?	1970	1999	2001	24.2	23.5	103
7	niet	1982	2005	Uitrijpad 06/07	17.9	18.9	111

5.3 Resultaten per boomsoort

In totaal zijn 862 bomen gemeten in plots gedomineerd door grove den, waarvan 183 ontworteld waren (21.2%) en 34 gebroken (3.9%). Van de 701 bomen in plots gedomineerd door douglas waren er 103 ontworteld (14.7%) en 8 gebroken (1.1%).

Door het selecteren van onafhankelijke bomen per plot wordt de dataset aanzienlijk gereduceerd: van 862 naar 220 grove dennen en van 701 naar 94 douglassen (zie voor uitleg hoofdstuk 4.3).

Uit de logistische regressie komen bij de grove den drie variabelen als significant naar voren, namelijk de relatieve kroonstraal Oost ($p=0.01$), de kroonoverlap ($p=0.02$), en het stamtal in oostelijke richting ($p=0.07$), (tabel 8). Dit zou betekenen dat de kans op stormschade bij een grove-dennenboom groter wordt als:

- de straal van de kroon in oostelijke richting relatief groter is
- de kroon meer overlap vertoont met buurbomen
- de boom relatief minder buurbomen in oostelijke richting heeft, dan de andere bomen.

De verklaarde variantie van het gehele model (pseudo R^2) is met 0.08 bijzonder laag.

Tabel 8.

Geschatte parameters van logistische regressie-model voor de logit voor stormschade bij grove dennenbomen.

	B-coëfficiënt	S.E.
Constante	0.28	0.50
Relatieve kroonstraal Oost	0.93*	0.36
Kroonoverlap	0.99*	0.43
Stamtal Oost	- 0.32**	0.18
Nagelkerke pseudo R^2	0.08	

** significant ($p < 0.05$), * significant ($0.05 < p < 0.10$)

Bij douglas is slechts één variabele significant ($p=0.03$), namelijk de kroonoverlap (tabel 9). In tegenstelling tot de grove den is de kans op stormschade bij een douglas kleiner als de kroonoverlap toeneemt. Ook bij deze boomsoort is de verklaarde variantie (pseudo R^2) met 0.07 erg laag.

Tabel 9.

Geschatte parameters van logistische regressie-model voor de logit voor stormschade bij douglasbomen.

	B-coëfficiënt	S.E.
Constante	0.69	0.37
Kroonoverlap	-0.99**	0.45
Nagelkerke pseudo R^2	0.07	

** significant ($p < 0.05$), * significant ($0.05 < p < 0.10$)

6 Discussie

De aanleiding voor dit onderzoek was dat het leek dat in sommige opstanden juist de dikkere bomen aan de storm ten prooi gevallen waren. Uit tabel 4 en 5 blijkt dat dit inderdaad het geval is voor een aantal opstanden, maar lang niet voor allemaal. Het is echter niet direct duidelijk waarom in sommige plots de dominante bomen omgewaaid zijn, in andere plots de niet-dominante bomen en in weer andere plots geen patronen te vinden zijn. De opstands- en beheergeschiedenis zou hierbij van invloed kunnen zijn. In de meeste bosreservaten zijn bijvoorbeeld geen duidelijke patronen te vinden (zie tabel 6 en 7). Een mogelijke verklaring hiervoor is dat in deze bossen lange tijd niet ingegrepen is. Elke boom heeft de tijd gehad zich aan te passen aan zijn groeiomstandigheden, zijn sociale positie en dus aan de windkracht waaraan hij normaal blootgesteld wordt. Welke bomen omwaaien zou in deze gevallen dus een willekeurig proces kunnen zijn. In twee van de zeven lange tijd onbeheerde plots zijn echter wel de dominante bomen omgewaaid.

In veel van de beheerde plots zijn recentelijk beheermaatregelen uitgevoerd. Ook in de literatuur wordt recent ingrijpen vaak genoemd als een factor die de kans op stormschade verhoogt. Het is waarschijnlijk dat de manier en mate van ingrijpen invloed heeft op het patroon van stormschade. Het maken van een dunningspad zal een andere invloed hebben op het schadepatroon dan het rondom vrijstellen van recent aangewezen toekomstbomen. Helaas is bij de meeste plots onvoldoende concrete informatie te achterhalen over het dunningspatroon en de zwaarte van de ingreep. Veel beheerders werkten ondertussen ergens anders, en in veel gevallen zijn ingrepen niet gedocumenteerd. Ook zijn ingrepen moeilijk af te leiden uit de huidige toestand van het bos.

Een concrete aanwijzing voor de keuzes van de blesser zijn echter de toekomstbomen. Over het algemeen zijn dit de bomen waar een blesser mee verder wil, en waarschijnlijk ook die bomen waarvan hij/zij denkt dat deze niet onstabiele bomen zijn. Doordat het aantal toekomstbomen per plot meestal vrij gering was, zijn verschillen op plotniveau moeilijk statistisch aan te tonen. Maar als we alle plots met toekomstbomen samen nemen zijn verschillen wel goed te zien. Bij de douglas waren bij twee plots de toekomstbomen duidelijk vaker getroffen dan gemiddeld, en ook over de gehele douglas dataset was dit het geval (zie paragraaf 5.2). Bij grove den was op één plot geen enkele toekomstboom omgewaaid, terwijl bij de andere plots en over het geheel geen verschil aan te tonen was. Dit zou een aanwijzing kunnen zijn dat de huidige blesregels bij douglas niet genoeg rekening houden met stabiliteit, of dat de huidige regels bij douglas niet goed toegepast worden.

Als we kunnen verklaren welke individuen omwaaien, kunnen we mogelijk aangeven of de huidige blesinstructies kloppen en hoe ze eventueel aangepast zouden moeten worden. Met behulp van logistische regressie zijn modellen opgesteld voor grove den en douglas afzonderlijk. De uitkomsten van deze modellen zijn niet erg bemoedigend, met een pseudo R^2 van respectievelijk 8 en 7% voor grove den en douglas (tabel 8 en 9). Kroonoverlap is in beide modellen als significante variabele opgenomen, maar met een tegengesteld teken. Het is onduidelijk of dit een fysieke verklaring heeft, of dat dit een statistisch artefact is. Een grotere kroonoverlap kan enerzijds duiden op meer bescherming en ondersteuning van buurbomen, maar kan tegelijk ook een niet-dominante positie beduiden. Omdat de uiteindelijke variabelen in de modellen niet makkelijk zijn te vertalen naar de praktijk, en omdat de modellen een zeer beperkte verklarende waarde hebben, lijkt het niet zinvol om met deze modellen verder te gaan.

Als in blesinstructies iets over stabiliteit vermeld staat, wordt meestal het selecteren van bomen met een lage h/d verhouding en het behouden van dikke bomen genoemd. Uit de analyse van de gegevens van de afzonderlijke plots en de data per boomsoort blijkt echter geen duidelijk (positief dan wel negatief) effect van

een lage h/d of het behoud van dikke bomen op de stabiliteit (zie paragraaf 5.3). Het is dus niet mogelijk om op basis van dit onderzoek bestaande regels af te wijzen of te onderbouwen. Ook uit de interviews blijkt dat er bij de beheerders zeer verschillend wordt gedacht over deze zaken (paragraaf 5.1). Daarnaast lijken de blesinstructies met betrekking tot stabiliteit in de praktijk lang niet altijd opgevolgd te worden. Zo bleek (achteraf) in één plot de bomen gestipt te zijn omdat de subsidieaanvraag dit eiste, maar ze waren niet geselecteerd als 'echte' toekomstboom.

Het optreden van stormschade in bos is een uitermate complex proces, waarbij allerlei factoren een rol spelen (zie hoofdstuk 3). Door middel van uitgebreide metingen hebben we geprobeerd zoveel mogelijk van deze factoren mee te nemen in het onderzoek, maar dit heeft niet geleid tot een model waarmee met enige mate van betrouwbaarheid voorspeld kan worden welke bomen beschadigd zijn en welke niet. Mogelijke verklaringen voor dit resultaat zijn: a) de metingen zijn niet nauwkeurig genoeg, b) niet alle relevante processen zijn meegenomen in dit onderzoek, en c) het onderliggende proces is te chaotisch en willekeurig om te verklaren.

- a. de metingen zijn niet nauwkeurig genoeg
 - Bij de meeste plots zat er geruime tijd tussen het optreden van de storm en de meting, meestal één groeiseizoen en bij enkele plots twee groeiseizoenen. De significante verschillen zijn echter meestal zo groot dat deze niet goed verklaard kunnen worden door één of twee extra groeiseizoenen. In de plots waar geen patroon gevonden kon worden, zou dit misschien wel een rol kunnen spelen. Daarentegen veranderen variabelen zoals kroonstraal, kroonlengte en competitie niet heel erg snel, en ook in deze variabelen werden geen significante verschillen gevonden.
 - Dezelfde gegevens worden bij staande en liggende bomen op verschillende wijze gemeten: aan liggende bomen wordt de lengte en kroonaanzet met een meetlint gemeten, bij staande met een hoogtemeter; de kroonstraal bij liggende bomen aan de lengte van de takken, bij staande aan de kroonprojectie op de grond. De nauwkeurigheid zal in beide gevallen verschillen en het is niet onwaarschijnlijk dat sommige methodes een systematische afwijking vertonen. Hoewel dit niet verder onderzocht is, zijn deze mogelijke verschillen wel belangrijk omdat juist de verschillen tussen de liggende en staande bomen wordt onderzocht. Bij verder onderzoek verdient het aanbeveling de meetmethodes en meetinstrumenten onderling te ijken.
 - In het meetprotocol was niet duidelijk vastgelegd of en hoe metingen afgerond moesten worden, waardoor de nauwkeurigheid tussen de plots verschilt.
- b. niet alle relevante processen zijn meegenomen in dit onderzoek, zoals
 - lokale variaties in bodemgesteldheid (ondoorswortelbare lagen)
 - voorkomen van wortel- en stamrot
 - exacte dunningsgeschiedenis
 - exacte weersomstandigheden ten tijde van het optreden van de schade
 - volgorde van omvallen van bomen en dus veranderingen in de opstand tijdens de storm
 - schade door vallende buurbomen
- c. het onderliggende proces is te chaotisch en willekeurig om te verklaren

Ondanks zorgvuldige voorbereiding van de metingen zijn achteraf toch bovenstaande foutenbronnen aan te wijzen. Hoewel niet goed vast is te stellen wat het effect van deze onnauwkeurigheden precies is, lijkt het niet heel erg waarschijnlijk dat de uitkomsten van het onderzoek hierdoor in grote mate beïnvloed zijn. Wel verdient het aanbeveling bij eventueel vervolgonderzoek hiermee rekening te houden.

Van de processen die niet (goed) meegenomen zijn in het onderzoek, lijkt vooral de dunningsgeschiedenis een belangrijke te zijn. Ondanks gesprekken met beheerders en blesers was vaak toch geen duidelijk concreet beeld te verkrijgen over de dunningen. Hoewel niet speciaal naar bodem en optreden van rot gekeken is, zijn er ook geen aanwijzingen gevonden dat deze een rol gespeeld hebben in de betreffende plots. De overige genoemde processen zijn niet of nauwelijks te onderzoeken in het veld en kunnen wellicht beter onder de chaotische processen gerangschikt worden.

7 Conclusies

De onderliggende vragen voor dit onderzoek waren: is de aanname dat dikkere bomen (met een lage h/d-verhouding) stabiel zijn wel juist? Worden wel de juiste bomen aangewezen als toekomstboom, als stabiliteit belangrijk is? En indien dit niet zo is, zijn er andere strategieën denkbaar om de stabiliteit te vergroten, vertaald in eenvoudig toepasbare vuistregels?

Uit zowel de veldmetingen als uit de interviews met beheerders blijkt dat stabiliteit en optreden van stormschade een uitermate lastig te verklaren begrip is. Bij de beheerders is er veel variatie in meningen en ook in blespraktijken. In het bos blijken de gevonden stormschadepatronen te verschillen tussen grove den en douglas. Het is daarom niet goed mogelijk de huidige blesinstructies en vuistregels af te wijzen of te onderbouwen. De enige duidelijke beheerevaluatie die mogelijk is, is om te kijken of de aangewezen toekomstbomen er na een storm nog staan of niet. Bij de onderzochte plots met grove den scoorden de toekomstbomen niet beter of slechter dan de rest van de bomen, maar bij de douglasplots waren duidelijk meer toekomstbomen beschadigd. Voor individuele beheerders is dit een vrij eenvoudige methode om hun beheer te evalueren, onderling te vergelijken, en eventueel aan te passen. In de praktijk lijkt realistisch omgegaan te worden met de kans op stormschade en de invloed van beheer: echt onstabiele bomen worden waarschijnlijk niet vrijgesteld en verder is het na een dunning vooral 'hopen dat er geen storm komt'.



Foto 5.

Plot 18, douglasopstand op het Kroondomein.

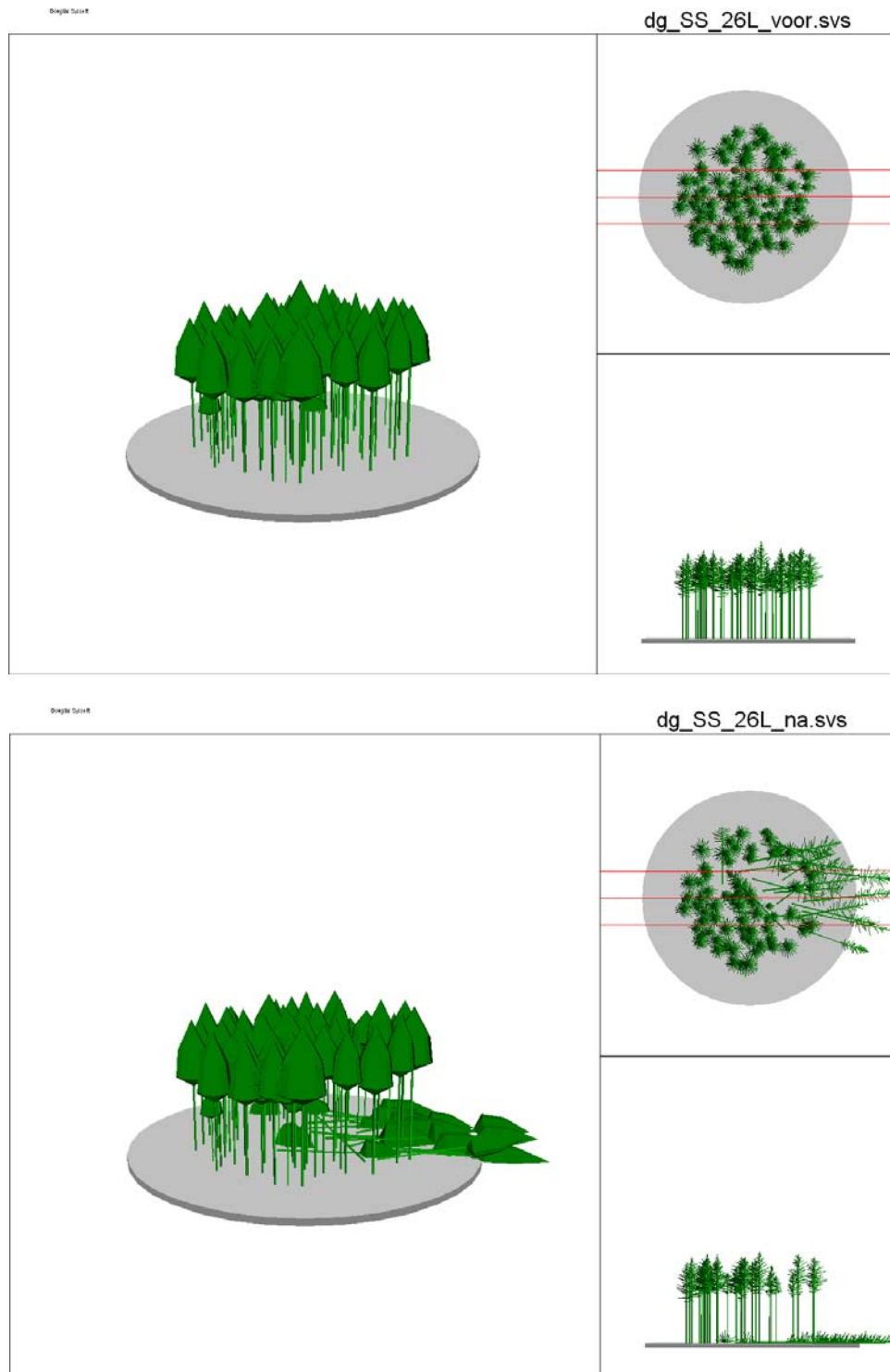
Literatuur

- McGaughey, R.J., 1999. SVS - Stand Visualization System. A product of the USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station. <http://faculty.washington.edu/mcgoy/svs.html>
- Milne, R., 1991. Dynamics of swaying of *Picea sitchensis*. *Tree Physiology* 9 (3), p. 383-399.
- Monteith, J.H., 1975. *Principles of environmental physics*. Edward Arnold, London.
- Neefjes, M., 2007. Krakende kronen en brekende bomen. *Vakblad Natuur, Bos en Landschap* 4, p. 10-12.
- Nicoll B.C., B. Gardiner, B. Rayner en A.J. Peace, 2006. Anchorage of coniferous trees in relation to species, soil type, and rooting depth. *Canadian Journal of Forest Research* (36) 7, p. 1871-1883
- Schütz, J.P., M. Götz, W. Schmid en D. Mandallaz, 2006. Vulnerability of spruce (*Picea abies*) and beech (*Fagus sylvatica*) forest stands to storms and consequences for silviculture. *European Journal of Forest Research* 125, p. 291-302.
- Wellpott, A., 2008. *The stability of continuous cover forests*. PhD thesis, University of Edinburgh, School of Geosciences.

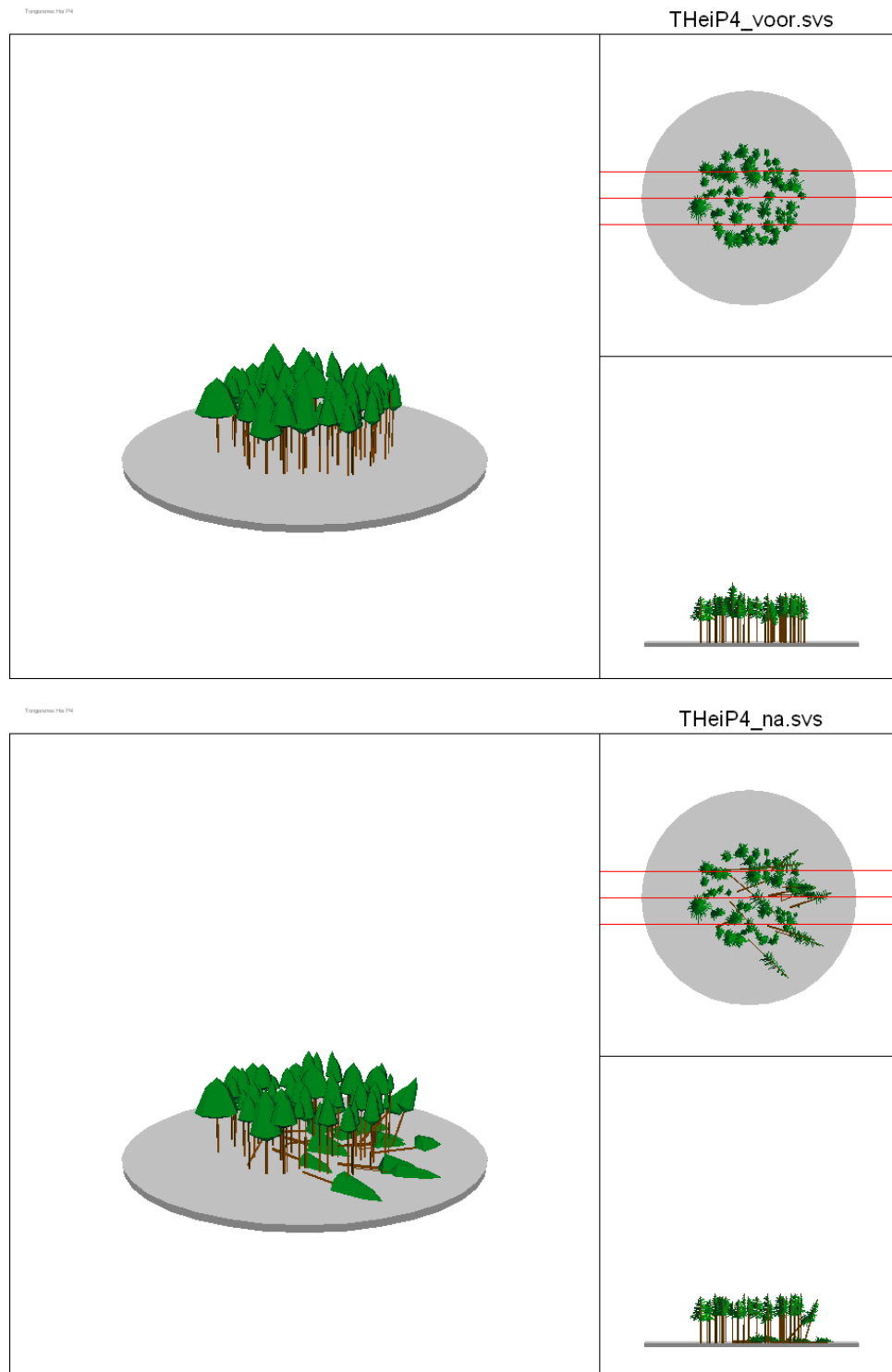
Aanbevolen verdere literatuur

- Blennow, K. en O. Sallnäs, 2002. Risk perception among non-industrial private forest owners. *Scandinavian Journal of Forest Research* 17, p. 472-479.
- Cameron, A.D., 2002. Importance of early selective thinning in the development of long-term stand stability and improved log quality: a review. *Forestry* 75 (1), p. 25-35.
- Lüpke, B von en H. Spellmann, 1999. Aspects of stability, growth and natural regeneration in mixed Norway spruce-beech stands as a basis of silvicultural decisions. In: Olsthoorn, A.F.M. et al. (eds.). Management of mixed-species forest: silviculture and economics. *IBN Scientific Contributions 15*, IBN-DLO Wageningen. p. 245-267.
- Mason, W. L., 2002. Are irregular stands more windfirm? *Forestry* 75 (4) p.347-355.
- Quine C., M. Coutts, B. Gardiner en G. Pyatt, 1995. *Forests and wind: Management to minimize damage*, Forestry Commission Bulletin 114. HMSO, London.
- Savill, P.S., 1983. Silviculture in windy climates. *Forestry Abstracts* 44, p.473-488.
- Schelhaas, M.J., 2008. *Impacts of natural disturbances on the development of European forest resources: application of model approaches from tree and stand levels to large-scale scenarios*. Dissertations Forestales 56, Alterra Scientific Contributions 23.

Bijlage 1a. Visualisatie van plot 6, douglas in Speulder- en Sprielderbos



Bijlage 1b. Visualisatie van plot 12, grove den in reservaat De Tongerense Hei



Bijlage 2a. Meetprotocol

1. Ieder plot is voorzien van een nummer met daarbinnen het nummer van iedere boom. Voorbeeld boomnummer 2014 betekent boom met nummer 14 gemeten in plot 2; 3120 betekent boom met nummer 120 gemeten in plot 3.
2. Gegevens per plot:
 - Naam bosgebied, vak en afdeling
 - Datum
 - Naam van de opnemers
 - X en Y-coördinaten van het middelpunt, inclusief de nauwkeurigheid van de GPS
 - Straal van de plot. Alle bomen worden gemeten in een cirkel van minimaal de hoogte van de bomen. Er is gebruik gemaakt van stralen van 15 tot 40 meter.
3. Van alle bomen in de cirkel wordt genoteerd / gemeten:
 - opstandsnummer
 - boomnummer (met specifieke aanwijzing van de gemarkeerde midden boom)
 - als een boom gebroken is (uit meerdere delen bestaat) dan worden die delen afzonderlijk inmeten maar wordt wel gebruik gemaakt van het zelfde boomnummer b.v. 1056,1 en 1056,2.
 - staand (S), dan wel liggend (L), gebroken (G) of scheef gewaaid (SS) in de betreffende storm
 - boomsoort
 - Toekomstboom (ja /nee)
 - hoek en afstand (vanaf het middelpunt) stamvoet
 - hoek en afstand (vanaf het middelpunt) top
 - hoek en afstand (vanaf het middelpunt) kroonaanzet
 - diameter overkruis meten
 - boomhoogte (= spilhoutlengte)
 - kroonaanzethoogte
 - breukhoogte
 - valrichting in graden
 - kroonstralen:
 - bij staande bomen in de richting N, O, Z, W
 - bij liggende stammen links, boven, rechts
 - de gemeten boom wordt voorzien van een merkteken met krijt, waarmee de kans op dubbel meten of overslaan wordt verkleind; doet de meetploeg dat?
 - indien de omgeving van de cirkel effect kan hebben op de stormschade, bijvoorbeeld recent gedund, aan de rand van een groepenkap, dan wordt dit op het formulier vermeld.

Bijlage 2b. Opnameformulier

					Stamvoet		Top		Kroonaanzet								Kroonstraal (dm)			
opstandsnummer	boomnummer	staand (S)/ scheef- gewaaid (SS)/ lig- gend (L)/ gebro- ken (G)	soort	T-boom (ja/nee)	hoek	afstand (dm)	hoek	afstand (dm)	hoek	afstand (dm)	dbh1 (cm)	dbh2 (cm)	boomhoogte (m)	kroonaanzet hoogte (m)	breukhoogte	valrichting	1	2	3	4

Bijlage 3a. Interviews: open vragen

Open vragen t.b.v. Stormonderzoek
m.n. gericht op douglas- en grove dennenopstanden

Deels binnen (niet altijd) en in het bos. Verschillende opstanden worden bezocht en soms wordt meegelopen tijdens het bleswerk.

Het zijn open vragen, de blesser doet zelf zijn verhaal. Cursief geplaatste begrippen gebruiken bij het doorvragen.

Naam geïnterviewde:
Organisatie / voor welke organisatie wordt geblest:
Locatie:

Heb je in de door ons opgemeten plots geblest?
Met welk doel bles je - of: wat wil je opdrachtgever? (*doelstelling / streefbeeld / functie /*)
Denk je dat je collega's op dezelfde manier blessen?

Zijn er blesinstructies?
(*op papier / mondeling, met wie en hoe worden die afgesproken? /*)
(*Wat is de inhoud? Kun je er mee werken? / werk je ermee? Wanneer wel en wanneer niet*)

Hoe kies je een Tboom of bij gewone een hoogdunning: welke boom zet je vrij?
Wat is belangrijk? En waarom?
(*eigenschappen van de boom zelf / omgeving / doelstelling / /*)

Wanneer is een boom / opstand stabiel(er)? Of: Waar is bij jou de meeste schade? En waarom?
(*vitaliteit / hoogte van de boom / variatie in de hoogtes / diameter / spreiding in diameters h/d-verhouding / diepte van de kroon / gelijke verdeling kroon (rondom de stam) / spreiding van Tbomen / boomsoort / menging in kronendak / menging onder kronendak / kroonoverlap / wortelontwikkeling / bodem / eigenschappen buurbomen (aan welke kant van de Tboom dichter houden) / verdere omgeving /*)

Steeds in het bos een aspect proberen te bespreken:
Denk je dat effect heeft op de stabiliteit en waarom?
Heb je ervaring met ?
Probeer opstanden van Dg en Gd te bezoeken met wel - en geen schade.
Waarom blijft in een opstand met stormschade de ene boom staan en de andere niet?
In welke bossen verwacht je de laagste / grootste stabiliteit?
Zijn er na de storm opstanden geweest waar wel of juist geen schade is terwijl je anders verwachtte?

Wat zou je kunnen doen / kan je doen om de stabiliteit te verhogen?

Ben je na januari 2007 anders gaan blessen? Waarom?

Bijlage 3b. Interviews: gesloten vragen

	Graag uw mening / ervaring over de 20 uitspraken betreffende stabiliteit.	Geheel oneens	Oneens	Neutraal	Eens	Geheel eens	weet niet / nog niet over nagedacht / in theorie wel maar niet in praktijk
1	De eerste twee jaar na een dunning is een opstand altijd minder stabiel.						
2	Een boom met een diepe kroon is altijd stabielere dan een even lange boom met ondiepe kroon.						
3	Voor de stabiliteit kies ik bij de Tboom liever een boom aan de luitzijde (N, NO), dan aan kant waar de wind vermoedelijk vandaan kan komen (Z, ZO).						
4	Een menging van naald- én loofboomsoorten is altijd stabielere dan een menging van alleen naaldbomen.						
5	Oude dikke grove dennen opstanden zijn onstabielere dan opstanden met oude dikke douglasse.						
6	Als een opstand nooit wordt gedund, vermindert de kans op stormschade.						
7	Ter voorkoming van stormschade wordt de bosrand aan de windkant wat dichter gehouden.						
	Grove den:						
8	Binnen één opstand waaien dennen met een lagere Dbh eerder om, dan dennen met een hogere Dbh.						
9	Als tien jaar lang dezelfde grove dennen worden vrijgezet (Tbomen), dan worden deze bomen altijd stabielere.						
10	Een grove dennenopstand aan het einde van de stakenfase (30 jaar) heeft vaker kans op stormschade dan in de boomfase.						
11	De onderetage met loofbomen heeft <u>geen</u> invloed op de stabiliteit van de hoofdboomsoort grove den.						
12	Een grote Dbh-spreiding geeft een stabielere opstand.						
13	Verschillende hoogtes en omvangen van de kronen vermindert de kans op stormschade.						
14	In de boomfase is menging in het kronendak van meerdere naaldboomsoorten altijd stabielere dan alleen grove den.						
	Douglas:						
15	Binnen één opstand waaien douglasse met een lagere Dbh eerder om, dan douglasse met een hogere Dbh.						
16	Als tien jaar lang dezelfde douglasse worden vrijgezet (Tbomen), dan worden deze bomen altijd stabielere.						
17	Een grote Dbh-spreiding geeft een stabielere opstand.						
18	Douglas van 30 à 40 jaar is stormgevoeliger dan oudere douglas.						
19	Verschillende hoogtes en omvangen van de kronen vermindert bij douglas de kans op stormschade.						
20	In de boomfase is menging in het kronendak van meerdere naaldboomsoorten altijd stabielere dan alleen douglas.						

Bijlage 4. Uitgebreide resultaten plots douglas

plot nummer	2	6	7	9	10	15	18
locatie	de Sysself	Speuld	Speuld	Leesten	Leesten	Ermelo	Uddel
vak / afdeling	1A02	26L	123,e2	B-C6	J15-14	10g	137m
jaar van aanleg	1962	1965	1982	1946	1946	1966	1970
aanwijzen toekomstbomen	2005	1985	2005	Bosres.	Bosres.	<2000	1999
laatste dunning	2005/06	2005	Uitrijpad 06/07	-	-	2004/05	2001
straal plot	40	25	20	15	20	20	25
stamtal / ha	267	438	1225	509	462	414	922
totaal aantal bomen:	134	86	154	36	58	52	181
- waarvan onbeschadigd	117	66	128	22	43	47	166
- waarvan beschadigd	17 (13%)	20 (23%)	26 (17%)	14 (39%)	15 (26%)	5 (9%)	15 (8%)
totaal aantal toekomstbomen:	17	11	12	-	-	4	5
- waarvan onbeschadigd	15	7	9	-	-	2	2
- waarvan beschadigd	2 (12%)	4 (36%)	3 (25%)	-	-	2 (50%)	3 (60%)
gemiddelde Dbh	34.4	32.8	17.9	35.8	38.3	29.3	24.2
gemiddelde hoogte	25.4	29.7	18.9	30.6	31.9	25.1	23.5
gemiddelde h/d-verhouding	76	93	111	89	86	89	103
onbeschadigde bomen:							
Dbh (cm)	34.92	32.00	18.50	37.21	38.60	29.14	24.11
Hoogte, Spilhoutlengte (m)	25.39	29.00	19.30	31.68	32.26	24.98	23.48
Hoogte / Dbh (cm / cm)	75.11	93.60	109.70	88.34	86.50	89.35	103.63
Kroonlengte (m)	11.74	11.43	8.60	10.23	11.64	11.00	7.75
Kroonstraal N	3.24	3.26	2.19	2.84	2.48	2.36	1.73
Kroonstraal O	3.22	3.25	2.23	2.76	2.54	2.46	1.78
Kroonstraal Z	3.26	3.32	2.12	2.82	2.25	2.54	1.88
Kroonstraal W	3.12	3.15	1.95	2.72	2.30	2.37	1.78
Kroonoppervlakte (NOZW/4)	34.78	34.42	15.51	26.09	20.07	19.65	11.50
Krooninhoud	445.42	418.26	150.60	304.42	271.57	234.95	110.62
Kroonoverlap	0.40	0.96	1.27	0.76	0.70	0.33	0.60
Stamtal omgeving	2.88	5.32	6.35	3.67	2.60	2.77	3.64
Stamtal N	1.40	2.61	3.16	1.67	1.44	1.36	1.80
Stamtal NO	1.39	2.58	3.22	2.00	1.20	1.42	1.86
Stamtal O	1.46	2.61	3.35	2.17	1.28	1.42	1.84
Stamtal ZO	1.42	2.77	3.27	2.00	1.20	1.36	1.857
Stamtal Z	1.48	2.71	3.19	2.00	1.20	1.42	1.83
Stamtal ZW	1.49	2.74	3.14	1.67	1.44	1.36	1.78
Stamtal W	1.42	2.71	3.00	1.50	1.36	1.36	1.79
Stamtal NW	1.46	2.55	3.08	1.67	1.44	1.42	1.78
Competitie index	2.06	4.63	5.95	3.68	2.88	2.47	3.69
Competitie index ZW	1.05	2.29	3.27	1.76	1.58	1.21	1.90
Competitie index W	1.05	2.45	3.16	1.38	1.64	1.04	1.79
Competitie index NW	1.16	2.20	3.13	1.50	1.83	1.27	1.73

	beschadigde bomen:						
Dbh (cm)	31.07	35.38	15.30	33.61	37.73	30.50	25.67
Hoogte, Spilhoutlengte (m)	25.58	31.79	17.20	28.82	30.58	26.63	23.21
Hoogte / Dbh (cm / cm)	84.77	92.14	117.43	89.09	86.29	89.42	99.90
Kroonlengte (m)	10.82	13.80	7.60	10.63	10.64	10.93	8.17
Kroonstraal N	3.17	3.40	1.77	2.54	2.61	2.11	1.93
Kroonstraal O	3.25	3.54	1.70	2.63	2.58	2.20	1.92
Kroonstraal Z	3.11	3.64	1.66	2.69	2.55	2.36	2.03
Kroonstraal W	3.02	3.42	1.67	2.63	2.52	2.03	1.93
Kroonoppervlakte (NOZW/4)	34.24	40.26	10.11	22.85	23.48	15.45	13.72
Krooninhoud	417.24	579.14	85.01	242.32	293.09	195.29	135.19
Kroonoverlap	0.39	0.73	0.98	0.67	0.62	0.26	0.57
Stamtal omgeving	2.25	4.71	4.33	3.89	3.83	2.33	3.33
Stamtal N	1.17	2.36	2.28	2.11	1.75	1.33	1.80
Stamtal NO	1.50	2.50	2.44	2.11	2.33	1.33	1.53
Stamtal O	1.17	2.43	2.33	1.78	2.08	1.00	1.73
Stamtal ZO	1.42	2.43	2.17	1.78	2.25	1.33	1.67
Stamtal Z	1.08	2.36	2.06	1.78	2.08	1.00	1.53
Stamtal ZW	0.75	2.21	1.89	1.78	1.50	1.00	1.80
Stamtal W	1.08	2.29	2.00	2.11	1.75	1.33	1.60
Stamtal NW	0.83	2.29	2.17	2.11	1.58	1.00	1.67
Competitie index	1.26	2.93	2.97	3.87	3.75	0.64	3.72
Competitie index ZW	0.49	1.54	1.35	1.99	1.04	0.35	1.75
Competitie index W	0.76	1.31	1.25	2.38	2.13	0.35	2.21
Competitie index NW	0.50	1.08	1.20	2.55	2.32	0.34	2.48

	verschil beschadigde-onbeschadigde bomen*:						
Dbh (cm)	-3.85	3.38	-3.20	-3.60	-0.87	1.36	1.56
Hoogte, Spilhoutlengte (m)	0.19	2.79	-2.10	-2.86	-1.68	1.65	-0.27
Kroonlengte (m)	-0.92	2.37	-1.00	0.40	-1.00	-0.07	0.42
Hoogte / Dbh (cm / cm)	9.66	-1.46	7.73	0.75	-0.21	0.07	-3.73
Kroonstraal N	-0.07	0.14	-0.42	-0.30	0.13	-0.25	0.20
Kroonstraal O	0.03	0.29	-0.53	-0.13	0.04	-0.26	0.14
Kroonstraal Z	-0.15	0.32	-0.46	-0.13	0.30	-0.18	0.15
Kroonstraal W	-0.10	0.27	-0.28	-0.09	0.22	-0.34	0.15
Kroonoppervlakte (NOZW/4)	-0.54	5.84	-5.40	-3.24	3.41	-4.20	2.22
Krooninhoud	-28.18	160.88	-65.59	-62.10	21.52	-39.66	24.57
Kroonoverlap	-0.01	-0.23	-0.29	-0.09	-0.08	-0.07	-3.07
Stamtal omgeving	-0.63	-0.61	-2.02	0.22	1.23	-0.44	-0.36
Stamtal N	-0.23	-0.25	-0.88	0.44	0.31	-0.03	0.00
Stamtal NO	0.11	-0.08	-0.78	0.11	1.13	-0.09	-0.33
Stamtal O	-0.29	-0.18	-1.02	-0.39	0.80	-0.42	-0.11
Stamtal ZO	0.00	-0.34	-1.10	-0.22	1.05	-0.03	-0.16
Stamtal Z	-0.40	-0.35	-1.13	-0.22	0.88	-0.42	-0.25
Stamtal ZW	-0.74	-0.53	-1.25	0.11	0.06	-0.36	0.01
Stamtal W	-0.34	-0.42	-1.00	0.61	0.39	-0.03	-0.18
Stamtal NW	-0.63	-0.26	-0.91	0.44	0.14	-0.42	1.07
Competitie index	-0.80	-1.70	-2.98	0.19	0.87	-1.83	1.82
Competitie index ZW	-0.56	-0.75	-1.92	0.23	-0.54	-0.86	-0.04
Competitie index W	-0.29	-1.14	-1.91	1.00	0.49	-0.69	0.48
Competitie index NW	-0.66	-1.12	-1.93	1.05	0.49	-0.93	2.48

* lichtgrijs p<0.10, donkergrijs p<0.05 (per variabele is alle beschikbare data per variabele per plot gebruikt)

Bijlage 5. Uitgebreide resultaten grove den

plotnummer	3	4	5	8	11	12	13	14	16	17
locatie	N-Ginkel	N-Ginkel	N-Ginkel	Majuba	Tong. Hei	Tong. Hei	Stil. Eenz. N.	Milling	Nunspeet	H. Veluwe
vak / afdeling	103a	19k	19k	6e	j5	p4	q18	c11	37f	64c
jaar van aanleg	1953	1971	1971	1974	1910-1940	1910-1940	1912	1948	1926	1972
aanwijzen toekomstbomen	<2001	2005	-	2000	Bosres.	Bosres.	Bosres.	Bosres.	lang zonder beheer-	2004
laatste dunning	2005	2005/06	-	2004	-	-	-	-	-	2005
straal plot	30	20	20	20	20	20	25	20	20	15
stamtal / ha	163	923	1130	1416	485	541	443	748	175	679
totaal aantal bomen:	46	116	142	178	61	68	87	94	22	48
- onbeschadigd	28	87	101	142	45	52	14	77	18	26
- beschadigd	18 (39%)	29 (25%)	41 (29%)	36 (20%)	16 (27%)	16 (24%)	73 (16%)	17 (18%)	4 (18%)	22 (46%)
totaal aantal toekomstbomen:	26	10	-	7	-	-	-	-	-	13
- onbeschadigd	18	10		6						6
- beschadigd	8 (31%)	0 (0%)		1 (14%)						7 (54%)
gemiddelde Dbh	30.8	15.1	16.2	14.8	25.4	26.2	25.2	21.2	29.9	15.9
gemiddelde hoogte	19.3	15.1	14.8	14.4	15.5	16.4	18.4	14.4	16.6	14.5
gemiddelde h/d-verhouding	64	104	98	102	65	66	74	70	56	96
onbeschadigde bomen:										
Dbh (cm)	32.25	15.35	16.42	14.87	25.83	25.11	25.02	21.00	29.17	16.18
Hoogte, Spilhoutlengte (m)	19.31	15.17	14.93	14.34	15.52	16.10	18.25	14.42	16.25	14.91
Hoogte / Dbh (cm / cm)	61.14	102.09	97.49	100.31	63.77	67.26	74.17	70.50	56.29	95.65
Kroonlengte (m)	5.63	5.42	5.45	5.10	5.41	6.12	6.58	5.81	7.19	4.86
Kroonstraal N	2.93	1.09	1.30	1.05	1.91	1.95	1.94	1.75	2.32	1.36
Kroonstraal O	2.98	1.24	1.49	1.20	1.76	2.22	2.03	1.76	2.81	1.53
Kroonstraal Z	2.47	1.34	1.69	1.18	2.09	1.96	1.94	1.66	2.89	1.38
Kroonstraal W	2.31	1.30	1.52	1.13	2.16	1.91	1.69	1.67	2.07	1.18
Kroonoppervlakte (NOZW/4)	23.46	5.38	7.88	4.83	13.45	14.85	12.04	9.88	20.40	6.73
Krooninhoud	136.06	32.15	50.19	29.53	86.73	103.33	87.20	64.79	155.22	36.22
Kroonoverlap	0.07	0.43	0.50	0.23	0.30	0.47	0.14	0.28	0.14	0.14
Stamtal omgeving	0.52	2.60	2.64	2.10	2.19	2.60	1.25	2.19	0.50	1.25
Stamtal N	0.33	1.33	1.41	1.05	1.04	1.24	0.84	1.17	0.25	0.63
Stamtal NO	0.29	1.36	1.34	1.05	1.23	1.35	0.80	1.17	0.25	0.75
Stamtal O	0.33	1.30	1.33	1.05	1.27	1.48	0.78	1.06	0.13	0.69
Stamtal ZO	0.29	1.31	1.33	1.03	1.15	1.48	0.81	1.00	0.13	0.68
Stamtal Z	0.19	1.28	1.23	1.04	1.15	1.38	0.85	1.02	0.25	0.63
Stamtal ZW	0.24	1.24	1.30	1.04	0.96	1.28	0.84	1.02	0.25	0.50
Stamtal W	0.19	1.30	1.32	1.04	0.92	1.14	0.78	1.13	0.38	0.56
Stamtal NW	0.23	1.29	1.32	1.06	1.04	1.14	0.76	1.19	0.38	0.56
Competitie index	0.32	2.39	2.62	1.69	2.02	2.34	1.43	1.68	0.49	0.95
Competitie index ZW	0.15	1.12	1.09	0.88	0.78	1.15	1.00	0.83	0.26	0.30
Competitie index W	0.11	1.43	1.22	0.91	0.88	0.93	1.00	0.87	0.38	0.56
Competitie index NW	0.15	1.28	1.36	0.92	1.00	0.92	0.83	0.79	0.38	0.49

beschadigde bomen:										
Dbh (cm)	28.65	14.14	15.81	14.44	24.34	29.81	26.36	21.94	33.13	15.66
Hoogte, Spilhoutlengte (m)	19.31	15.03	14.54	14.44	15.59	17.20	19.12	14.41	18.26	14.15
Hoogte / Dbh (cm / cm)	68.91	109.49	99.77	107.93	68.01	61.10	73.33	66.37	55.94	96.00
Kroonlengte (m)	6.00	5.35	4.79	5.27	5.37	8.24	7.55	5.46	6.42	5.37
Kroonstraal N	2.24	1.28	1.38	1.06	1.99	2.33	1.80	1.61	2.38	1.19
Kroonstraal O	2.06	1.30	1.44	1.22	1.97	2.40	1.99	1.50	2.49	1.19
Kroonstraal Z	2.52	1.37	1.54	1.19	2.08	2.42	2.16	1.68	2.78	1.48
Kroonstraal W	2.44	1.45	1.47	1.07	2.01	2.32	1.99	1.75	2.60	1.31
Kroonoppervlakte (NOZW/4)	17.58	6.38	7.13	4.94	14.25	19.00	13.00	8.91	20.86	5.96
Krooninhoud	111.33	39.08	38.40	29.70	95.05	172.14	100.91	51.69	133.36	34.98
Kroonoverlap	0.10	0.73	0.77	0.35	0.33	0.43	0.18	0.33	0.31	0.21
Stamtal omgeving	0.73	2.35	3.12	2.12	2.31	1.92	1.71	2.18	0.50	0.89
Stamtal N	0.20	1.04	1.58	1.03	1.23	0.92	0.93	0.82	0.25	0.39
Stamtal NO	0.27	0.10	1.64	1.06	1.00	1.17	0.86	0.82	0.25	0.28
Stamtal O	0.27	1.19	1.52	1.06	1.08	0.92	0.86	1.18	0.25	0.39
Stamtal ZO	0.40	1.19	1.39	1.06	1.15	0.75	0.86	1.27	0.25	0.44
Stamtal Z	0.53	1.31	1.55	1.09	1.08	1.00	0.79	1.36	0.25	0.50
Stamtal ZW	0.47	1.39	1.49	1.06	1.31	0.75	0.86	1.36	0.25	0.61
Stamtal W	0.47	1.15	1.61	1.06	1.23	1.00	0.86	1.00	0.25	0.50
Stamtal NW	0.33	1.15	1.73	1.06	1.15	1.17	0.86	0.91	0.25	0.44
Competitie index	0.45	2.65	4.01	2.19	1.85	1.24	0.94	2.33	0.23	0.87
Competitie index ZW	0.35	1.84	1.59	0.98	0.92	0.34	0.43	1.75	0.16	0.68
Competitie index W	0.35	1.64	1.58	1.11	1.13	0.49	0.42	0.91	0.07	0.65
Competitie index NW	0.14	1.49	1.87	0.98	0.89	0.52	0.42	0.84	0.07	0.55

verschil beschadigde - onbeschadigde bomen*:										
Dbh (cm)	-3.6	-1.2	-0.6	-0.4	-1.5	4.7	1.3	0.9	4.0	-0.5
Hoogte, Spilhoutlengte (m)	0.0	-0.1	-0.4	0.1	0.1	1.1	0.9	0.0	2.0	-0.8
Hoogte / Dbh (cm / cm)	7.8	7.4	2.3	7.6	4.2	-6.2	-0.8	-4.1	-0.4	0.3
Kroonlengte (m)	0.4	-0.1	-0.7	0.2	0.0	2.1	1.0	-0.4	-0.8	0.5
Kroonstraal N	-0.7	0.2	0.1	0.0	0.1	0.4	-0.1	-0.1	0.1	-0.2
Kroonstraal O	-0.9	0.1	-0.1	0.0	0.2	0.2	0.0	-0.3	-0.3	-0.3
Kroonstraal Z	0.0	0.0	-0.2	0.0	0.0	0.5	0.2	0.0	-0.1	0.1
Kroonstraal W	0.1	0.2	-0.1	-0.1	-0.2	0.4	0.3	0.1	0.5	0.1
Kroonoppervlakte (NOZW/4)	-5.9	1.0	-0.8	0.1	0.8	4.2	1.0	-1.0	0.5	-0.8
Krooninhoud	-24.7	6.9	-11.8	0.2	8.3	68.8	13.7	-13.1	-21.9	-1.2
Kroonoverlap	0.0	0.3	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.1
Stamtal omgeving	0.2	-0.3	0.5	0.0	0.1	-0.7	0.5	0.0	0.0	-0.4
Stamtal N	-0.1	-0.3	0.2	0.0	0.2	-0.3	0.1	-0.4	0.0	-0.2
Stamtal NO	0.0	-1.3	0.3	0.0	-0.2	-0.2	0.1	-0.4	0.0	-0.5
Stamtal O	-0.1	-0.1	0.2	0.0	-0.2	-0.6	0.1	0.1	0.1	-0.3
Stamtal ZO	0.1	-0.1	0.1	0.0	0.0	-0.7	0.0	0.3	0.1	-0.2
Stamtal Z	0.3	0.0	0.3	0.1	-0.1	-0.4	-0.1	0.3	0.0	-0.1
Stamtal ZW	0.2	0.2	0.2	0.0	0.4	-0.5	0.0	0.3	0.0	0.1
Stamtal W	0.3	-0.2	0.3	0.0	0.3	-0.1	0.1	-0.1	-0.1	-0.1
Stamtal NW	0.1	-0.1	0.4	0.0	0.1	0.0	0.1	-0.3	-0.1	-0.1
Competitie index	0.1	0.3	1.4	0.5	-0.2	-1.1	-0.5	0.7	-0.3	-0.1
Competitie index ZW	0.2	0.7	0.5	0.1	0.1	-0.8	-0.6	0.9	-0.1	0.4
Competitie index W	0.2	0.2	0.4	0.2	0.3	-0.4	-0.6	0.0	-0.3	0.1
Competitie index NW	0.0	0.2	0.5	0.1	-0.1	-0.4	-0.4	0.0	-0.3	0.1

* lichtgrijs $p < 0.10$, donkergrijs $p < 0.05$ (per variabele is alle beschikbare data per variabele per plot gebruikt)