

# Groei en productie van grove den in Nederland

J.J. Jansen<sup>1</sup>, G.M.J. Mohren<sup>1</sup>, A. Oosterbaan<sup>2</sup>, L. Goudzwaard<sup>1</sup> en J. den Ouden<sup>1</sup>

FEM Groei en Productie Rapport 2018 - 3



---

<sup>1</sup> Forest Ecology and Forest Management group, Wageningen University, Department of Environmental Sciences

<sup>2</sup> Nature and Society, Wageningen Environmental Research (WENR)

Jansen, J.J., G.M.J. Mohren, A. Oosterbaan en J. den Ouden, 2018. *Groei en productie van grove den in Nederland*. FEM Groei en Productie Rapport 2018 – 3, 87 blz.

**Synopsis:** Van 1949 tot 2002 is in Nederland groei- en productieonderzoek bij de grove den uitgevoerd. Dat betreft de studies van Becking en de Dorschkamp/IBN. Samen met de permanente steekproeven uit de HOSP zijn 94 proefperken met 348 opnamen beschikbaar. Voor de ontwikkeling van de opperhoogte  $h_{top}$  met de leeftijd  $t$  werd het heteromorfe model van Cieszewski gekozen, met site index  $h_{70}$  en 3 andere parameters. De diameterontwikkeling tot een hoogte van 7 m werd het best verklaard met het model van Jansen *et al.*  $h_{top}$  en het beginstamtaal  $N_0$ . Vanaf een opstandhoogte van 7 m werd de grondvlakbijgroei  $i_G$  verklaard een powerfunctie met  $h_{top}$ , leeftijd (*age*) en de standruimte index van Hart ( $S\%$ ). Voor  $S\% > 20.6$  daalt de grondvlakbijgroei sterk met een niet-lineaire functie in  $S\%$ . Het effect van dunning op de diameter na dunning is gemodelleerd met een gemodificeerd La Bastide-Faber model. Met alle modellen is een stand projectie model gemaakt, waarmee de gemeten opstandontwikkeling redelijk goed voorspeld werd. Er zijn opbrengsttabellen gemaakt met vier verschillende dunninggraden en één met dunningschema "vrije groei".

**Abstract:** In the Netherlands, growth and yield research on Scots pine was done from 1949 to 2002. This includes studies by Becking and by the Dorschkamp/IBN research institute. Together with the permanent sample plots from the timber prognosis system HOSP, all this comprises a dataset of 94 plots with 348 recordings. For the development of top height  $h_{top}$  with age ( $t$ ), Cieszewski's model with site index  $h_{70}$  and 3 additional parameters fitted best. The diameter development up to stand height of 7 m was best described with the model by Jansen *et al.* based on  $h_{top}$  and initial density  $N_0$ . From a stand height of 7 m and up, the basal area increment  $i_G$  was best described by a power function based on  $h_{top}$ , calendar year (*year*),  $h_{50}$  and the stand density index of Hart ( $S\%$ ). For  $S\% > 20.6$  the basal area increment drops strongly with increasing  $S\%$ . The effect of thinning on diameter after thinning was modelled with a modified La Bastide-Faber model. With all models together, a stand projection model was constructed, which follows the measured stand development reasonably well. The model was used to construct yield tables with five site classes and four thinning intensities.

**Keywords:** Scots pine, *Pinus sylvestris*, Netherlands, yield tables, thinning intensity, Becking-Hart spacing index, height growth models, power model, basal area increment, Reineke's law, La Bastide-Faber, stand projection model.

Dit rapport is gratis te downloaden op: <https://doi.org/10.18174/444090>

Dit rapport is gebaseerd op de database: Lu, H., J.J. Jansen, A. Oosterbaan, L.G. Goudzwaard, J.F. Oldenburger, G.M.J Mohren & J. den Ouden, 2017. FEM growth and yield data Monocultures - Scots pine (revised version). DANS. <https://doi.org/10.17026/dans-x93-d59w>

## Voorwoord

Sinds 1949 zijn er in Nederland waarnemingen verricht in 20 permanente proefperken van de grove den (*Pinus sylvestris* L.).

Bartelink *et al.* (2001) geven een uitgebreid overzicht van de context en publicaties van het groei- en productieonderzoek aan deze en andere boomsoorten in Nederland.

Houtzagers (1942) geeft een eerste aanzet voor een opbrengsttabel voor de grove den. Grandjean & Stoffels publiceren in 1954 de eerste volledige opbrengsttabel voor Nederland, maar hun data betreffen de gegevens van de 2<sup>e</sup> Bosstatistiek voor de Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe. Vanaf 1975 wordt op de Dorschkamp software ontwikkeld waarmee deze en andere tabellen voor zo veel mogelijk soorten gegenereerd kunnen worden. Ook is er het “stand projection model” OPTAB (voor een beschrijving zie Faber, 1990) aanwezig. Parameters en modellen worden regelmatig aangepast op grond van nieuwe waarnemingen ook uit andere regio's. Van den Burg *et al.* (1983) presenteren met dit model een opbrengsttabel voor de I<sup>e</sup> Boniteit. De thans vigerende opbrengsttabel is die van Faber uit 1996. Dit betreft een uitdraai met OPTAB waarbij de data van permanente en tijdelijke proefperken tot ongeveer 1985 zijn verwerkt.

In de huidige studie is er de beschikking over de gegevens van 94 proefperken en steekproefperken met 348 opnamen.

In dit rapport wordt de ontwikkeling van opstanden van grove den met verschillende dunninggraden geanalyseerd met het doel een groeimodel te maken bij een ruim scala aan beheerstrategieën. Deze studie is de vierde in een serie, waarin de groei en productie van douglas (Jansen *et al.*, 2016), Japanse lariks (Jansen *et al.*, 2018a), fijnspar (Jansen *et al.*, 2018b) werden bestudeerd. De studie volgt waar mogelijk dezelfde werkwijze als de voorgaande studies en vaak zijn delen van de tekst uit deze rapporten (soms ook zonder bronvermelding) overgenomen.

Om de toegankelijkheid voor niet Nederlandse lezer te verhogen zijn alle figuren, en formules en veel tabellen van Engelse tekst voorzien.

In mijn eerste baan in 1973 bij het Staatsbosbeheer op de afdeling Bosinrichting en Bosstatistiek werd destijds een discussie gevoerd over het nut van regionale opbrengsttabellen. Men was ervan overtuigd dat de opbrengsttabel voor de grove den van Grandjean & Stoffels (1955) geschikt was voor de Veluwe, maar totaal ongeschikt voor Noord-Brabant. Al eerder vonden we dat de Japanse lariks in Zuid-Nederland een anders groeiverloop heeft dan in de rest van Nederland. De vraag is daarom of dit ook geldt voor de grove den.

Hans Jansen,  
Wageningen, 2018

# Inhoud

Voorwoord.....	1
Inhoud.....	2
1. Inleiding .....	4
2. Basismateriaal.....	5
3. Hoogteontwikkeling.....	7
3.1. Modellen voor hoogtegroei.....	7
3.2 Analyse.....	9
3.3 Uiteindelijke model.....	12
3.3.1 Analyse van de residuen .....	13
3.3.2 Boniteitindeling.....	14
3.4 Conclusie.....	16
4. Opbrengstniveau .....	17
4.1 Diameter- en grondvlakontwikkeling tot een hoogte van 7 m.....	17
4.2 Grondvlakbijgroei .....	19
5. Dunningsysteem .....	24
5.1 Reineke's stamtaal-diameter-relatie .....	25
5.2 Model van La Bastide-Faber voor voorspelling diameter na dunning.....	26
5.3 Conclusie.....	27
6. Constructie Opbrengsttabellen .....	28
6.1 Overige allometrische relaties .....	28
6.2 Opbrengsttabellen .....	30
6.2.1 Keuze voor berekende opbrengsttabellen .....	30
6.2.2 Constructie van de opbrengsttabel .....	31
6.3 Kwaliteit van de voorspelling.....	35
6.4 Vergelijking met andere opbrengsttabellen.....	36
6.4.1 Hoogteontwikkeling.....	36
6.4.2 Productieniveau .....	40
6.4.3 Dunningsysteem .....	43
6.5 Effecten dunning op productie .....	44
6.6 Vrije groei.....	46
7. Discussie en conclusies .....	47
7.1 Hoogtegroei .....	47
7.2 Diameter en grondvlak .....	48
7.2.1 Diameterontwikkeling .....	48
7.2.2 Grondvlakbijgroei .....	48
7.3 Variatie in groei tussen verschillende jaren .....	49
7.4 Dunninggraad .....	49

7.5 Kwaliteit van het model.....	50
7.6 Variatie tussen regio's. ....	52
Samenvatting.....	53
Summary.....	55
Literatuur.....	57
Bijlage 1. Opbrengstabellen voor grove den.....	60
Toelichting opbrengstabellen.....	60
Explanation yield tables.....	61
Grove den Nederland 2018.....	62
Matige laagdunning.....	63
Sterke laagdunning.....	68
Zeer sterke laagdunning.....	73
Open stand.....	78
Vrije groei.....	83

## 1. Inleiding

Tussen 1949 en 2002 zijn er gegevens verzameld over de groei van grove den bij verschillende dunninggraden. Met deze gegevens is het mogelijk modellen te maken die de ontwikkeling van grove dennenopstanden bij een variatie aan beheerstrategieën verklaren en mogelijk voorspellen. Eén van de gebruikelijke modellen is een opbrengsttabel. Faber (1996) heeft een opbrengsttabel voor de grove den met één dunningregime gemaakt, welk geïntegreerd kan worden als een matige laagdunning. Voor de tabel zelf zie Jansen *et al.* (1996). Een opbrengsttabel is een model waarmee de opstandontwikkeling in de tijd wordt beschreven en het bestaat meestal uit drie submodellen:

1. Model voor de hoogteontwikkeling, dit wordt In Hoofdstuk 3 besproken;
2. Model voor de grondvlakbijgroei in de tijd of relatief ten opzichte van de hoogte, waarmee het productieniveau van opstanden kan worden voorspeld, dit wordt In Hoofdstuk 4 besproken;
3. Model voor de dunning. Dit model moet een definitie geven van de dunninggraden, daarnaast is het de vraag wat de interactie is met model ad 2 bij verschillende dunninggraden. In Hoofdstuk 5 komen deze vragen aan de orde.

In Hoofdstuk 2 worden de basisgegevens besproken. In Hoofdstuk 6 worden de 3 submodellen geïntegreerd tot een serie opbrengsttabellen. Deze worden vergeleken met andere tabellen en voorspellende kwaliteit van de modellen wordt gekwantificeerd. De tabellen zijn te vinden in Bijlage 1.

## 2. Basismateriaal

Sinds 1949 is in Nederland onderzoek gedaan naar de ontwikkeling van grove dennenopstanden. In dit onderzoek gaat het om de volgende gebruikte studies:

1. Dunningonderzoek Becking 1951-2002 met 8 proefperken met in totaal 49 opnamen. De behandeling betreft een laagdunning met een vaste dunninggraad, variërend van een matige dunning tot een extra sterke dunning;
2. Groei- en productieonderzoek Dorschkamp/IBN 1949 – 1971 ten behoeve van opbrengsttabellen. Er zijn 7 proefperken met 28 opnamen;
3. Plantafstandproef IBN 1967-1985. Het betreft onderzoek naar groei van bij 5 verschillende plantafstanden in 1 proefveldcomplex, totaal 5 proefperken met 34 opnamen;
4. HOSP 1984-2000, in beheer bij Probos. Dit zijn ca. 3000 permanente steekproefpunten uit de 4e bosstatistiek. Hieruit zijn 74 monocultures met grove den geselecteerd met in totaal 237 opnamen, waaronder 7 stuks met slechts 2 opnamen.

In totaal gaat het om 348 opnamen in 94 proefperken.

De proefvelden van studie 1, 2 en 3 betreffen proefvakken met een vaste oppervlakte. Soms wordt die oppervlakte kleiner door stormschade. De gegevens zijn daarna opnieuw berekend over de kleinste oppervlakte. In studie 4 gaat het om vaste steekproefpunten met een variërende straal zodanig dat er minimaal 25 bomen in de steekproef liggen. Door kap of ingroei kan deze wijzigen. Alleen dat deel wat in alle opnamen aanwezig was is bij het onderzoek betrokken.

Voor het bepalen van de dunninggraad is het S-procent van Hart (1928) (ook bekend als de Hart-Becking Spacing Index) van alle perken en opnamen berekend met formule (1):

$$S\% = \frac{a_{at}}{h_{top}} \cdot 100 = \frac{100}{h_{top}} \cdot \sqrt{\frac{10000}{N_{at}} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}} \approx \frac{10745.7}{h_{top} \cdot \sqrt{N_{at}}} \quad (1)$$

In deze definitie is de gemiddelde boomaafstand na dunning ( $a_{at}$ ) bepaald met een regelmatig driehoekverband. Het symbool  $h_{top}$  staat voor de opperhoogte.

Van alle proefperken zijn basisgegevens als oppervlakte, kiemjaar en ligging bekend. Bij de ligging is onderscheid gemaakt tussen de regio's Noord (Drenthe, Friesland en Groningen, kop van Overijssel) met 3 proefperken, Midden (rest Overijssel, Gelderland, Utrecht en het Gooi) met 56 proefperken, Zuid (Noord Brabant en Limburg) met 34 proefperken, Kustgebied (Waddeneilanden en duinstrook in Noord-Holland, Zuid-Holland en Zeeland) zonder proefperken en West (Flevoland en de rest van Noord-Holland, Zuid-Holland en Zeeland) met 1 proefperk. Alleen de regio's Midden en Zuid zijn behoorlijk vertegenwoordigd.

Daarom een indeling in twee bosgebieden gemaakt, met Zuid-Nederland (regio Zuid) en Noord-Nederland (alle overige regio's)

De afzonderlijke metingen en berekeningen aan de bomen in de proefperken vormen de basisgegevens. Deze zijn daarna geaggregeerd tot kenmerken per ha per proefperk van voor, na, en van de dunning. De boomgegevens spelen in deze studie alleen een rol om de opstandkenmerken te genereren.

Per proefperk en opname zijn de gegevens beschikbaar, zoals vermeld in Tabel 1.

Voor een volledige beschrijving van gemeten en berekende gegevens zie de file “Read me - FEM growth and yield data Monocultures – Scots pine.pdf” in de database [FEM growth and yield data Monocultures – Scots pine \(revised version\)](#) (Lu *et al.*, 2017)

**Tabel 1. Basisgegevens per plot en opname.**

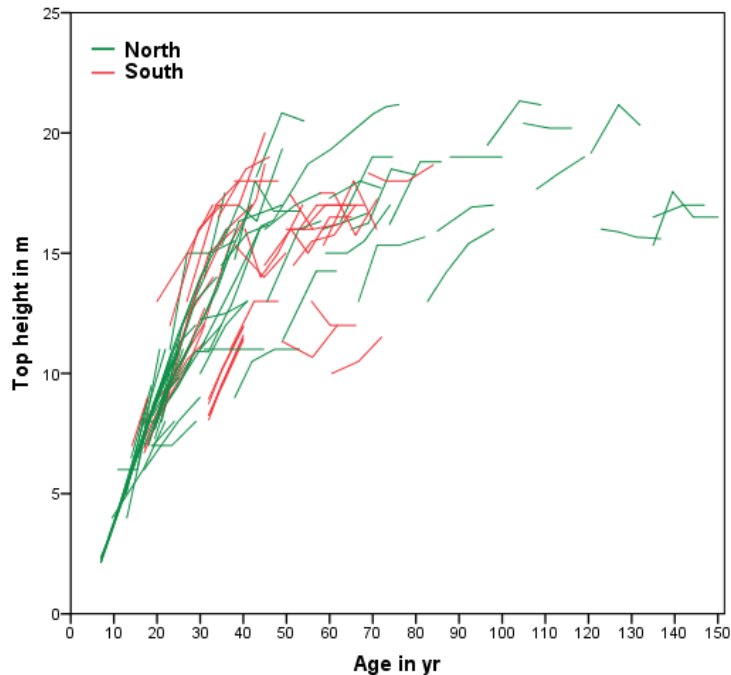
Table 1. Base information per plot and recording

Naam	Symbol	Betekenis
plotnr		Plotnummer
study		Studienummer
region		Regio
area		Plotoppervlakte in ha
yog		Kiemjaar
N0	$N_0$	Beginstamtal
sperc	$S\%$	gemiddelde Hart–Becking Spacing Index in plot
sperc0	$S_0\%$	Actuele Hart–Becking Spacing Index in de opname
nrec		Aantal opnamen
rec		Opname nummer
DOR		Datum van de opname
age	$t$	Leeftijd in jr
htop	$h_{top}$	Opperhoogte in m
hdom	$h_{dom}$	Dominante hoogte in m
ddom	$d_{dom}$	Diameter van de dominante hoogte boom in cm
N_bt	$N_{bt}$	Stamtal per ha voor dunning
G_bt	$G_{bt}$	Grondvlak voor dunning in m <sup>2</sup> /ha
h_bt	$h_{bt}$	Hoogte van de grondvlak-middenstam in m voor dunning
dg_bt	$d_{bt}$	Diameter van de grondvlak-middenstam in cm voor dunning
V_bt	$V_{bt}$	Volume voor dunning in m <sup>3</sup> /ha
N_th	$N_{th}$	Stamtal per ha van de dunning
G_th	$G_{th}$	Grondvlak van de dunning in m <sup>2</sup> /ha
h_th	$h_{th}$	Hoogte van de grondvlak-middenstam in m van de dunning
dg_th	$d_{th}$	Diameter van de grondvlak-middenstam in cm van de dunning
V_th	$V_{th}$	Volume van de dunning in m <sup>3</sup> /ha
N_at	$N_{at}$	Stamtal per ha na dunning
G_at	$G_{at}$	Grondvlak na dunning in m <sup>2</sup> /ha
h_at	$h_{at}$	Hoogte van de grondvlak-middenstam in m na dunning
dg_at	$d_{at}$	Diameter van de grondvlak-middenstam in cm na dunning
V_at	$V_{at}$	Volume na dunning in m <sup>3</sup> /ha



### 3. Hoogteontwikkeling

In de studies voor de Japanse lariks en douglas zijn de HOSP plots als controle gebruik. Van de 94 proefperken met 348 opnamen is echter ruim 70 % HOSP. Om voldoende dekking te krijgen over het totale spectrum, zijn bij de grove den de HOSP plots ook voor de analyse gebruikt. In Figuur 1 is de hoogteontwikkeling per plot weergegeven.



**Figuur 1. Hoogteontwikkeling in de grove dennenproefperken in Noord-Nederland (groene lijnen) en Zuid-Nederland (rode lijnen).**

Figure 1. Development of tree height in the Scots pine plots in the Northern part of the Netherlands (green lines) and in the Southern part (red lines).

Bij enkele perken is er sprake van een lagere hoogte bij een volgende opname. Dit gaat meestal om echte fenomenen en geen fouten in de waarnemingen. Er is sprake van topsterven door incidentele ziekten of plagen of omdat de opstand een hoogte bereikt heeft waarop er een soort evenwicht ontstaat tussen de groei van nieuwe topscheuten en de afbraak ervan. Er is sprake van een afplattingshoogte. Aangezien er ieder jaar weer een nieuwe topscheut wordt gemaakt, is (zolang de bomen leven) er dus geen maximale “gesommeerde hoogtegroeï” maar wel een maximale opstandhoogte (als resultante van de groei in de top en van het topsterven). Bij de modelvorming moeten we daar dus rekening mee houden.

#### 3.1. Modellen voor hoogtegroeï

In de opbrengsttabellen tot ongeveer 1970 is de hoogteontwikkeling meestal handmatig gefit. Vanaf 1970 worden over het algemeen niet-lineaire groeifuncties gebruikt om de hoogteontwikkeling te fitten. In de huidige Nederlandse opbrengsttabel voor de grove den is een variant van Chapman-Richards model gebruikt (Faber, 1996):

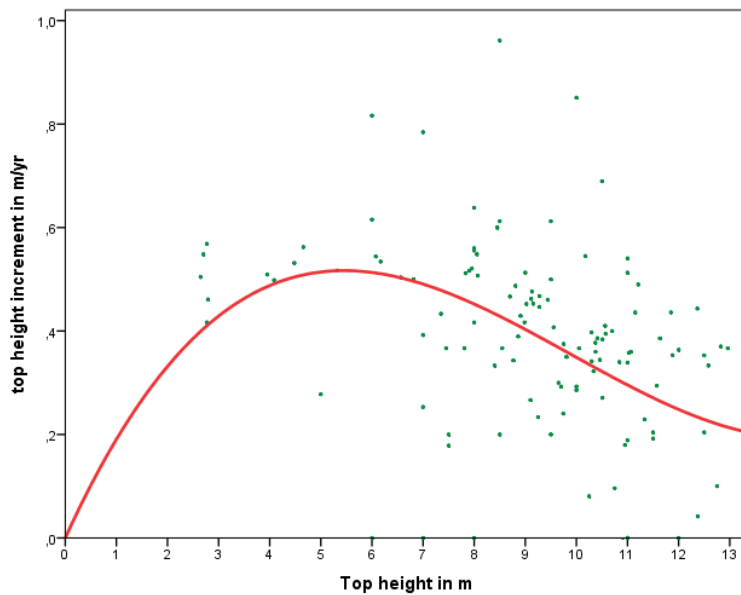
$$h_{top} = S \cdot (1 - e^{-a \cdot t})^{(b_0 + b_1 \cdot S)} \quad (2)$$

In Formule (2) is  $S$  de zogenaamde “site index” de proefperkspecifieke constante en de asymptoot in het model. Deze  $S$  kan gezien worden als de afplattingshoogte en het is tevens een maat voor de boniteit, in dit geval een absolute hoogteboniteit. Daarnaast wordt ook de hoogte bij een vaste leeftijd als maat voor de boniteit gebruikt. Voor de grove den zal de  $h_{70}$  worden gebruikt

Jansen *et al.* (2018a) testten 8 modellen voor de Japanse lariks, drie daarvan scoorden zo laag dat deze niet meer onderzocht zullen worden. De te onderzoeken modellen zijn naast het Chapman-Richards model van Formule (2), Burkhart & Tennent, Jansen *et al.* and Cieszewski.

Jansen *et al.* (2018a) ontwikkelde een selectiemethode voor een model in 2 stappen. Als eerste een werd een MCA (Multi criteria-analyse) gebruik met 7 criteria. Daarna een visuele test met de data van de 4<sup>e</sup> bosstatistiek. De 7 criteria betreffen:

1. De algemene maat voor de verklaring, hiervoor is  $R^2_{adj}$  gebruikt;
2. De kwaliteit van de schatter van boniteit-parameters door naar de variatiecoëfficiënt  $CV$  ervan te kijken. Indien het model voor alle proefperken geschikt is, zal het 95% betrouwbaarheidsinterval van  $CV$  klein zijn;
3. De  $h_{70}$  met de gemiddelde waarde en een 95% betrouwbaarheidsinterval, volgens Figuur 1 moet dat gemiddelde ongeveer 18 zijn en tussen de 11 en 23 m liggen;
4. De model-parameter  $S$  en een 95% betrouwbaarheidsinterval ervan, en getoetst of deze overeenkomt met de te verwachten maximale afplattingshoogte. De hoogst gemeten opperhoogte bleek 21.3 m bij een leeftijd van 104 jr. Bij de opname voor de 4e bosstatistiek (CBS, 1985) is de opperhoogte per opstand geschat. De hoogste waarde voor grove den bedroeg 28 m. De maximale  $S$ -waarde voor de beste boniteit voor de grove den zal daarom ca 28 m mogen bedragen;
5. De leeftijd waarop de borsthoogte wordt bereikt. Op het tijdstip 0 moet de hoogte ook 0 zijn, daarna moet de groei in de jeugd langzaam op gang komen. Een gemiddelde boniteit doet er ongeveer 5 jaar over om borsthoogte te bereiken met een range van 3 tot 7 jaar, maar het kan onder extreme omstandigheden (bijvoorbeeld bij veel schotaantasting) ook veel langer duren. De mate waarin de door het model voorspelde waarde  $t_{130}$  en een 95% betrouwbaarheidsinterval ervan, overeenkomt met deze verwachting;
6. De groei versnelt tot de hoogte ongeveer 4 à 7 m, dat moet dus het buigpunt van de curve zijn, dus het maximum van de afgeleide functie in Figuur 2. De mate waarin de door het model voorspelde waarde voor de hoogte van het buigpunt  $h_{if}$  en een 95% betrouwbaarheidsinterval ervan overeenkomt met die uit Figuur 2, dus ongeveer bij 4 à 6 jaar;
7. Het al dan significant en relevant zijn van alle parameterschattingen.



**Figuur 2 . Hoogtebijgroei als functie van opperhoogte voor  $h_{top} \leq 13m$ . Met rode lijn is de kubische fit door de puntenwolk en door de oorsprong, een maximum bij 5.5 m.**

Figure 2. Height increment as a function of the height for  $h_{top} \leq 13 m$ . The red line shows the cubic fit through the measured points and through the origin, with a maximum at  $h_{top} = 5.5 m$ .

### 3.2 Analyse

De volgende zes modellen zijn onderzocht.

1. Het homomorfe model van Chapman-Richards (zie Pienaar & Turnbull, 1973):

$$h_{top} = S \cdot (1 - e^{-a \cdot t})^b \quad (3)$$

2. Burkhardt & Tennent (1977) paste het Chapman-Richard model aan door de parameter  $a$  als functie van  $S$  uit te drukken waardoor een heteromorf model ontstaat:

$$h_{top} = S \cdot (1 - e^{-(a_0 + a_1 \cdot S) \cdot t})^b \quad (4)$$

3. Jansen & Hildebrand (1986) pasten de werkwijze van Burkhardt & Tennent toe op de  $b$ -parameter, hierdoor ontstaat eveneens een heteromorf model:

$$h_{top} = S \cdot (1 - e^{-a \cdot t})^{(b_0 + b_1 \cdot S)} \quad (5)$$

4. Jansen *et al.* (2016) pasten model (5) aan door een jeugdgroei-component toe te voegen gebaseerd op het model van Korf (1939):

$$h_{top} = \begin{cases} f_1(t) = x \cdot \frac{e^{-a_k \cdot t^{-c}}}{e^{-a_k \cdot t_x^{-c}}} & \text{for } t \leq t_x \\ f_2(t) = S \cdot (1 - e^{-a \cdot t})^{(b_0 - b_1 \cdot S)} & \text{for } t > t_x \end{cases} \quad (6)$$

where  $t_x = -\frac{\ln(1 - (x/S)^{1/b})}{a}$  for  $h_{top} = x$  and  $a_k = \frac{a \cdot b \cdot (S/x) \cdot e^{-a \cdot t_x} \cdot (1 - e^{-a \cdot t_x})^{b-1}}{c \cdot t_x^{-c-1}}$

Voor de grenswaarde voor de jeugdgroei is  $x = 7$  meter aangehouden

5. Het Cieszewski model (2001) gebruikt een referentieleeftijd, voor  $t = 70$  jaar luidt het:

$$h_{top} = h_{70} \cdot \frac{t^a \cdot (70^a \cdot R + b)}{70^a \cdot (t^a \cdot R + b)}, \text{ where } R = Z + \sqrt{Z^2 + \frac{2 \cdot b \cdot h_{70}}{70^a}} \text{ and } Z = h_{70} - c \quad (7)$$

Dit heteromorfe model heeft wel een asymptoot, maar de oplossing moet gevonden worden met formule (7).

Een probleem bij het schatten van de parameters van de modellen is dat naast de 2 tot 4 parameters van het model ook de boniteit (de 94 proefperkparameters  $S$  of  $h_{ref}$ ) moeten worden geschat. "Zo wordt bijvoorbeeld het Chapman-Richards model (3) herschreven tot

$$h_{top,ij} = \left( \sum_{i=1}^{94} S_i \cdot x_i \right) \cdot (1 - e^{-a \cdot t_{ij}})^b \text{ for the } j^{\text{th}} \text{ recording in the } i^{\text{th}} \text{ plot} \quad (8)$$

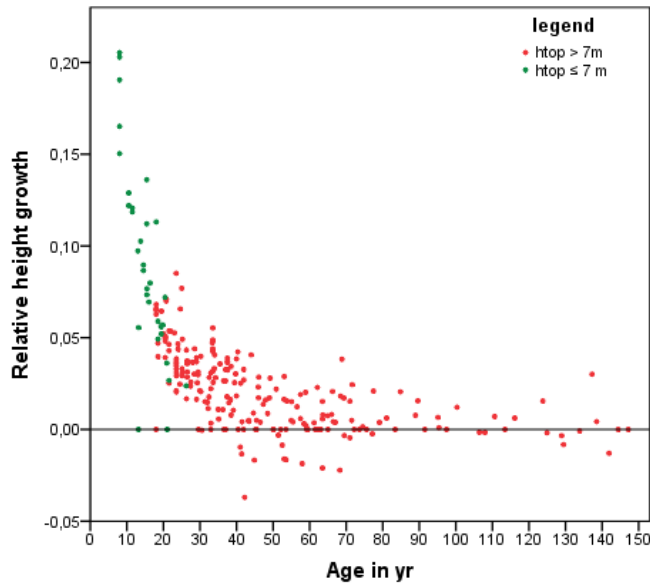
Hierin is  $x_i$  een variabele die 1 is in het  $i^{\text{de}}$  perk en 0 elders.

Om dit probleem te vermijden geven La Bastide & Faber (1972) een oplossing, door niet  $h_{top}$  te schatten maar de relatieve groei ervan:

$$y = \frac{dh_{top}}{dt} \cdot \frac{1}{h_{top}} = \frac{(h_{top2} - h_{top1})}{(t_2 - t_1) \cdot (h_{top1} + h_{top2})/2} \quad (9)$$

Met de huidige reken capaciteit is dat niet meer nodig, maar hiermee kunnen wel goede beginschatters voor de modelparameters worden gevonden.

In Figuur 3 is deze relatieve groei tegen de leeftijd uitgezet, met de hier getoonde grote variatie zal een duidelijk beste model niet eenduidig te bepalen zijn. De waarnemingen met een opperhoogte beneden de 7 m hebben een zeer grote invloed op keuze voor de groeicurve (Figuur 3). In de meeste opbrengsttabellen wordt de moeilijk te modelleren jeugdgroei dan ook weggelaten. Aangezien er nauwelijks waarnemingen in Zuid-Nederland zijn met een opperhoogte beneden de 7 m, is er geen onderscheid in de Figuur 3 gemaakt tussen Noord- en Zuid-Nederland.



**Figuur 3. Relatieve hoogtegroeï als functie van de leeftijd. Negatieve waarden duiden op topsterfte (uiteraard kan er in een lang meetinterval ook bij een positieve relatieve hoogtegroeï sprake van topsterven zijn geweest).**

Figure 3. Relative height increment as a function of age. Negative values indicate dieback (over a long time interval, dieback may have also occurred, despite an overall positive relative height increment).

Jansen *et al.* (2018a) gebruikten een Multi criteria-analyse (MCA) met de criteria van Pagina 8 met gelijk gewicht meegenomen, om vervolgens nog een test te doen. Alle heteromorfe varianten van het Chapman-Richards model (Burkhart & Tennent, Jansen & Hildebrand en Jansen *et al.*, 2016) af omdat juist de parameters die afhankelijk van de boniteit gedefinieerd waren, niet significant bleken. In geen van de onderzochte modellen bleek er een parameter te verschillen tussen de groeigebieden Noord en Zuid.

In tabel 2 zijn de resultaten weergegeven van de regressieanalyse van de opperhoogte met de besproken modellen. In de bovenste helft van de Tabel 2 de absolute waarde voor de criteria opgenomen. In het onderste deel van de tabel is de volgorde van resultaat (beste=1 en slechtste is 5) gegeven (2.5 betekent gedeelde 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> plaats).

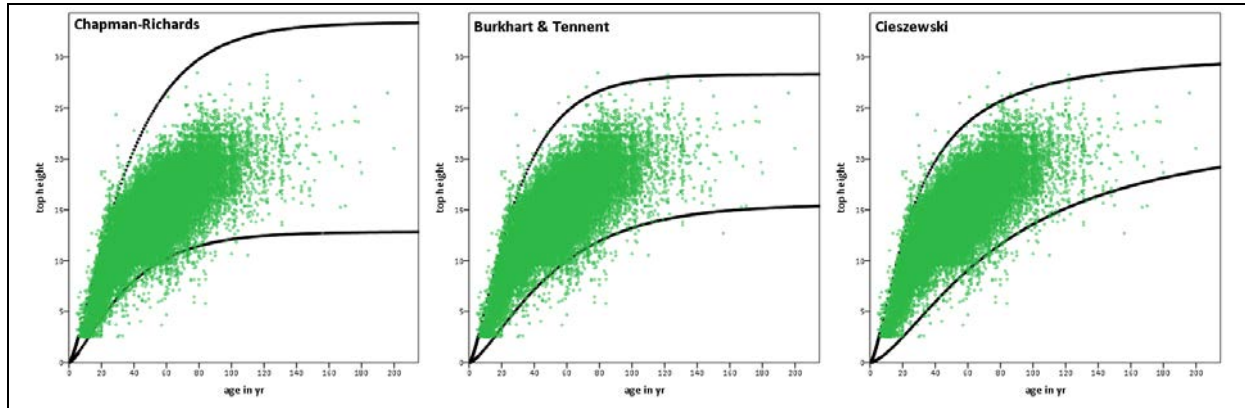
**Tabel 2. Resultaten van niet-lineaire regressie met de geselecteerde modellen in MCA.**

Table 2. Results of nonlinear regression for the selected models in MCA.

	model	npar <sup>*)</sup>	R <sup>2</sup> adj	CV_S	h <sub>50</sub>	S	t <sub>130</sub>	h <sub>if</sub>	s/ns	result
values	Chapman-Richards	2	0.970	5 {2;8}	19 {11;28}	23 {13;33}	5 {4;7}	4 {2;6}	+	3
	Burkhart & Tennent	3	0.970	5 {2;9}	19 {11;26}	23 {13;28}	5 {3;8}	4 {3;5}	-	2
	Jansen & Hildebrand	3	0.970	5 {2;8}	19 {13;26}	23 {13;32}	5 {3;7}	4 {3;5}	-	5
	Jansen <i>et al.</i> 2016	4	0.970	6 {3;9}	19 {11;28}	23 {13;32}	6 {4;8}	6 {4;8}	-	4
	Cieszewski	3	0.970	3 {1;6}	19 {10;25}	27 {24;31}	6 {3;10}	5 {5;6}	-	1
ranking	Chapman-Richards	2	2	2.5	4.5	5	3	5	1	23
	Burkhart & Tennent	3	1	4	2	1	4	3.5	3.5	19
	Jansen & Hildebrand	3	5	2.5	3	3.5	5	3.5	3.5	26
	Jansen <i>et al.</i> 2016	4	4	5	4.5	3.5	2	2	3.5	24.5
	Cieszewski	3	3	1	1	2	1	1	3.5	12.5
	best score		max	min	18 {11;23}	< 28	6 {4;10}	5.4 {4;7}	s	

<sup>\*)</sup> Aantal model parameters exclusief de 94 boniteit parameters voor ieder proefperk.

In Figuur 4 zijn de waarnemingen uit de 4<sup>e</sup> Bosstatistiek uitgezet met de modellijnen van perken met de beste en slechtste boniteit voor de drie best scorende modellen uit de MCA. Het aantal waarnemingen buiten de lijnen bedraagt 1.8 % bij Chapman-Richards, 1.3 % bij Burkhardt & Tennent en 0.4 % bij Cieszewski. En op het geschat heeft het model van Cieszewski ook het minste “wit” tussen de lijnen. Dus ook hier voldoet het model van Cieszewski het best en is dit model gekozen.



**Figuur 4. Hoogtewaarnemingen in 4<sup>e</sup> Bosstatistiek en curven van de laagste en hoogste boniteit per model.**

Figure 4. Top height observations in Fourth Dutch Forest Inventory with lowest and highest site curves per model.

### 3.3 Uiteindelijke model

In formule (10) en alle volgende vergelijkingen die een onderdeel van het opbrengstmodel vormen worden de parameters genummerd als  $c_1$ ,  $c_2$  enzovoorts.

$$h_{top} = h_{70} \cdot \frac{t^{c_1} \cdot (70^{c_1} \cdot R + c_2)}{70^{c_1} \cdot (t^{c_1} \cdot R + c_2)}, \text{ where } R = Z + \sqrt{Z^2 + \frac{2 \cdot c_2 \cdot h_{70}}{70^{c_1}}} \text{ and } Z = h_{70} - c_3 \quad (10)$$

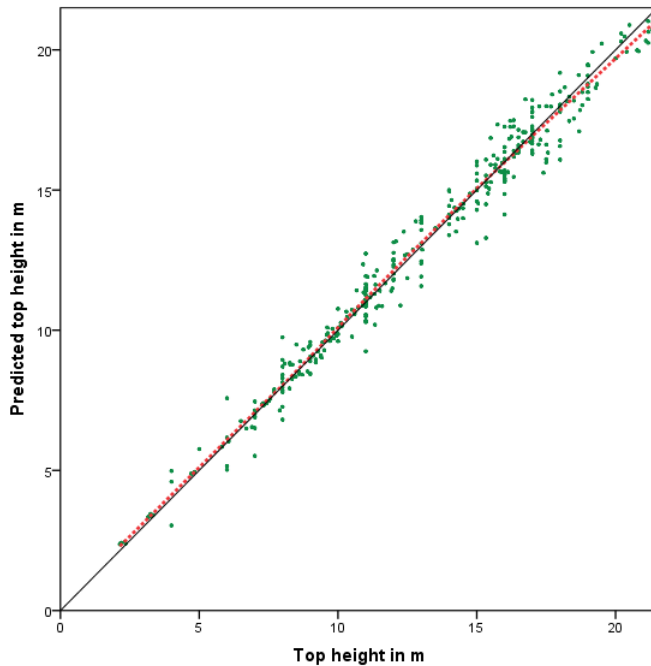
In Tabel 3 zijn de parameters van de oplossing van Formule (10) opgenomen met wat kencijfers van de analyses uit Tabel 2.

**Tabel 3. Parameters voor hoogteontwikkelingsmodel (10) en andere eigenschappen.**

Table 3. Parameters for height development model (10) and other characteristics.

$R^2$	$R^2_{adj}$	RMSE	Parameter	Estimate	Std. Error	$S$	$h_{70}$	$t_{130}$	$h_{ip}$
0.978	0.970	0.75	$c_1$	1.5162	0.076	27 {24;31}	19 {10;25}	6 {3;10}	5 {5;6}
			$c_2$	2500.5706	2207.806				
			$c_2$	22.0801	4.818				

In Figuur 5 is de met Formule (10) voorspelde opperhoogte uitgezet tegen de gemeten opperhoogte. De gearceerde rode lijn betreft het voortschrijdend gemiddelde. Te zien is dat de hoogte vanaf ca 16 m wordt onderschat. Voor de zekerheid is dat met alle onderzochte modellen ook bekeken en ieder model liet dezelfde afwijking zien. Daarnaast ik dit ook nog gedaan voor het Korf model ook hier werd dezelfde afwijking gevonden. Het Korf model is bekeken omdat dit model in de oude opbrengsttabel van Grandjean en Stoffels (1955) is gebruikt. De mogelijke verklaring moet in data van de HOSP-studie liggen, hier zijn veel proefperken met grote teruggang in de hoogte (zie Figuur 1).

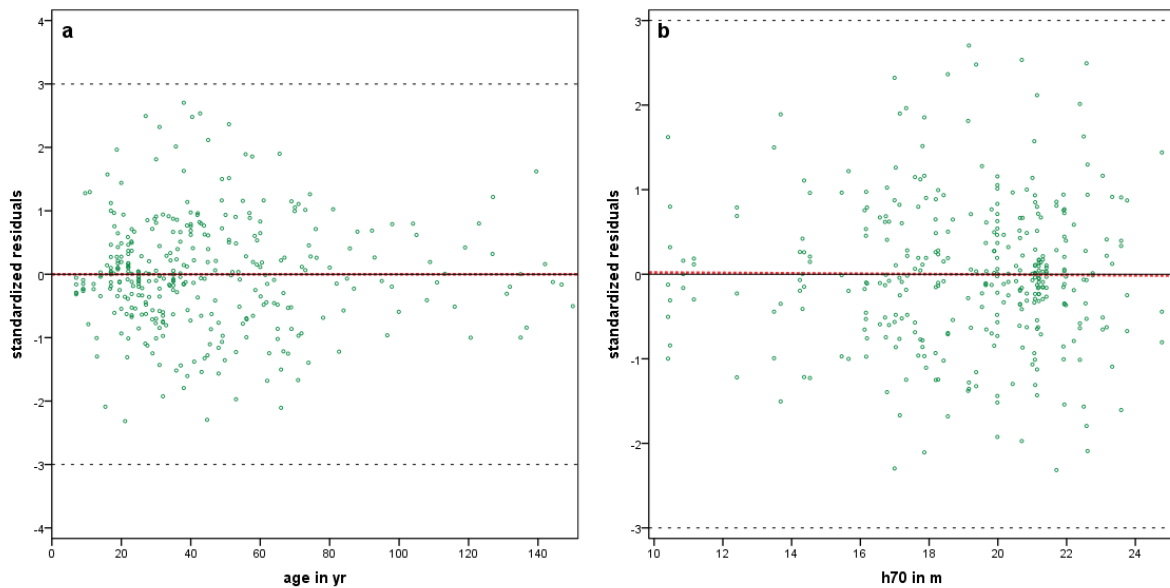


**Figuur 5. Voorspelde opperhoogte met Formule (10) in relatie met gemeten opperhoogte op tijdstip van de waarneming. De rode lijn geeft het voortschrijdend gemiddelde weer, de zwarte lijn geeft de perfecte fit met een hoek van 45° weer.**

Figure 5. Predicted top height with model (10) in relation with observed top height at recording time. The red line represents the moving average, the black line the perfect fit with an angle of 45°.

### 3.3.1 Analyse van de residuen

Bij lineaire regressie is het gebruikelijk naar uitbijters te kijken om fouten op te sporen. De residuen van de NLR met Formule (10) zijn uitgezet tegen de systeemvariabelen leeftijd en  $h_{70}$  (Figuur 6).



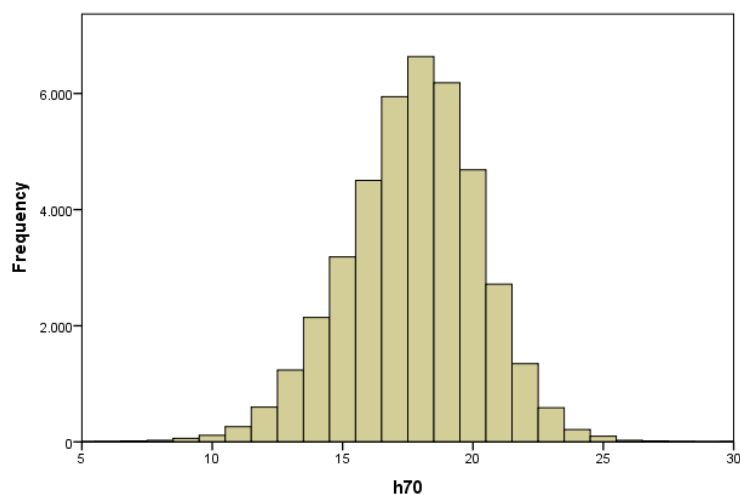
**Figuur 6. Gestandaardiseerde residuen in relatie tot leeftijd (a) en  $h_{70}$  (b), de rode lijn geeft de lineaire fit weer.**

Figure 6. Standardized residuals in relation to top height (a) and  $h_{70}$  (b), the red line is the linear fit.

In Figuur 6 is te zien dat er geen onzuiverheid is in het model ten opzichte van beide modelvariabelen.

### 3.3.2 Boniteitindeling

Met de gegevens van de 4<sup>e</sup> Bosstatistiek (CBS, 1985) is van 40617 monocultures met grove den de  $h_{70}$  bepaald volgens de methode van Jansen *et al.* (2016). Dit leidt tot de verdeling over de  $h_{70}$  zoals weergegeven in Figuur 7.



**Figuur 7. Frequentiehistogram van  $h_{70}$  in 4e bosstatistiek.**

Figure 7. Frequency histogram of  $h_{70}$  in the Fourth Dutch Forest Inventory.



Het frequentiehistogram van Figuur 7 is redelijk normaal verdeeld. De gemiddelde  $h_{70}$  bedraagt 17.4 en ligt tussen 4.6 en 33.6 m. In de plotdata was dat 18.9 {10.4; 24.8}, dus zowel aan de boven- als aan de onderkant veel groter in de data van de 4<sup>e</sup> Bosstatistiek. Er is gekozen om het deel tussen 10.3 en 25.3 m in 5 boniteiten in te delen. Zie Tabel 4 voor het resultaat. Met deze indeling heeft 0.2 % van alle opstanden van de grove den een betere boniteit dan de I<sup>e</sup> en 0.5 % heeft een slechtere boniteit dan de V<sup>e</sup>.

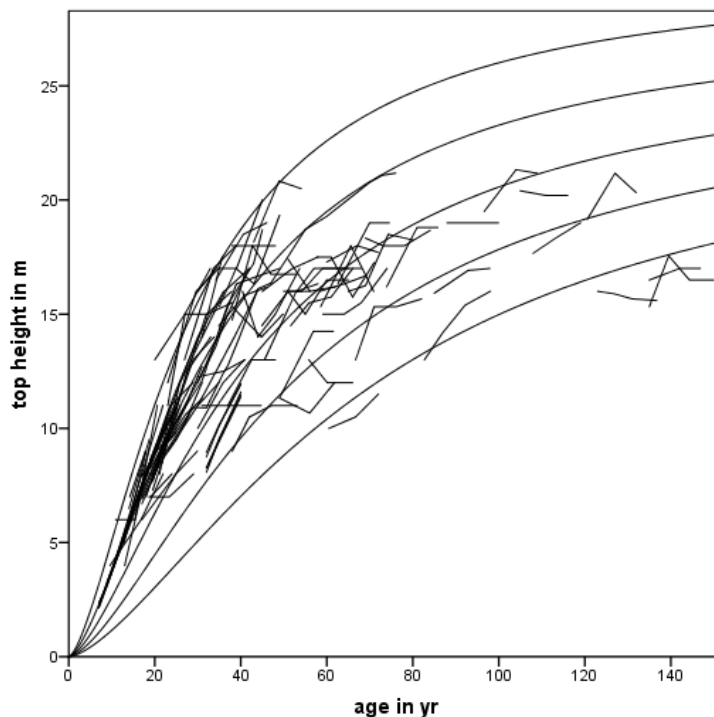
**Tabel 4. Indeling in boniteiten gebaseerd op de  $h_{70}$ .**

Table 4. Classification in site classes based on the  $h_{70}$ .

Boniteit site class	$h_{70}$ $h_{70}$	Bereik $h_{70}$ range $h_{70}$	% in dataset % in data set	% in 4 <sup>e</sup> Bosstatistiek % in 4th forest inventory
< I		> 25.3		0.2
I	23.8	(21.1 – 25.3)	10.6	2.6
II	20.8	(18.7 – 22.3)	46.0	24.0
III	17.8	(16.3 – 19.3)	27.0	45.8
IV	14.8	(13.9 – 16.3)	11.2	22.4
V	11.8	(11.5 – 13.3)	5.2	4.5
> V		< 10.3		0.5

In de dataset blijken de betere boniteiten oververtegenwoordigd, wat ook bij de eerder geanalyseerde datasets het geval was.

In Figuur 8 is de hoogteontwikkeling per boniteit samen met die van de proefperken weergegeven.



**Figuur 8. Hoogteontwikkeling van de proefperken en boniteitcurven.**

Figure 8. Top height development of the plots with site curves.

### **3.4 Conclusie**

De hoogtegroeï van de grove den is onderzocht. Veel modellen voldeden niet aan de eisen en met een Cieszewski model werd de hoogtegroeï gemodelleerd. Hiermee is een indeling in 5 boniteiten gemaakt. Ongeveer 0.2 % van de grove dennenbossen in Nederland heeft een betere boniteit dan de hier gepresenteerde boniteit I, en ongeveer 0.5 % heeft een lagere boniteit dan boniteit V. Er bleek geen verschil in de parameters van het model tussen Zuid-Nederland en de rest van Nederland, hier als Noord-Nederland aangeduid. Een tekortkoming van het model is dat de hoogte niet zuiver voorspelt, waar een vermoedelijk verklaring voor is. Een ander probleem bij de analyse was het ontbreken van voldoende data beneden een leeftijd van 50 à 70 jaar voor de boniteiten IV en V.

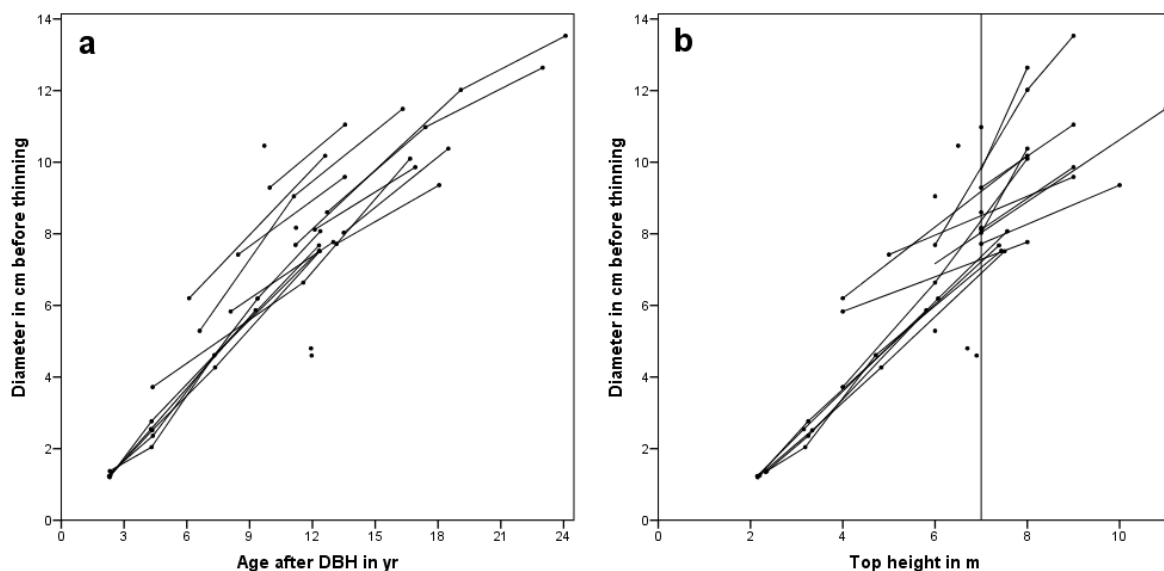
## 4. Opbrengstniveau

Naast de hoogtegroeï vindt ook diktegroeï plaats. Dit resulteert in diameterbijgroeï  $i_d = (d_2 - d_1)/(t_2 - t_1)$  en grondvlakbijgroeï  $i_G = (G_2 - G_1)/(t_2 - t_1)$ . Hoogtegroeï en diktegroeï tezamen resulteren in een volumebijgroeï. In opbrengsttabellen is een belangrijk doel juist de volumebijgroeï te bepalen. Aangezien het boomvolume in de dataset een afgeleide, berekende variabele is en niet berust op een primaire waarneming, zal ook de volumebijgroeï indirect worden berekend. Diameter en het totale grondvlak zullen in de loop van de tijd toenemen, maar gelijktijdig neemt ook de hoogte toe.

Jansen et al. (2016) onderzochten voor douglas een aantal groeimodellen en vonden dat de opstandontwikkeling tot een opstandhoogte van 7 m het best verklaard werd met een voorstelling van de diameter voor dunning. Vanaf een hoogte van 7 m werd de opstandontwikkeling beter verklaard door de grondvlakbijgroeï. In Paragraaf 4.1 zal de diameterontwikkeling en daaraan gekoppeld de grondvlakontwikkeling worden geanalyseerd en gemodelleerd. In Paragraaf 4.2 zal de grondvlakbijgroeï vanaf een hoogte van 7 m worden geanalyseerd en gemodelleerd.

### 4.1 Diameter- en grondvlakontwikkeling tot een hoogte van 7 m

Als maat voor de diameter is gekozen voor de “gemiddelde” diameter van de opstand voor dunning ( $d_{bt}$ ). Onder “gemiddelde” wordt hier verstaan het kwadratische gemiddelde. Het gaat dus om de  $d_g$ , maar de toevoeging  $g$  (van gemiddeld grondvlak) is weggelaten. Uit Figuur 9 blijkt dat de diameter voor dunning zowel met behulp van de leeftijd als de opperhoogte is te voorspellen. De eerste stap het selecteren van een goed groeimodel.



**Figuur 9. Verloop diameterontwikkeling als functie van leeftijd (a) en opperhoogte (b).**  
Figure 9. Course of the diameter development as a function of age (a) and top height (b).

Het model dat Jansen *et al.* (2016) voor de diameterontwikkeling van douglas gebruikte bestaat uit een component voor de jeugdgroei tot een hoogte van 7 m zonder dunning, en een component voor de ontwikkeling daarna, met een Gompertz-functie (1832) voor jeugdgroei en een powerfunctie daarna. Jansen *et al.* (2018a) vereenvoudigden het model en transformeerden het naar een schatter voor het gemiddelde boomgrondvlak voor dunning:

$$g_{bt} = \pi \cdot \left(\frac{d_{bt}}{200}\right)^2 = \pi \cdot \left(\frac{d_7}{200}\right)^2 \cdot \left\{ \frac{\exp(-b_1 \cdot e^{-b_2 \cdot (h_{top} - 1.30)})}{\exp(-b_1 \cdot e^{-b_2 \cdot (7 - 1.30)})} \right\}^2 \quad \text{for } h_{top} \leq 7 \text{ m} \quad (11)$$

where  $d_7 = a_1 + a_2 / \sqrt{N_0}$

Maar omdat er, lang voordat een hoogte van 7 m werd bereikt, veel zuiveringen plaatsvonden is in de term voor  $d_7$  het beginstamtal  $N_0$  vervangen door  $N_R$  het stamtal na zuivering. Verder bleken beide parameters van de Gompertz-curve niet significant en is gekozen voor een power functie, het model luidt dan:

$$g_{bt} = \pi \cdot \left(\frac{d_{bt}}{200}\right)^2 = \pi \cdot \left(\frac{d_7}{200}\right)^2 \cdot \left(\frac{h_{top} - 1.30}{7 - 1.30}\right)^{c_4} \quad \text{for } h_{top} \leq 7 \text{ m} \quad (12)$$

where  $d_7 = c_5 + c_6 / \sqrt{N_R}$

$N_R$  = Number of trees per ha after refinements

Met 32 waarnemingen en een  $R^2$ adj van 0.719 de oplossing van Tabel 5 gevonden.

**Tabel 5. Parameters voor Model (12)**

Table 5. Parameters for Model (12).

Parameter	Estimate	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
$c_4$	0.8364	0.186	0.455	1.218
$c_5$	4.1604	1.457	1.180	7.140
$c_6$	221.0695	71.490	74.857	367.282

In Tabel 6 is het effect van het beginstamtal op de ontwikkeling van de diameter gegeven, indien er tot een opperhoogte van 7 m niet gedund wordt.

**Tabel 6. Diameter voor dunning bij  $h_{top} = 7$  m en HD-ratio per stamtal na zuivering.**

Table 6. Diameter before thinning at  $h_{top} = 7$  m and HD-ratio per density after refinements.

$N_R$	$d_7$	HD-ratio
2500	8.6	82
5000	7.3	96
10000	6.4	110
15000	6.0	117

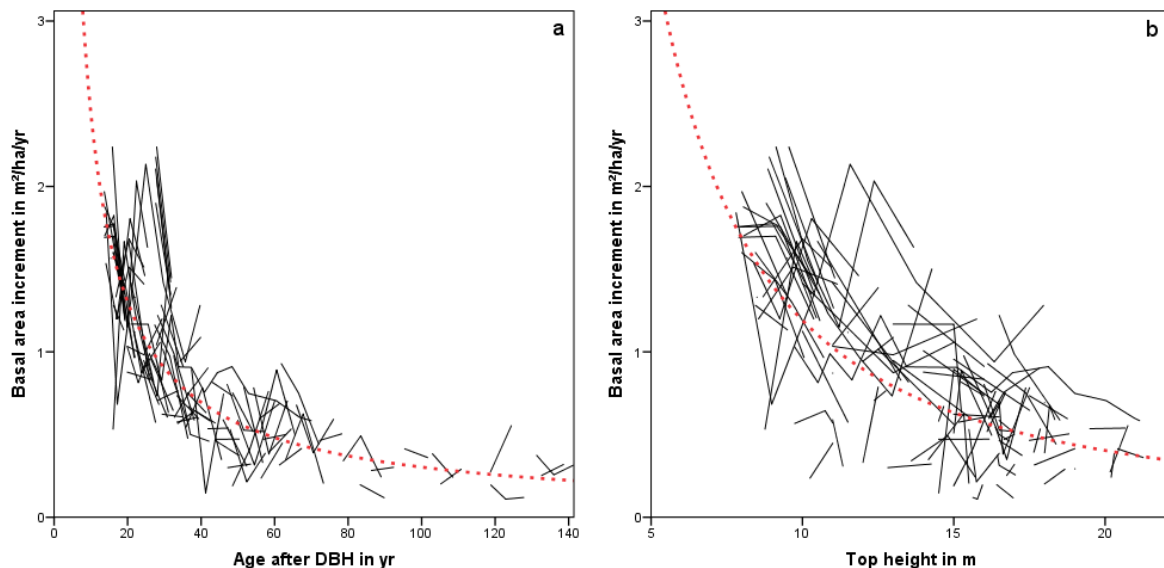
In de regressiediagnose werden geen aandachtspunten gevonden.

### Conclusie

Het model dat Jansen *et al.* (2016) voor douglas vonden bleek toepasbaar voor grove den. Er is een niet al te nauwkeurige schatter voor de  $d_7$  (de diameter bij een opperhoogte van 7 m) gevonden. En ook de ontwikkeling van die diameter tot  $d_7$  kan voorspeld worden.

## 4.2 Grondvlakbijgroei

Bij de analyse van de grondvlakbijgroei is als grens is een opperhoogte van 7 m aangehouden, ontwikkeling van het grondvlak tot die hoogte is in Paragraaf 4.1 al besproken. Hier wordt de groei vanaf een opperhoogte van 7 m behandeld. In de Figuren 11 is te zien dat de grondvlakbijgroei een nogal chaotisch verloop vertoont. Het lijkt erop of er sprake is van zowel naar leeftijd als hoogte een monotoon dalende functie, maar vooral voor de hoogte is er veel ruis. Dat was te verwachten, omdat het overgrote deel van de proefperken uit de HOSP-studie komt, door de geringe omvang van deze proefperken berust de opperhoogte vaak op slechts enkele waarnemingen en is bovendien in hele meters gemeten. Het betreft dus een variabele met geringe nauwkeurigheid.



**Figuur 10. Grondvlakbijgroei als functie van de leeftijd (a) en opperhoogte (b). De zwarte lijnen geven het verloop binnen één plot aan, de rode lijn de beste fit voor een power-functie over alle opnamen.**

Figure 10. The basal area increment as a function of age (a) and top height (b). The black line represents the course within one plot, the red line represents the best fit with a power function.

De grondvlakbijgroei betreft een berekende waarneming tussen 2 opnamen, de leeftijd en opperhoogte betreffen dan het gemiddelde tussen beide opnamen.

Totaal zijn er 222 opnamen beschikbaar voor de analyse.

### Stap 1. Bijgroeimodel voor grondvlak bepalen.

Jansen *et al.* (2016) ontwikkelden voor de grondvlakbijgroei van douglas het volgende model:

$$i_{G,ijk} = YI_j \cdot PL_k \cdot f_1(Tgr) \cdot f_2(boniteit) \cdot \left\{ \frac{F_3(h_2, t_2) - F_3(h_1, t_1)}{\Delta t} \right\} \quad (13)$$

Voor de douglas bleek  $f_2$  geen significante bijdrage te leveren.

Hierin is  $F_3$  een power-functie. In de Figuren 12a en 12b zijn de afgeleiden van  $F_3$  naar  $t$  en  $h_{top}$ , in beide gevallen dus weer een powerfunctie, getekend. Op grond daarvan mag geconstateerd worden dat een powermodel zoals Jansen *et al.* (2016) gebruiken geschikt is om de grondvlakbijgroei te verklaren.

### Stap 2. Verschilmodel voor grondvlakbijgroei.

Bij het fitten van vergelijking (13) kan de jaarindex  $YI$  voor het  $j^e$  kalender niet worden meegenomen wel bleek deze bij de douglas te kunnen worden vervangen door een correctiefactor  $cf_{80}$  met een waarde voor opnamen voor en na 1980.  $F_3$  is de functie voor de totale grondvlakproductie, hier voldeed een powerfunctie die zowel naar de hoogte als de leeftijd kan worden gemodelleerd. Voor de douglas bleek de toevoeging van de leeftijd geen extra verklaring te geven, voor de grove den is die wel van belang en  $f_2$  speelt net als bij de douglas geen rol, voor  $h_1 > 7$  m geldt dan:

$$i_G = cor_{tgr} \cdot c_7 \left[ \frac{c_{13} \cdot \left\{ (h_2 - 1.30)^b - (h_1 - 1.30)^b \right\} + (1 - c_{13}) \cdot \left\{ (t_2 - t_{130})^b - (t_1 - t_{130})^b \right\}}{dt} \right] \cdot cf_{80} \quad (14)$$

where  $h_1$  and  $h_2$  are the top heights at time  $t_1$  and  $t_2$

$t_1 = t_{i,j}$  and  $t_2 = t_{i,j+1}$  for the  $j^{th}$  record in the  $i^{th}$  plot

$$h_{2c} = \begin{cases} h_2 & \text{for } h_2 > h_1 \\ h_1 + \hat{h}_2 - \hat{h}_1 & \text{for } h_2 \leq h_1 \end{cases}$$

$$cor_{tgr} = \begin{cases} 1 & \text{for } S\%_0 \leq c_9 \\ 1 - c_8 \cdot \sqrt{S\%_0 - c_9} & \text{for } S\%_0 > c_9 \end{cases}$$

$S\%_0$  = Hart-Becking spacing index after thinning at time  $t_1$

$$b = \begin{cases} c_{10} & \text{for } h_1 > c_{12} \\ c_{10} + c_{11} \cdot \sqrt{c_{12} - h_1} & \text{for } h_1 \leq c_{12} \end{cases}$$

De correctiefactor  $cf_{80}$  bleek overal hetzelfde, dus 1. Met  $R^2_{adj} = 0.734$  en standaarddeviatie  $0.26 \text{ m}^2 \text{ jr}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  werden de parameters van Tabel 7 gevonden.

### Tabel 7. Parameterschatting met Model (14)

Table 7. Parameter estimation with Model (14).

Parameter	Estimate	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
$C_7$	13.9498	6.284	1.564	26.335
$C_8$	0.0806	0.010	0.061	0.100
$C_9$	20.6000	0.688	19.244	21.956
$C_{10}$	0.4994	0.086	0.330	0.669
$C_{11}$	0.0192	0.010	0.000	0.038
$C_{12}$	12.4433	0.702	11.059	13.828
$C_{13}$	0.3977	0.067	0.266	0.530

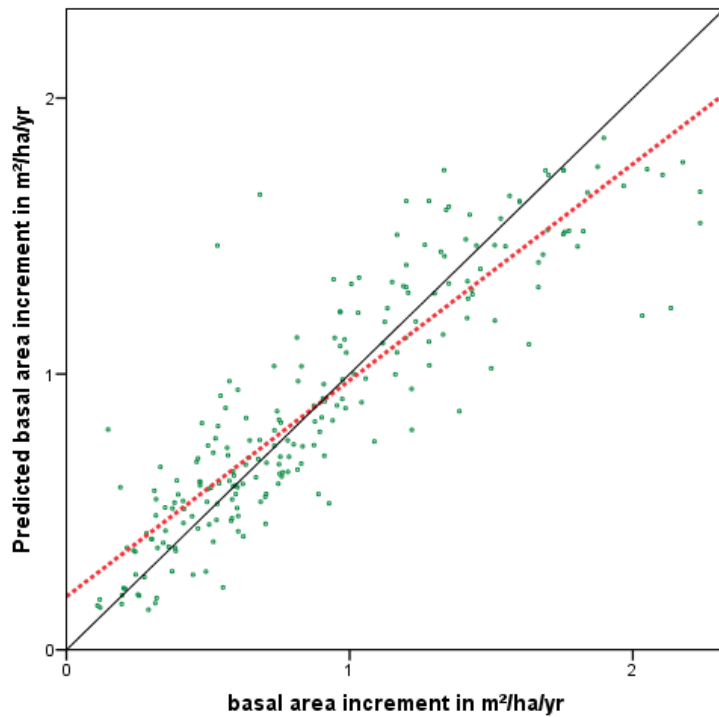
Er bleek enig significant verschil bij enkele parameters tussen Noord en Zuid, maar uiteindelijk bleken deze verschillen nauwelijks effect te sorteren in het uiteindelijke product “de opbrengsttabel” in Hoofdstuk 6. De verschillen zijn daarom genegeerd.

### Stap 3. Kwaliteit van Model (14)

Figuur 11 is te zien is dat het model lage waarden van de grondvlakbijgroei overschat en de hoge waarden onderschat. Dit heeft te maken met het ontbreken van een verfijnde jaarin- dex.

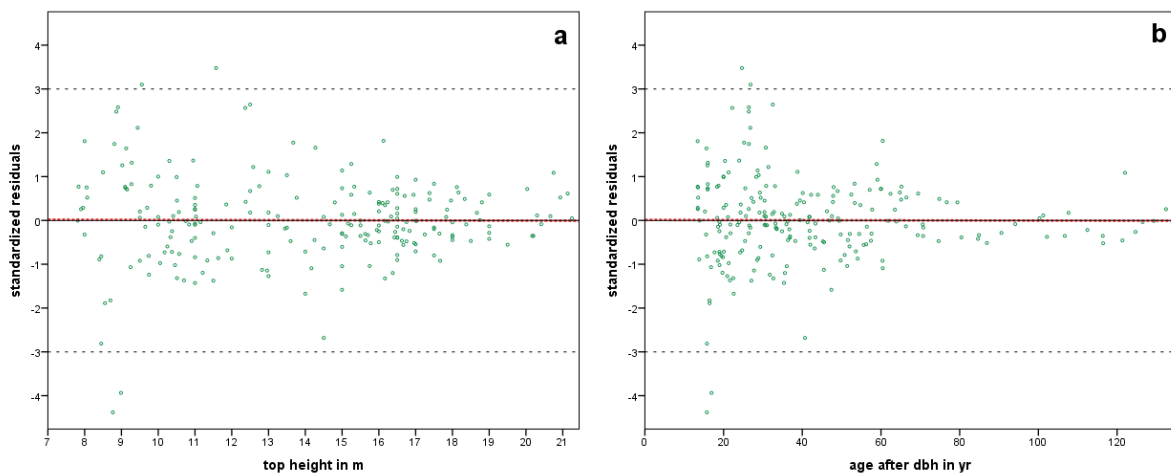
In de Figuren 12 en 13 is te zien dat er drie uitbijters meer zijn die meer dan  $3\sigma$  afwijken, een verklaring werd niet gevonden.

In de Figuren 12 en 13 is voorts te zien dat het model voor de modelvariabelen opperhoogte (12a), leeftijd (12b) en dunninggraad (13a) een nagenoeg zuivere schatter geeft, dat geldt ook voor de niet-model variabele boniteit  $h_{70}$  (13b), de geringe hellingshoeken van de lineaire fit zijn in geen van de figuren significant.



**Figuur 11. Voorspelde grondvlakbijgroei als functie van de gemeten grondvlakbijgroei. De zwarte lijn geeft een 1 op 1 verhouding aan; de rode lijn is de lineaire fit door de puntenwolk.**

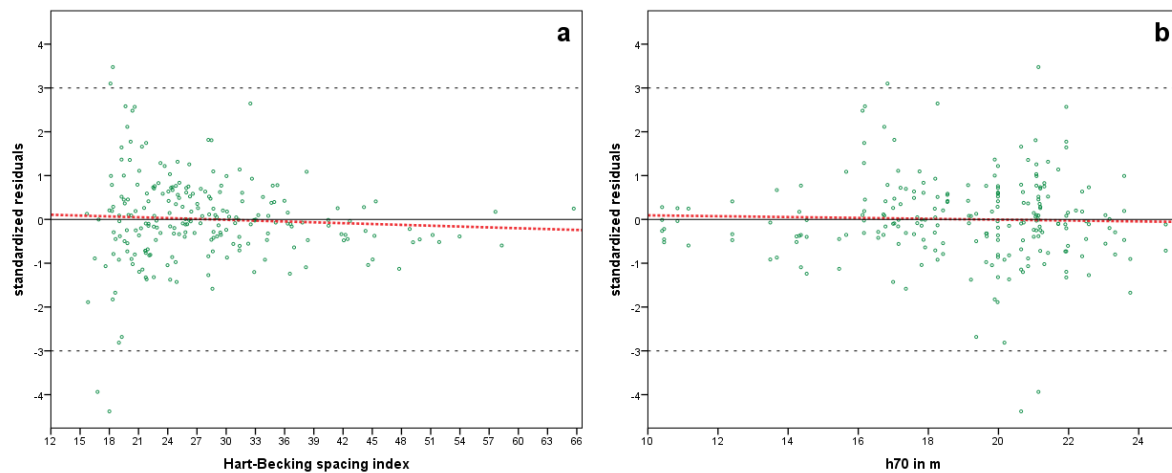
Figure 11. Predicted basal area increment as a function of the measured basal area increment. The black line represents a 1 to 1 relation; the red line is the linear fit through the point cloud.



**Figuur 12. Gestandaardiseerde residuen van Model (14) in relatie tot de modelvariabelen opperhoogte (a), leeftijd (b). De rode lijn geeft de lineaire regressielijn weer door de residuen.**

Figure 12. Standardized residuals of Model (14) in relation to the model variables top height (a) and age (b). The red line shows the linear regression line through the residuals.





**Figuur 13. Gestandaardiseerde residuen van Model (14) in relatie tot de modelvariabele S% en de niet model variabele h<sub>70</sub>. De rode lijn geeft de lineaire regressielijn weer door de residuen.**

Figure 13. Standardized residuals of Model (14) in relation to the model variables S% and non-model variable h<sub>70</sub>. The red line shows the linear regression line through the residuals.

### Conclusie

Met het model van Jansen *et al.* (2016) is de grondvlakbijgroei te voorspellen, niet alle elementen van het model bleken toepasbaar. Het model voldoet niet aan de verbeterde wet van Eichhorn. Het verschil tussen de bosgebieden Noord en Zuid was zo gering dat het genegeerd is.

Het plotniveau zou volgens Formule (13) als volgt kunnen worden bepaald:

$$i_G = \hat{i}_{G\_f14} \cdot PL_k \quad \text{for } k \in \text{selection} \quad (15)$$

Maar aangezien van de 222 plots er slechts 2 op meer dan 3 waarnemingen is een redelijke schatting niet mogelijk.

## 5. Dunningstelsysteem

In de dunningproeven van studie 1 en 2 zijn verschillende vaste dunninggraden nagestreefd (zie Tabel 8).

**Tabel 8. Dunninggraden**

Table 8. Thinning grades

$Tgr_0$	S% bij 50 jr	Omschrijving
1	13	zonder dunning
2	16	zwakke laagdunning
3	19	matige laagdunning
4	22	sterke laagdunning
5	25	zeer sterke laagdunning
6	28	open stand

Er is reden om aan te nemen dat de dunninggraad, zoals hier gedefinieerd via het S%, op latere leeftijd moet stijgen. De achtergrond van dit fenomeen heeft betrekking op de kroonontwikkeling. Vanaf ongeveer 50 jaar neemt de hoogtegroeifactor af omdat er in toenemende mate topsterfte optreedt. Dit resulteert in een hogere ratio tussen de kroonbreedte en hoogte vanaf die tijd dan ervoor. Het S% is dan niet langer een constante maar verandert met de tijd:

$$S\% = \begin{cases} 13 + 3 \cdot (Tgr_0 - 1) & age \leq 50 \\ 13 + 3 \cdot (Tgr_0 - 1) + c_{14} \cdot (age - 50) & age > 50 \end{cases} \quad (16)$$

Vanaf de eerste dunning of sterfte tot een leeftijd van 50 jaar komt het S%, behorend bij de in te stellen dunninggraad  $Tgr_0$ , overeen met die uit de tweede kolom van de tabel, daarna loopt het S% langzaam op.

Een model om  $c_{14}$  te schatten luidt:

$$S\%_{ij} = \begin{cases} S\%_j & age \leq 50 \text{ and } h_{top} > 7 \\ S\%_j + c_{14} \cdot (age_{ij} - 50) & age > 50 \text{ and } h_{top} > 7 \end{cases} \quad \text{for the } i^{th} \text{ record in the } j^{th} \text{ plot} \quad (17)$$

Gevonden werd  $c_{14} = 0.1199$ , met een ruim 95% betrouwbaarheidsinterval  $\{0.0383; 0.2016\}$ . Omdat in het merendeel van de proefperken (de HOSP-plots) geen sprake is van experimentele behandeling met een zekere dunninggraad, komt deze onnauwkeurigheid overeen met onze verwachting.

In de opbrengsttabellen voor Duitsland, het Verenigd Koninkrijk en Nederland (zowel de vigerende als oudere tabellen) blijkt het S% vanaf 50 jaar ook toe te nemen (zie Tabel 9).

**Tabel 9. Verloop S% in vergeleken opbrengsttabellen vanaf 50 jaar.**

Table 9. Course of S% in some yield tables from 50 year and up.

Tabel	land	dunninggraad	S% bij 50%	Δ S% /jr
Grandjean & Stoffels, 1955	Nederland		21.3	0.1225
Faber, 1996	Nederland		23.2	0.1123
Wiedemann, 1943 <sup>1)</sup>	Duitsland	matige dunning	18.0	0.1452
Wiedemann, 1943 <sup>1)</sup>	Duitsland	sterke dunning	20.0	0.1152
Lembcke et al., 1975	Duitsland	zwakke dunning	16.6	0.1138
Hamilton & Christie, 1973	Verenigd Koninkrijk		23.7	0.0221

<sup>1)</sup> In: Schober, 1987

Bij Hamilton & Christie is die toename verwaarloosbaar en het gemiddelde van de overige tabellen bedraagt 0.1218, dus redelijk in overeenstemming met de geschatte waarde van  $c_{14}$ . De dunninggraden hebben dus niet langer een vast maar een variabel S%.

Er is een verband gedefinieerd tussen het stamtal en de diameter na dunnen of sterfte door Reineke (1933). Dit komt aan de orde in Paragraaf 5.1. La Bastide & Faber (1972) ontwikkelden een model om de diameter na dunning te bereken, dit model wordt in Paragraaf 5.2 besproken.

Bij de analyse in Hoofdstuk 5 zijn opnamen uitgesloten die meer dan 2 dunninggraden van voorgaande afwijken (dit is meestal stormschade) en waarbij de diameter van de dunning hoger is dan die voor dunning (dat betreft soms stormschade en soms hoogdunning).

### 5.1 Reineke's stamtal-diameter-relatie

Reineke (1933) formuleerde een allometrische relatie tussen stamtal en diameter voor ongedunde opstanden voor diverse soorten in Oregon en Washington (USA) als volgt:

$$\log N = K + c \cdot \log d_{am} \quad (18)$$

Jansen *et al.* (2016) breidde dit model voor geplante en gedunde opstanden uit tot:

$$\log N_{at} = K_0 - u - \sqrt{u^2 + c_{18}^2} \quad (19)$$

where  $u = -\frac{1}{2} \cdot \{c_{15} - c_{16} \cdot \log d_{at} - c_{17} \cdot (Tgr - 1) - K_0\}$

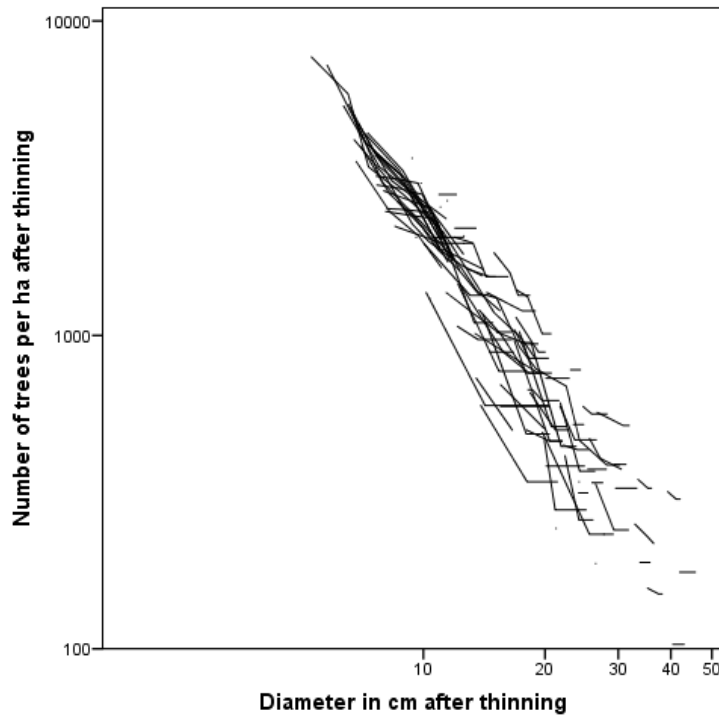
Met een  $R^2$ adj van 0.970 werd de volgende oplossing gevonden (zie Tabel 10).

**Tabel 10. De geschatte parameters met Model (19).**

Table 10. The estimated parameters with Model (19).

Parameter	Estimate	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
$c_{15}$	5.0421	0.024	4.995	5.089
$c_{16}$	1.5200	0.022	1.476	1.564
$c_{17}$	0.0510	0.002	0.047	0.055
$c_{18}$	0			

Omdat in de plantafstandproef van studie 3 er vanaf de 2<sup>e</sup> opname met  $h_{top}$  waarden onder 7 m al zwaar gedund werd zijn alleen opnamen met  $h_{top} > 7$  m geselecteerd, hierdoor is  $c_{18}$  niet te schatten. In Figuur 14 is het stamtal na dunning uitgezet tegen de diameter na dunning, beide in een logaritmische schaal. De hellingshoek  $c_{16}$  is iets vlakker dan bij Reineke (ongeveer 1.6).



**Figuur 14. Relatie stamtal en diameter na dunning voor  $h_{top} > 7$  m.**

Figure 14. Relation between stem density and diameter after thinning for  $h_{top} > 7$  m.

## 5.2 Model van La Bastide-Faber voor voorspelling diameter na dunning

Het stamtal na dunning wordt bepaald met het S-procent van Hart.

Jansen *et al.* (2016) voorspellen de diameter na dunning met een modificatie van het model van La Bastide & Faber (1972):

$$d_{at} = d_{bt} \cdot \left\{ R \cdot \frac{a_{at}}{a_{bt}} + 1 - R \right\} \quad (20)$$

where  $R = c_{19} + c_{20} \cdot h_{70} + c_{21} \cdot \sqrt{Tgr} + c_{22} \cdot t$

Met een  $R^2$ adj van 0.998 worden de parameters van Tabel 11 gevonden:

**Tabel 11. Parameterschatting met Model (20).**

Table 11. Parameter estimation with Model (20).

Parameter	Estimate	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
C <sub>19</sub>	0.8372	0.113	0.614	1.060
C <sub>20</sub>	-0.0091	0.004	-0.017	-0.001
C <sub>21</sub>	-0.1017	0.022	-0.146	-0.058
C <sub>22</sub>	-0.0039	0.001	-0.005	-0.002

Bij de analyse zijn alle opnamen uitgesloten waarbij er minder dan 4 bomen uit het proefperk waren verdwenen, omdat dit meestal geen dunning maar sterfte betreft. Ook opnamen waarbij de diameter voor dunning hoger was dan die na dunning zijn uitgesloten, omdat dit geen normale laagdunning betreft. Door die selectie bleek de oudste opname slechts 85 jaar omdat extrapolatie tot het eind van het datatraject tot ongeveer 150 jaar af te raden is, is hiervoor ook het originele model van La Bastide & Faber gefit:

$$d_{at} = d_{bt} \cdot \left\{ c_{23} \cdot \frac{a_{at}}{a_{bt}} + 1 - c_{23} \right\} \quad (21)$$

Met een  $R^2$ adj van 0.996 werd voor de parameter gevonden  $c_{23} = 0.2547$  in een 95% betrouwbaarheidsinterval {0.233;0.276}

### 5.3 Conclusie

In de inleiding is aangegeven hoeveel stammen er afhankelijk van de dunninggraad bij een zekere hoogte gedund worden. Hieruit volgt het stamtal na dunning. Met de inverse van Formule (19) is dan de diameter na dunning te voorspellen. Het probleem daarbij is dat vanwege die logaritmische transformatie de diameter zelf niet zuiver geschat wordt. De andere schatter van de diameter na dunning met de Formules (20) en (21) uit Paragraaf 5.2 heeft een hogere  $R^2$  en is zuiver en geniet daarom de voorkeur.

## 6. Constructie Opbrengsttabellen

Met de in deze studie gevonden relaties zullen nu nieuwe opbrengsttabellen worden gemaakt met verschillende dunninggraden.

Al eerder is besloten een indeling in relatieve boniteiten te maken, met daaraan gekoppeld de "hoogte" op 70 jaar. Er is gekozen voor een presentatie van gegevens op dezelfde wijze als voor de douglas door Jansen *et al.* (2016).

Voor een groot aantal van deze gegevens kunnen de gevonden relaties in de voorafgaande hoofdstukken worden gebruikt. Maar er zullen nog wat allometrische relaties gefit moeten worden, voor variabelen die tot nu toe nog niet voorkwamen.

### 6.1 Overige allometrische relaties

#### Dominante hoogte

Het model van Jansen *et al.* (2016) is gekozen:

$$h_{dom} = \begin{cases} h_{top} - c_{24} \cdot h_{top}^{c_{25}} & \text{voor } N_{at} > 250 \\ \frac{N_{at} - 100}{250 - 100} \cdot (h_{top} - c_{24} \cdot h_{top}^{c_{25}}) + \frac{250 - N_{at}}{250 - 100} \cdot h_{top} & \text{voor } 100 < N_{at} \leq 250 \\ h_{top} & \text{voor } N_{at} \leq 100 \end{cases} \quad (22)$$

Met een  $R^2$ adj van 0.990 werd gevonden voor 260 waarnemingen in 71 proefperken:  $c_{24} = 0.0784$  en  $c_{25} = 0.4966$ .

#### Dominante diameter

Voor de dominante diameter werd het model van Jansen *et al.* (2016) gefit:

$$d_{dom} = \begin{cases} d_{dom2} & \text{for } h_{top} \leq 7 \text{ m} \\ (2 \cdot d_{dom2} + d_{dom1})/3 & \text{for } 7 < h_{top} \leq 9 \text{ m} \\ (d_{dom2} + 2 \cdot d_{dom1})/3 & \text{for } 9 < h_{top} \leq 11 \text{ m} \\ d_{dom1} & \text{for } h_{top} > 11 \text{ m} \end{cases}$$

$$\text{where } d_{dom1} = d_{at} + \left\{ c_{26} \cdot h_{70}^{c_{27}} \cdot (d_{at}/c_{28})^{c_{29}-1} \cdot \exp\left(- (d_{at}/c_{28})^{c_{29}}\right) \right\} \cdot (1 - c_{30} \cdot Tgr_0)$$

$$d_{dom2} = c_{31} \cdot d_{at} \quad (23)$$

$Tgr_0$  is the actual thinning grade from Formula 20 with max  $Tgr_0 = 7$

Met een  $R^2$ adj van 0.960 werden de volgende parameters gevonden:  $c_{26} = 20.8128$ ,  $c_{27} = -0.1465$ ,  $c_{28} = 40$ ,  $c_{29} = 1.4412$ ,  $c_{30} = 0.0471$  en  $c_{31} = 1.3701$ . Bij de residuen zijn geen belangrijke afwijkingen te vinden, geconcludeerd is dat Formule (23) geschikt is.

#### Gemiddelde opstandhoogte

Jansen *et al.* (2016) vonden voor de gemiddelde hoogte ( $h_g$ ) na dunning een powerfunctie gevonden met in de loop van de ontwikkeling wijzigende parameters:

$$h_{at} = \begin{cases} h_{at(2)} & \text{for } h_{top} \leq 1.30 \text{ m} \\ h_{at(2)} & \text{for } h_{at(1)} \leq h_{at(2)} \\ h_{at(1)} & \text{else} \end{cases} \quad (24)$$

$$\text{where } h_{at(1)} = (c_{32} + c_{33} \cdot \text{age}) \cdot h_{top}^{(c_{34} - c_{35} \cdot h_{top})}$$

$$h_{at(2)} = c_{46} \cdot h_{top} \quad \text{and } c_{46} = 0.8 \text{ (a set value)}$$

Met een  $R^2$ adj van 0.985 werden de volgende parameters gevonden:  $c_{32} = 0.7185$ ,  $c_{33} = 0.0002751$ ,  $c_{34} = 1.1004$  en  $c_{35} = 0.0006129$ . De begrenzing met de  $c_{46}$  parameter is achteraf ingesteld omdat de basisformule ( $h_{at} = (c_{32} + c_{33} \cdot \text{age}) \cdot h_{top}^{(c_{34} - c_{35} \cdot h_{top})}$ ) voor lage leeftijden onrealistische waarden opleverde.

Voor de hoogte voor dunning volgde:

$$h_{bt} = c_{36} \cdot h_{at} \quad \text{with } R^2\text{adj} = 0.998 \text{ and } c_{36} = 0.9928 \quad (25)$$

### Opstandvolume

In de data zijn de boomvolumes bepaald met de Formule (26), zie Dik (1984). Dik gebruikte het Schumacher-Hall-model (1933):

$$v = d^{c_{37}} \cdot h^{c_{38}} \cdot e^{c_{39}} \quad \text{met } d \text{ in cm, } h \text{ in m en } v \text{ in dm}^3 \quad (26)$$

Voor grove den geldt:  $c_{37} = 1.82075$ ,  $c_{38} = 1.07427$  en  $c_{39} = -2.88085$

Van de perken van de Dorschkamp zijn geen boomgegevens meer beschikbaar, maar alleen opstandgegevens. Deze zijn vermoedelijk met een eerdere versie van (26) berekend met iets afwijkende constanten. Daarom is met vaste waarden voor  $c_{37}$  en  $c_{38}$ , de parameter  $c_{39}$  opnieuw geschat, gevonden werd  $c_{39} = -2.89042$ .

Formule (26) is niet geschikt om het opstandvolume te bepalen. In het verleden werd gebruik gemaakt van de gemodificeerde opstandvolumefunctie van Heisterkamp (1981), de functie luidt:

$$V = c_{40} \cdot G^{c_{41}} \cdot h_{top}^{(c_{42} + c_{43} \cdot t_0)} \quad \text{met } G \text{ in m}^2/\text{ha, } h_{top} \text{ in m en } V \text{ in m}^3/\text{ha} \quad (27)$$

$$\text{met } t_0 = t - t_{1.30}$$

Deze is opnieuw gefit met:

$$y = V_{bt} + V_{at} = c_{40} \cdot h_{top}^{(c_{42} + c_{43} \cdot t_0)} \cdot (G_{bt}^{c_{41}} + G_{at}^{c_{41}}) \quad (28)$$

Met een  $R^2$  van 0.986 is gevonden:  $c_{40} = 0.6960$ ,  $c_{41} = 0.9609$ ,  $c_{42} = 0.9093$  en  $c_{43} = -0.000142$ .

De formule van Heisterkamp is ontwikkeld voor opbrengsttabellen die een startwaarde hadden voor de opperhoogte, voor grove den was die 7 m. Daar beneden moet met de Formule (26) worden gewerkt.

### Beginstamtal

Als beginstamtal is gekozen voor 5000 (=  $c_{44}$ ) en 3000 bij een open stand.

### Grenswaarde

De steeds terugkerende grenswaarde voor de opperhoogte van 7 m is de parameter  $c_{45}$  in de modellen. En geeft daarbij de boven grens aan voor de jeugdgroei.

## 6.2 Opbrengsttabellen

### 6.2.1 Keuze voor berekende opbrengsttabellen

Allereerst is gekozen welke tabellen gepubliceerd zullen worden. Er is gekozen voor een opbrengsttabel voor Nederland met vier dunninggraden en vijf boniteiten.

In Tabel 13 is de verdeling over boniteiten en leeftijdsklassen gegeven voor het aantal opstanden in de 4<sup>e</sup> Bosstatistiek met een hoogte boven de 7 m in Nederland. Dit geeft de behoefte aan tabellen weer, terwijl Tabel 12 een indicatie van de mogelijkheden geeft.

### **Tabel 12. Leeftijdinterval in dataset per dunninggraad en boniteit.**

Table 12. Age interval in the data set by thinning grade and site class.

Dunninggraad	Boniteit				
	I	II	III	IV	V
ongedund					
zwakke laagdunning					
matige laagdunning	11-35	16-45	32-65	32-40	
sterke laagdunning	20-39	7-76	31-116	32-40	
zeer sterke laagdunning	14-48	7-44	23-80	59-74	
open stand	22-54	10-58	17-86	38-132	61-150



**Tabel 13. Aantal opstanden per leeftijdsklassen en boniteit in 4<sup>e</sup> Bosstatistiek.**Table 13. Age classes per site class in 4<sup>th</sup> National Forest Inventory (number of stands).

leeftijdsklasse	Boniteit					Totaal
	≤ I	II	III	IV	≥ V	
0 - 10	64	73	49			186
10 - 20	237	1211	985	182	23	2638
20 - 30	506	2678	2744	372	29	6329
30 - 40	149	2544	4036	936	68	7733
40 - 50	63	1208	2800	1377	145	5593
50 - 60	39	898	3152	2344	475	6908
60 - 70	12	419	1904	1425	486	4246
70 - 80	19	350	1467	1076	344	3256
80 - 90	28	220	820	725	187	1980
90 - 100	4	95	380	386	101	966
100 - 110		26	169	172	72	439
110 - 120	1	20	44	50	32	147
120 - 130	3	12	32	30	18	95
130 - 140		3	12	21	18	54
140 - 150	1	1	5	7	10	24
> 150		3	6	4	10	23
Totaal	1126	9761	18605	9107	2018	40617

Extrapolatie buiten het waarnemingsmateriaal moet in principe beperkt worden maar is onvermijdelijk (zie Tabel 13). De maximale leeftijd is op 150 jaar gesteld. Een tabel voor grove den met een zwakke laagduinning wordt niet gemaakt.

### 6.2.2 Constructie van de opbrengsttabel

Voor de constructie worden eerst bij een gekozen waarde voor  $h_{70}$  (zie Tabel 4 in Hoofdstuk 3) en een gekozen dunninggraad de  $t_{130}$  en  $t_{10}$  berekend met Formule (10) en het bij de dunninggraad behorende  $S\%$  van Hart vastgesteld. Verder is het beginstamtal  $N_0$  vastgesteld op 5000, behalve voor de open stand, waar met een lager beginstamtal van 3000 wordt gewerkt. Daarna zijn per leeftijd  $t$  op het interval  $\{1, t_{max} + 1\}$  een aantal variabelen berekend. Allereerst wordt  $h_{top}$  berekend met Formule (10), daarna  $h_{dom}$  met (22).

Er worden drie situaties onderscheiden:

- I.  $h_{top} < 7$  m. Geen dunning of zuivering.

Het stamtal is gelijk aan  $N_0$  (in het model is deze  $c_{44}$ ). De  $d_g$  wordt met Formule (11) berekend. De  $h_g$  wordt met Formule (24) berekend. Voor het grondvlak volgt

$G_{bt} = N_0 \cdot \frac{\pi}{40000} \cdot d_g^2$ . Het volume wordt met Formule (27) berekend. Voor de grondvlak- en volumebijgroei is de berekening hetzelfde als bij situatie III.

Tot een hoogte van 1.30 m worden alleen het stamtal, de opperhoogte en de dominante hoogte vermeld;

- II.  $h_{top(t)} \leq 7$  m en  $h_{top(t+1)} > 7$  m

Geen dunning maar wel start berekening van het grondvlak. Allereerst wordt de  $t_7$  bepaald (de exacte leeftijd waarop een opperhoogte van 7m wordt bereikt. Voor de diameter (voor dunning) geldt  $d_7 = c_5 + c_6 / \sqrt{N_0}$  uit Formule (12). In de originele Formule (12) is sprake van  $N_R$  in plaats  $N_0$ , maar omdat in de opbrengsttabel geen zuiveringen voorkomen geldt  $N_R = N_0$ .

Voor het grondvlak (voor dunning) volgt dan  $G_{bt(t_7)} = N_0 \cdot \frac{\pi}{40000} \cdot d_7^2$ .

Het S% wordt met  $N_0$  en  $h_{top} = 7$  met Formule (1) berekend, daaruit volgt de dunninggraad voor dunning volgt  $Tgr = (S\% - 10) / 3$ . De grondvlakbijgroei wordt nu met een aangepaste versie van Formule (14) berekend:

$$i_G(t_7, t+1) = cor_{tgr} \cdot \{c_{13} \cdot Term_h + (1 - c_{13}) \cdot Term_t\} \text{ for } h_{top} > 7$$

$$\text{where } Term_h = c_7 \cdot \frac{(h_{top(t+1)} - 1.30)^b - (7 - 1.30)^b}{t+1 - t_7}$$

$$Term_t = c_7 \cdot \frac{(t+1 - t_{130})^b - (t_7 - t_{130})^b}{t+1 - t_7}$$

$$cor_{tgr} \text{ and } b \text{ as in Formula 14}$$
(29)

Na het bepalen van  $I_G$  wordt het grondvlak voor dunning op het tijdstip  $t+1$  bepaald:

$$G_{bt(t+1)} = G_{bt(t_7)} + i_G(t_7, t+1) \cdot (t+1 - t_7)$$
(30)

De berekening gaat nu verder als bij situatie III

III.  $h_{top} > 7$  m. Dit is de situatie waarin gedund kan worden.

Het stamtal voor dunning op tijdstip  $t=t$  is gelijk aan het stamtal na dunning op het tijdstip  $t=t-1$ . Het grondvlak voor dunning is ook bekend, omdat dit op ieder tijdstip een jaar vooruit wordt berekend – de eerste keer met Formule (29) en (30), en later met (32) en (33).

Met de opperhoogte op  $t=t$  en  $N_{bt}$  wordt actuele dunninggraad (S%) met formule (1) berekend.

Met de reciproke van de grondvlakdefinitie wordt de diameter voor dunning berekend.

$$d_{bt} = 200 \cdot \sqrt{\frac{G_{bt}}{\pi \cdot N_{bt}}}$$
(31)

Op ieder tijdstip wordt verder het volume voor dunning  $V_{bt}$  berekend met Formule (27). Alleen bij veelvouden van 5 jaar mag er gedund worden, daartussendoor vindt er wel bijgroei plaats, maar wordt er niet gedund en geldt “de situatie na dunning is gelijk aan die voor dunning”. Bij die veelvouden van 5 jaar worden ook de dominante hoogte en de dominante diameter berekend met de Formules (22) en (23).

Het gewenste stamtal na dunning wordt berekend met  $N_{at} = (10746 / (S\% \cdot h_{dom}))^2$ . Hierin wordt het gewenste  $S\%$  berekend met Formule (16). N.B. tot 50 jaar zijn deze gewenste  $S$ -percentages ook in Tabel 8 vermeld.

Indien het gewenste stamtal  $N_{at}$  kleiner is dan  $N_{bt}$  wordt er gedund. De diameter na dunning  $d_{at}$  wordt berekend met de Formules (20) en (21), dus  $d_{at} = d_{bt} \cdot \left\{ R \cdot \frac{a_{at}}{a_{bt}} + 1 - R \right\}$

waarbij geldt  $R = c_{19} + c_{20} \cdot h_{70} + c_{21} \cdot \sqrt{Tgr} + c_{22} \cdot t$  voor  $t \leq 85$  en  $R = c_{23}$  voor  $t > 85$ . Voor het grondvlak na dunning volgt  $G_{at} = N_{at} \cdot \pi \cdot (d_{at}/200)^2$ , voor dat van de dunning geldt

$$G_{th} = G_{bt} - G_{at}, \text{ evenzo } N_{th} = N_{bt} - N_{at} \text{ en } d_{th} = 200 \cdot \sqrt{G_{th} / (\pi \cdot N_{th})}.$$

Voor de gemiddelde hoogte na en voor dunning gelden respectievelijk de Formules (24) en (25). Het volume voor en na dunning wordt berekend met Formule (27) en het verschil tussen beide waarden is het volume van de dunning.

Alle relevante informatie van de situatie met en zonder dunning is nu bekend en alvorens naar een volgend jaar te gaan wordt de grondvlakbijgroei tot het volgende jaar  $t=t+1$  met de uit Formule (14) afgeleide volgende formule berekend:

$$i_G(t, t+1) = cor_{tgr} \cdot \{c_{13} \cdot Term_h + (1 - c_{13}) \cdot Term_t\} \text{ for } h_{top} > 7$$

$$\text{where } Term_h = c_7 \cdot \left\{ (h_{top(t+1)} - 1.30)^b - (h_{top(t)} - 1.30)^b \right\}$$

$$Term_t = c_7 \cdot \left\{ (t+1 - t_{130})^b - (t - t_{130})^b \right\}$$

$$cor_{tgr} \text{ and } b \text{ as in Formula 14}$$
(32)

De dunninggraad in formule (32) is de actuele dunninggraad na eventuele dunning. Na het bepalen van  $I_G$  wordt het grondvlak voor dunning op  $t=t+1$  bepaald:

$$G_{bt(t+1)} = G_{at(t)} + I_G(t, t+1)$$
(33)

Verder wordt er een telwerk bijgehouden van het grondvlak en volume van de uitgevoerde dunningen en wordt het totaal geproduceerde volume berekend met  $V_{tot} = V_{at} + \Sigma V_{th}$ , evenzo  $G_{tot} = G_{at} + \Sigma G_{th}$ . Alle resultaten worden per leeftijd opgeslagen, daarna worden de gemiddelde en lopende volumebijgroei berekend met

$$ImV = \frac{V_{tot(t)}}{t} \quad \text{and} \quad IcV = \frac{V_{tot(t+1)} - V_{tot(t-1)}}{2}$$
(34)

Op vergelijkbare wijze worden de gemiddelde en de lopende bijgroei van het grondvlak berekend.

In tabel 14 is een lijst met de geschatte parameters opgenomen.

### Tabel 14. Lijst met alle parameters

Table 14. List with all parameters

parameter	formule	laagdunning	opmerking
C1	(10)	1.5161878	
C2	(10)	2500.5705742	
C3	(10)	22.0800902	
C4	(12)	0.8364276	
C5	(12)	4.1603557	
C6	(12)	221.0695103	
C7	(14)	13.9497601	
C8	(14)	0.0806256	
C9	(14)	20.6000004	
C10	(14)	0.4993765	
C11	(14)	0.0191761	
C12	(14)	12.4432955	
C13	(14)	0.3977449	
C14	(16)	0.1199311	
C15	(19)	5.0421234	
C16	(19)	1.5199854	
C17	(19)	0.0510117	
C18	(19)	0	
C19	(20)	0.8371536	
C20	(20)	-0.0090595	
C21	(20)	-0.1017183	
C22	(20)	-0.0038634	
C23	(21)	0.2547108	
C24	(22)	0.0784455	
C25	(22)	0.4966428	
C26	(23)	20.8127561	
C27	(23)	-0.1464558	
C28	(23)	40	
C29	(23)	1.4411536	
C30	(23)	0.0470802	
C31	(23)	1.3701281	
C32	(24)	0.7185012	
C33	(24)	0.0002751	
C34	(24)	1.1003821	
C35	(24)	0.0006129	
C36	(25)	0.9928049	
C37	(26)	1.82075	
C38	(26)	1.07427	
C39	(26)	-2.8904229	
C40	(27)	0.6960283	
C41	(27)	0.9609012	
C42	(27)	0.9092692	
C43	(27)	-0.0001416	
C44	$N_0$	5000	3000 bij Tgr = 6 en FG
C45			7 grenswaarde $h_{top}$
C46	(24)	0.8	

In Paragraaf 6.3 wordt de kwaliteit van het ontwikkelde model beoordeeld. In Paragraaf 6.4 worden enkele eigenschappen van de uiteindelijk tabellen vergeleken met andere opbrengsttabellen. In Bijlage 1 zijn de geproduceerde opbrengsttabellen weergegeven.

### 6.3 Kwaliteit van de voorspelling

Om de kwaliteit van het opbrengsttabelmodel te beoordelen moet de ontwikkeling van bestaande opstanden worden voorspeld en vergeleken met de gemeten verandering. Het ontwikkelde groeimodel van Paragraaf 6.2 om opbrengsttabellen te maken moet daartoe gemodificeerd worden tot een “stand projection model”.

Van een bepaalde opstand moet en de leeftijd, de opperhoogte, het stamtal en het grondvlak bekend zijn, waarmee alle andere toestandvariabelen kunnen worden berekend. Daarna kan de situatie over een aantal jaren voorspeld worden en een dunning worden gesimuleerd, en de veranderingen in de opstandkenmerken worden voorspeld. Door dit voor de proefperken (zowel van die van de dataset als die van de controle-set) te doen kan de modelvoorspelling worden vergeleken met de gemeten kenmerken. Het “stand projection model” werkt als volgt:

#### Stap 1. Boniteit bepalen

Allereerst moet de site index  $h_{70}$  met de reciproke van Formule (10), de leeftijd en  $h_{top}$  worden bepaald:

Er wordt begonnen met een startwaarde voor  $h_{70}$ , stel  $h_{70old} = 18.9$  (het gemiddelde uit Hoofdstuk 3). Daarna een nieuwe waarde bepalen voor  $h_{70}$  met Formule (35)

$$h_{70new} = h_{top} / \left\{ \frac{t^{c_1} \cdot (70^{c_1} \cdot R + c_2)}{70^{c_1} \cdot (t^{c_1} \cdot R + c_2)} \right\}, \text{ where } R = Z + \sqrt{Z^2 + \frac{2 \cdot c_2 \cdot h_{70old}}{70^{c_1}}} \text{ and } Z = h_{70} - c_3 \quad (35)$$

Vervolgens een nieuwe beginwaarde bepalen met:

$$h_{70old} = (3 \cdot h_{70old} + h_{70new}) / 4 \quad (36)$$

Daarna Formule (35) en (36) herhalen tot  $h_{70} = h_{70new} = h_{70old}$ .

#### Stap 2.

Met de definitie van de Formules (1) en (16) wordt vervolgens de dunninggraad voor en na dunning bepaald. De grondvlakbijgroei per jaar worden berekend met de waarden voor  $S\%$ ,  $h_{top}$  en  $t$  over het interval  $\{t_1; t_2\}$ . In Paragraaf 6.2 is beschreven welke formules daartoe gebruikt worden. Hieruit volgt het grondvlak voor dunning op tijdstip  $t_2$  en hieruit weer de diameter voor dunning ( $\hat{d}_{bt_2}$ ).

#### Stap 3.

Hierna wordt de opperhoogte berekend op het 2<sup>e</sup> tijdstip met Formule (10). De voorspelde diameterbijgroei op het interval  $\{t_1, t_2\}$  bedraagt:

$$\Delta_d = \hat{d}_{bt_2} - d_{at_1} \quad (37)$$

Er worden evenveel bomen gedund als in werkelijkheid maar de diameter na dunning ( $\hat{d}_{at_2}$ ) wordt berekend met Formule (20)/(21).

## Vervolg

Stap 2 en 3 kunnen nu herhaald worden voor een 3<sup>e</sup> tijdstip en eventuele vervolgtijdstippen. De stamtallen van de dunning en die voor en na dunning zijn bekend, hiermee en met de formules uit het opbrengsttabel model kunnen alle andere opstandkenmerken worden berekend.

Om de kwaliteit van het model te meten is deze procedure voor series van 4 opnamen doorgekeurd (veel perken hebben echter maar 3 opnamen, daar is met 3 opnamen gewerkt). Voor bijvoorbeeld een perk met 6 opnamen ontstaan zo drie voorspellingseries op de intervallen  $\{t_1, t_4\}$ ,  $\{t_2, t_5\}$  en  $\{t_3, t_6\}$ . Vervolgens is de zuiverheid en nauwkeurigheid van de voorspellingen van de bereikte opperhoogte, de diameter na dunning en het opstandgrondvlak na dunning in de laatste (dus de 3<sup>e</sup> of 4<sup>e</sup>) opname bekeken. Het gemiddelde tijdvak bedroeg 11.0 jr. Ook werd de grondvlakbijgroei over 10 jaar bekeken (zie Tabel 15 voor de resultaten). De zuiverheid van alle berekende voorspellingen blijkt gering tot redelijk, met 0.2 % onderschatting van de diameter na dunning tot 1.3 % overschatting van de grondvlakbijgroei en van de opperhoogte. De nauwkeurigheid van de schatting van de grondvlakbijgroei is gering.

**Tabel 15. Eigenschappen van enige schatters.**

Table 15. Properties of some predictions.

	resultaten bij laatste opname					
	gemeten	geschat	bias	bias%	stdev	CV
$h_{top}$	14.40	14.59	-0.193	-1.34%	1.195	8.3%
$d_{at}$	18.97	18.94	0.030	0.16%	0.783	4.1%
$G_{at}$	21.94	21.88	0.060	0.27%	2.086	9.5%
$iG_{10}$	9.96	10.09	-0.126	-1.26%	2.745	27.6%

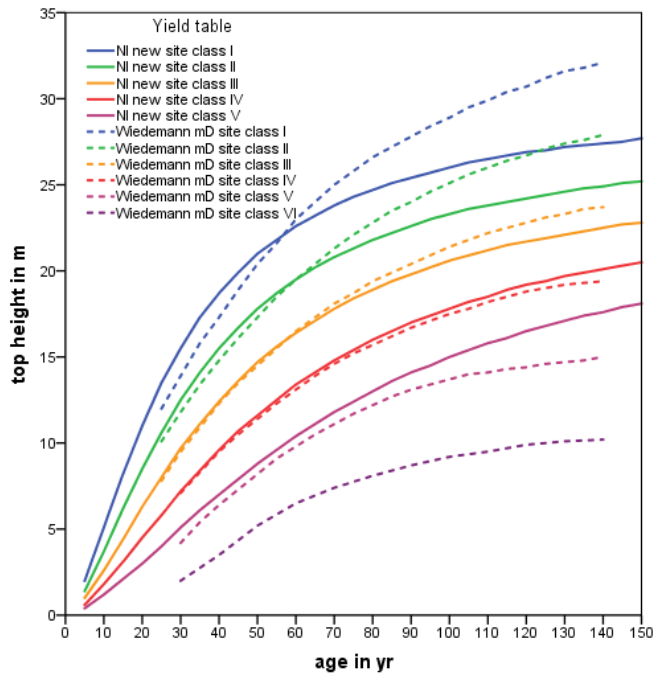
## 6.4 Vergelijking met andere opbrengsttabellen

Hierna zijn enkele andere opbrengsttabellen voor de grove den in Europa vergeleken met het hier gevonden resultaat.

### 6.4.1 Hoogteontwikkeling

Er zijn 2 landen waarvoor tabellen beschikbaar zijn, namelijk die van Wiedemann (1943, in Schober (1987) en Lembcke *et al.* (1975) voor Duitsland, die van Hamilton & Christie (1971) voor Groot-Brittannië, daarnaast zijn de tabellen van Grandjean & Stoffels (1955) en die van Faber (1996) voor Nederland vergeleken.

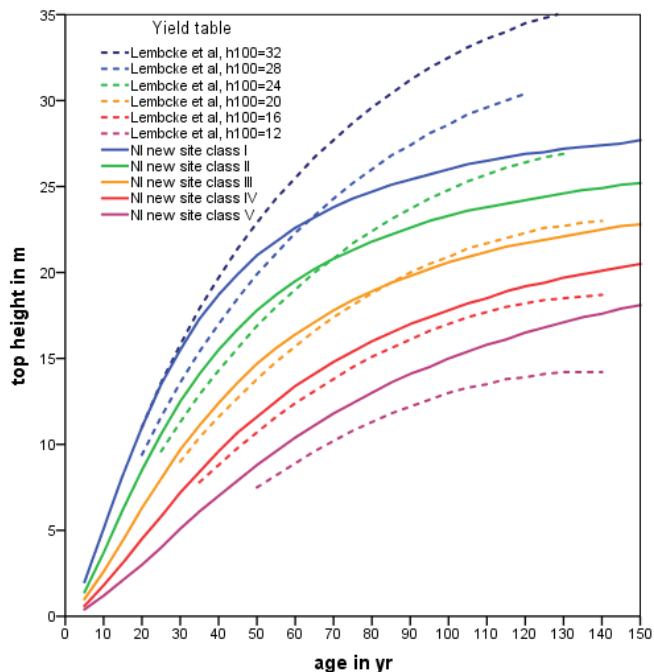
Bij Wiedemann (1943) komen er lagere boniteiten voor dan in de nieuwe tabel voor Nederland (zie Figuur 15). De IV<sup>e</sup> boniteit van beide systemen komt zeer goed overeen. Het heteromorfe karakter van de groeicurven is bij Wiedemann veel sterker. Daardoor is bij de I<sup>e</sup> boniteit van een afplattingshoogte zelfs tot een leeftijd van 140 jaar geen sprake, maar bij zijn VI<sup>e</sup> boniteit volgt die afplatting de vorm van de curve van onze I<sup>e</sup> boniteit.



**Figuur 15. Hoogteontwikkeling bij Wiedemann en het nieuwe model voor Nederland.**

Figure 15. Height development at Wiedemann 's yield table and the new model for Netherlands.

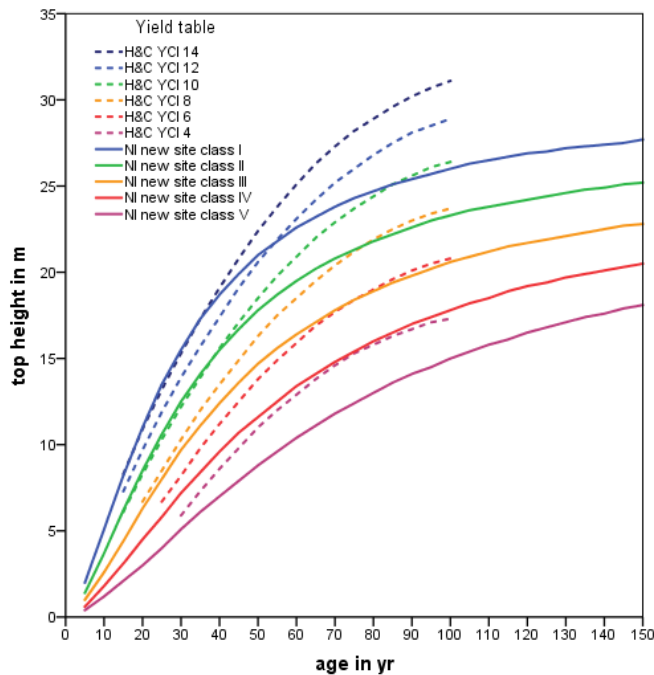
Lembcke *et al.* (1975) hebben een update van de opbrengsttabel van Wiedemann gemaakt voor zover de Pruisische proefperken binnen de grenzen van de toenmalige DDR lagen. Ze onderscheiden 12 boniteiten, met als ingang de  $h_{100}$  (de  $h_g$  bij 100 jaar).



**Figuur 16. Hoogteontwikkeling bij Lembcke et al. en het nieuwe model voor Nederland.**

Figure 16. Height development at yield table from Lembcke at al. and the new model for Netherlands.

In Figuur 16 is de hoogste boniteit ( $h_{100} = 34$  m), niet getoond. Hun boniteit  $h_{100} = 16$  volgt nagenoeg dezelfde curve als de IV<sup>e</sup> boniteit van de nieuwe tabel. Daarbuiten divergeren de lijnen sterk, waardoor er net als bij de tabel van Wiedemann is er voor de betere boniteiten van de DDR-tabel geen sprake is van een afplattingshoogte.

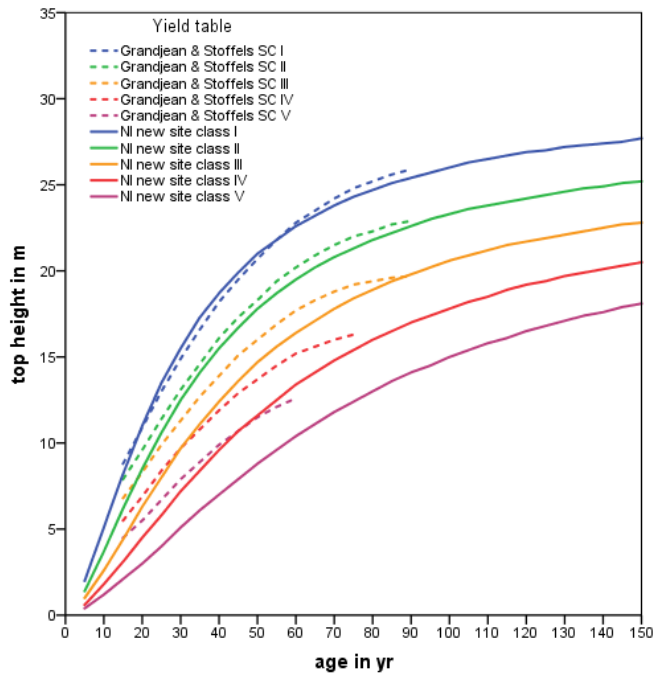


**Figuur 17. Hoogteontwikkeling bij Hamilton & Christie en het nieuwe model voor Nederland.**

Figure 17. Height development at Hamilton & Christie's yield table and the new model for Netherlands.

Bij de vergelijking met de tabel van Hamilton & Christie (1971) blijkt de vorm van de curve yield class 4 redelijk overeen te komen met de V<sup>e</sup> boniteit van de nieuwe tabel voor Nederland. Door het ontbreken van een afplattingshoogte is de overeenkomst met de andere boniteiten bij Hamilton & Christie gering (zie Figuur 17).



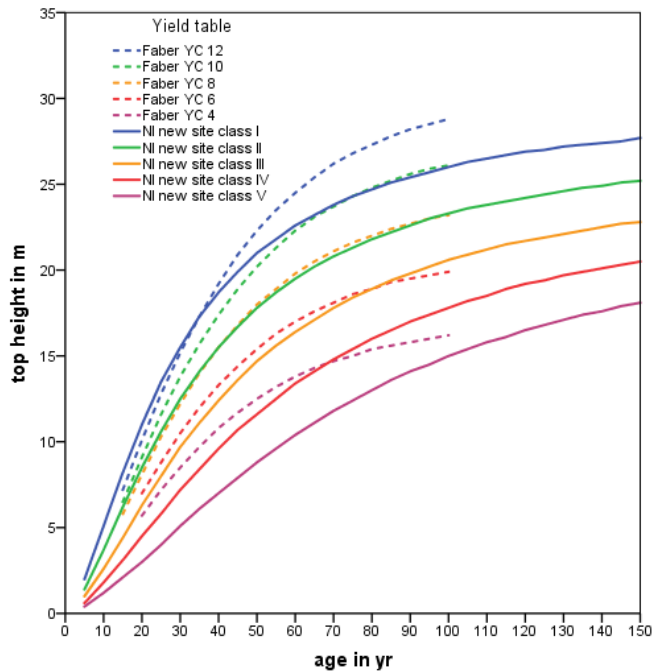


**Figuur 18. Hoogteontwikkeling bij Grandjean & Stoffels en het nieuwe model voor Nederland.**

Figure 18. Height development at Grandjean & Stoffels' yield table and the new model for Netherlands.

De hoogtecurve van boniteit I en II van Grandjean & Stoffels (1954) komen zeer goed overeen met de I<sup>e</sup> en II<sup>e</sup> boniteit van de nieuwe tabellen voor Nederland (zie Figuur 18). De overige boniteiten sluiten iets minder goed aan.

De hoogtecurve van productieklasse 8 van Faber (1996) komt wat betreft vorm zeer goed overeen met de II<sup>e</sup> boniteit van de nieuwe tabellen voor Nederland. De hoogtecurve van productieklasse 8 van Faber (1996) komt wat betreft vorm zeer goed overeen met de II<sup>e</sup> boniteit van de nieuwe tabellen voor Nederland. Door de keuze voor een heteromorf model verschillen de overige boniteiten. Er is ongeveer één klasse verschil tussen de boniteiten (zie Figuur 19).



**Figuur 19. Hoogteontwikkeling bij van Faber en het nieuwe model voor Nederland.**

Figure 19. Height development at Faber's yield table and the new model for Netherlands.

Van alle oude Nederlandse modellen komt het model van Grandjean & Stoffels (1955) nog het meest overeen met het nieuwe model voor Nederland.

De groei in de opbrengsttabel van Wiedemann en Lembcke *et al.* voor Duitsland en die van Hamilton & Christiewijken wijken erg af bij de betere boniteiten door het ontbreken van een afplattingshoogte in de vergeleken tabellen.

### 6.4.2 Productieniveau

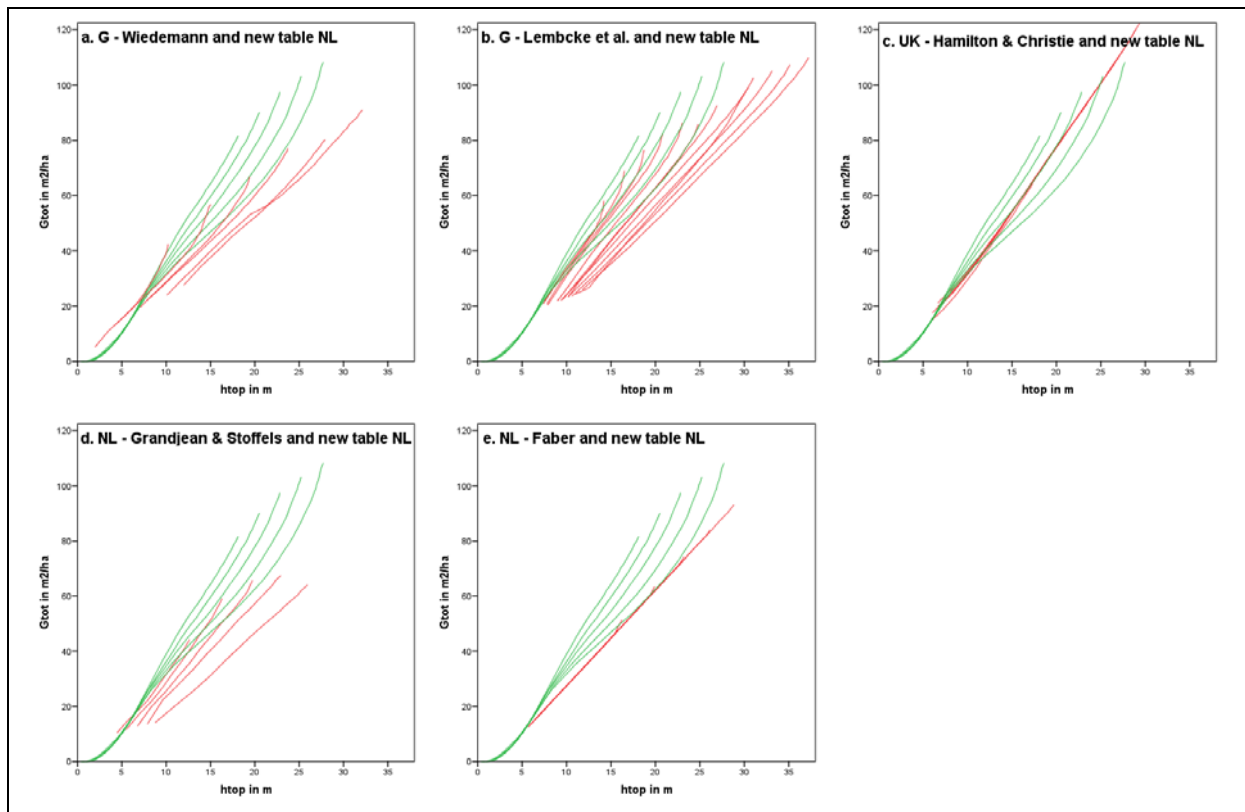
Het productieniveau wordt bij voorkeur gemeten op basis van de gemiddelde volumebijgroei bij zekere leeftijd. Hier is echter naar de totale grondvlakproductie gekeken.

In Figuur 20 is de totale grondvlakproductie per opbrengsttabel uitgezet tegen de opperhoogte voor alle boniteiten. De meeste opbrengsttabellen hebben als startpunt een hoogte van ongeveer 5 à 8 m, en de nieuwe tabel vanaf 1.3 m. Voor tabellen met meerdere dunninggraden (de nieuwe tabellen voor Nederland en die van Wiedemann voor Duitsland) is voor de matige dunning gekozen

Volgens de "uitgebreide wet van Eichhorn" (Gehrhardt, 1909) zouden bij een presentatie van  $V_{tot}$  in relatie tot  $h_{top}$  alle boniteitlijnen over elkaar moeten vallen, dat geldt dan ook min of meer voor  $G_{tot}$ . De modellen van Hamilton & Christie en dat van Faber voldoen hieraan. Bij Faber is met een constante  $RGB$  (de relatieve grondvlakbijgroei =  $\Delta G/\Delta h$ ) in het model gewerkt.

De hellinghoeken van de vergeleken tabellen komen redelijk overeen, dat geldt echter niet voor de uiteinden van de nieuwe tabellen, die onder invloed van de afnemende hoogtegroeï (zie Paragraaf 6.4.1) veel steiler is, waardoor vergelijking moeilijk wordt. In de nieuwe tabel voor Nederland komt het productieniveau het meest overeen met de tabel van Hamilton &

Christie. De tabel van Grandjean & Stoffels lijkt een lager productieniveau te hebben. De startwaarden zijn niet te vergelijken omdat daar geen informatie over beschikbaar is in de vergeleken tabellen.

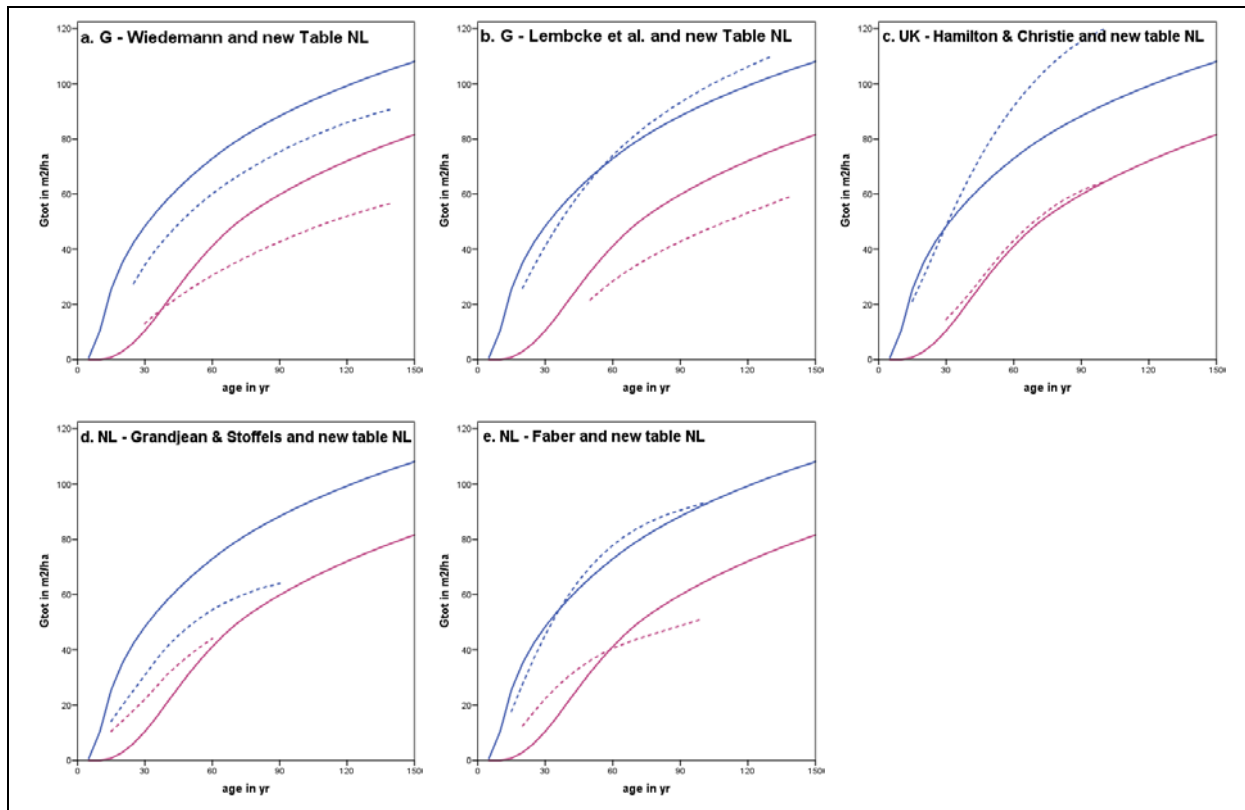


**Figuur 20. De totale grondvlakproductie  $G_{tot}$  in relatie tot de opperhoogte bij de nieuwe tabel voor Nederland (in groen) in vergelijking met andere opbrengsttabellen (in rood) voor Wiedemann (a), Lembcke et al. (b), Hamilton & Christie (c), Grandjean & Stoffels (d) en Faber (e).**

Figure 20. Total basal area production  $G_{tot}$  in relation to top height for the new table for the Netherlands (in green) in comparison with other yield tables (in red) from Wiedemann (a), Lembcke et al. (b), Hamilton & Christie (c), Grandjean & Stoffels (d) and Faber (e).

Een andere manier van vergelijken betreft de leeftijd waarop de totale grondvlakproductie wordt bereikt.

Uit Figuur 23 blijkt nu in tegenstelling tot het op basis van Figuur 22 geconstateerde dat de vorm van de curven de grootste overeenkomst in Nederland wordt bereikt met de tabel van Lembcke *et al.* (1975), en met die van Wiedemann (1943) en daarna met die van Grandjean en Stoffels (1955). De tabellen van Wiedemann en Lemcke *et al.* zijn beide gebaseerd op de oorspronkelijk Pruisische proefperken in de Noord-Duitse laagvlakte en bouwen daarbij verder op het werk van Schwappach (1908).



**Figuur 21. De totale grondvlakproductie  $G_{tot}$  in relatie tot de leeftijd voor de 1<sup>e</sup> boniteit (blauw) en de 5<sup>e</sup> boniteit (paars) bij de nieuwe tabel voor Nederland (volle lijnen) in vergelijking met andere opbrengsttabellen (gestreepte lijnen) voor Wiedemann (a), Lembcke et al. (b), Hamilton & Christie (c), Grandjean & Stoffels (d) en Faber (e).**

Figure 21. Total basal area production  $G_{tot}$  in relation to age for the best site class (blue) and the worst site class (purple) in the new table for the Netherlands (full lines) in comparison with other yield tables (hashed lines) from Wiedemann (a), Lembcke et al. (b), Hamilton & Christie (c), Grandjean & Stoffels (d) en Faber (e).

In de tabel van Faber (1996) en die van Hamilton & Christie (1971) zijn beide overduidelijk met het op de “uitgebreide wet van Eichhorn” gebaseerde RGB-model. Deze wet is te vertalen als:

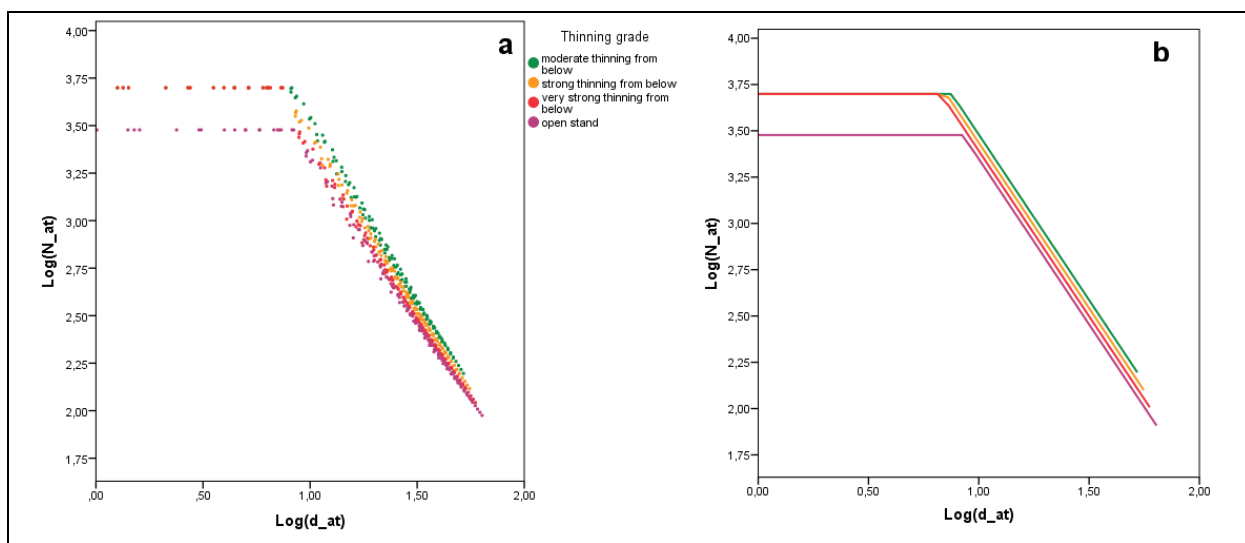
$$G_{tot} \approx f(h_{top}) \rightarrow RGB = \frac{\Delta G}{\Delta h_{top}} = f'(h_{top}) = f_2(h_{top}) \quad (38)$$

Maar alleen als  $f_2$  een constante is geldt het RGB model, omdat zelfs zonder topsterven de berekende waarde  $\Delta G/\Delta h_{top}$  tussen twee opnamen een variabele met een zeer grote variatie betreft. Zoals La Bastide en Faber voor een constante, die met een ratio-schatting te bepalen was. In combinatie met een hoogtegroeimodel zonder een duidelijke afplattingshoogte zoals bij Hamilton & Christie (zie Figuur 17) leidt dit tot de grote discrepantie van Figuur 21b. Maar indien beide submodellen niet modelmatig gekoppeld zijn zoals bij Wiedemann en bij Lembcke et al. dan hoeft een hoogtegroeimodel zonder een duidelijke afplattingshoogte niet tot afwijking in het grondvlak te leiden (Figuur 21a).

### 6.4.3 Dunningsysteem

In Paragraaf 5.2 is een ander Model (20) ontwikkeld voor de dunningen dan het Reineke Model (18). In Figuur 22 zijn de in de nieuwe opbrengsttabel gevonden relaties tussen  $N_{at}$  en  $d_{g-at}$  weergegeven (Figuur 22a tabel waarden, Figuur 22b na vereffening over de boniteiten). Het blijkt dat de lijnen nagenoeg overeenkomen met die uit Formule (19). De ruis in de lijnen van Figuur 22a wordt veroorzaakt door verschillen per boniteit door de Formule (14).

De vraag is of in de vergeleken tabellen ook sprake is van vergelijkbare waarden, daarbij is gekeken naar de hellinghoek en of de dunninggraad relevant is voor de intercept. Met uitzondering van de tabel van Hamilton & Christie blijken de bekeken tabellen, een vergelijkbare hellingshoek te hebben, namelijk tussen  $-1.605$  en  $-1.746$ . De bij de nieuwe tabellen gevonden waarde liggen in dit interval. De waarden zijn berekend met Formule (19)



**Figuur 22. Reineke-relatie in de nieuwe opbrengsttabellen voor Nederland. Alle boniteiten en dunninggraden (a), na vereffening met Formule (19) over de boniteiten (b).**

Figure 22. Reineke's model in the new yield tables for The Netherlands. All site classes and thinning grades (a). After smoothing over the site classes with Formula (19) in b.

**Tabel 16. Vergelijking parameters in gemodificeerd Reineke Model (19) bij diverse opbrengsttabellen.**

Table 16. Comparison of the parameters in the modified Reineke model (19) for various yield tables.

variable	parameter	Netherlands			Germany		UK
		New	G & S	Faber	Wie..	L. et al.	H & C
Constant	$C_{16}$	5.137	5.069	5.107	5.313	5.163	5.075
Log_d	$C_{17}$	1.630	1.637	1.643	1.746	1.605	1.316
Tgr	$C_{18}$	0.031	0.016	0.024	0.033	0.035	0.123

## 6.5 Effecten dunning op productie

Volgens de gangbare opvatting in het bosbeheer (Assmann, 1961, Wenk *et al.*, 1990) zullen opstanden met een zwaardere dunninggraad ten opzichte van een opstand met een lichtere dunninggraad onder overige gelijke omstandigheden:

1. Een geringere volume- en grondvlakbijgroei hebben;
2. Een dikkere diameter (geldt zowel voor de  $d_g$ ; als voor de  $d_{dom}$ ) hebben.

Om een vergelijking mogelijk te maken is het gebruikelijk het in een opbrengsttabel weergegeven grondvlak per ha na dunning aan te geven als het normale grondvlak. Het werkelijke grondvlak van een opstand met dezelfde leeftijd en boniteit zal daarvan afwijken, maar ook opbrengsttabellen met een andere dunninggraad wijken daarvan af. Dit wordt de volkomenheidsgraad genoemd.

De volkomenheidsgraad van een opstand wordt als volgt gedefinieerd:

$$sd = \frac{G_r}{G_n}$$

where  $G_r$  = the real stand basal area per ha (39)  
 $G_n$  = the normal basal area per ha  
 $sd$  = stocking degree

Het opstandvolume kan nu geschat worden met:

$$\hat{V}_r = sd \cdot V_n$$

where  $\hat{V}_r$  = the estimation of the real stand volume per ha (40)  
 $V_n$  = the normal volume per ha.

Dit betreft een berekening over de huidige toestand. De vraag is wat dit betekent voor de bijgroei. Doordat de overgebleven bomen na zo'n sterkere dunning de groeiruimte beter benutten zal de onder punt 1 genoemde geringere volume- en grondvlakbijgroei niet domweg het product zijn van de volkomenheidsgraad en de normale bijgroei uit de tabel. In de literatuur zijn talloze dunningproeven beschreven, waaruit deze teneur blijkt. Als definitie van het normale grondvlak is het grondvlak na dunning voor de nieuwe opbrengsttabel met een matige dunning gekozen. Voor alle boniteiten samen werd met een  $R^2$ adj van 0.745 voor  $h_{top} > 7$  m de volgende functies voor  $G_n$  gevonden:

$$G_n = 25.881 - 0.0004415 \times t^2 - 0.004008 \times h_{top} \cdot t \quad (41)$$

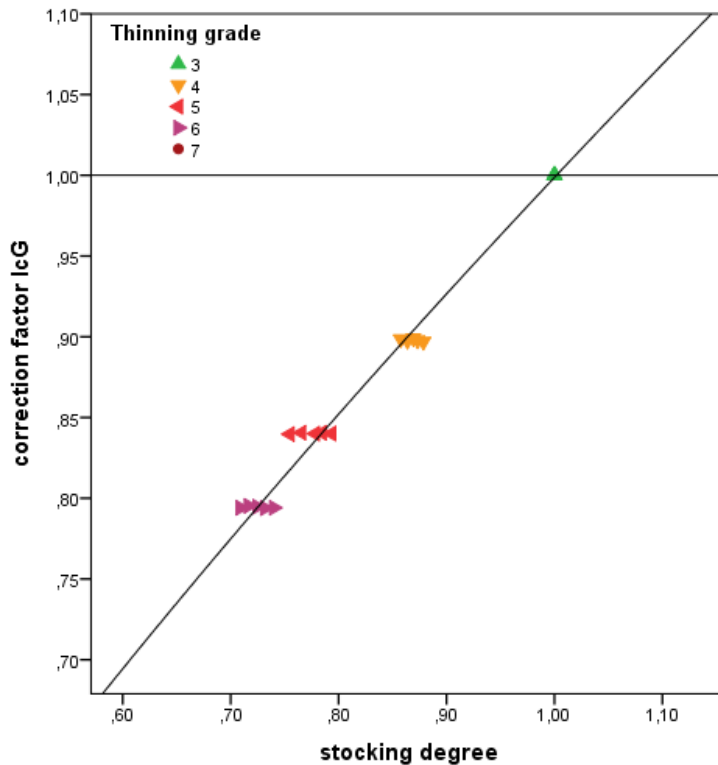
De vraag is of de eerste veronderstelling aan het begin van deze paragraaf klopt in de ontwikkelde opbrengsttabellen. Hiertoe is het niveau van de grondvlakbijgroei voor dunninggraad 3 op 1 gesteld en die van de andere dunninggraden als fractie daarvan uitgedrukt. Gekozen is om de toestand bij 70 jaar te presenteren. In Figuur 23 is te zien dat de correctiefactor voor de grondvlakbijgroei bijna gelijk is aan als de hierboven gedefinieerde volkomenheidsgraad per dunninggraad. De volgende relatie werd in concreto gevonden:

$$cf = \begin{cases} 1 & sd \geq 1 \\ 0.999 \cdot sd^{0.711} & sd < 1 \end{cases} \quad (42)$$

Deze Formule (42) sluit niet aan bij de Staatsbosbeheer-benadering<sup>3</sup> voor alle soorten:

$$cf = \begin{cases} 1 & sd \geq 0.8 \\ \sqrt{sd} & sd < 0.8 \end{cases} \quad (43)$$

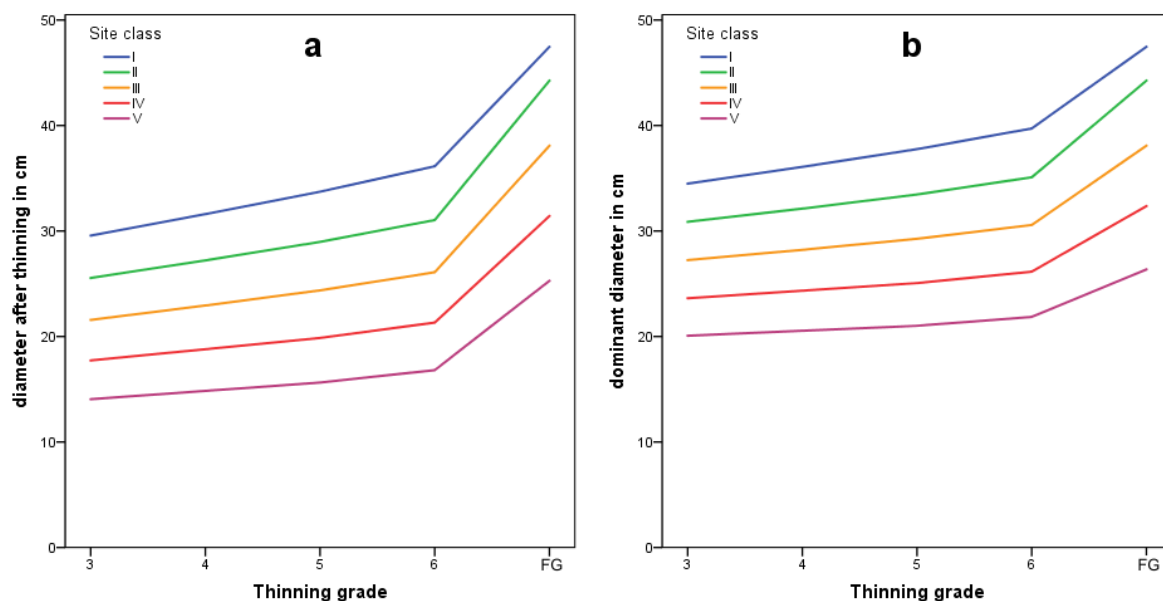
De andere voorveronderstelling met betrekking tot de effecten van een lagere volkomenheidsgraad gingen over de diameterontwikkeling. In Figuur 24 is duidelijk dat deze wat betreft de gemiddelde diameter na dunning en de dominante diameter opgaat, want de volkomenheidsgraad is gerelateerd aan de dunninggraad, deze weer aan het S-procent, en deze aan de wortel uit het stamtal. Om hetzelfde relatieve grondvlak te houden zal de diameter dus sneller moeten groeien.



**Figuur 23. Correctiefactor grondvlakbijgroei en volkomenheidsgraad met de punten uit de nieuwe opbrengsttabel en de daarbij behorende lijnen bij 70 jaar.**

Figure 23. Correction factor for basal area increment and stocking degree with the points from the new yield tables and associated lines at 70 year.

<sup>3</sup> Formule (43) was opgenomen in de software waarmee de opstandinventarisatie van het Staatsbosbeheer werd verwerkt in de periode 1970-1985.



**Figuur 24. Relatie tussen diameter (a) en dominante diameter (b) na dunning op 70 jaar met boniteit en dunninggraad en vrije groei (FG).**

Figure 24. Relation between diameter (a) or dominant diameter (b) after thinning and thinning grade and for free growth (FG) by site class at 70 years.

In Figuur 24 is te zien dat bijvoorbeeld een III<sup>e</sup> boniteit de diameter na dunning bij een matige laagdunning 21.6 cm is en dat deze in een open opstand 26.1 cm bedraagt, deze afleiding is weer bij 70 jaar uitgevoerd. Voor de dominante diameter bedragen deze waarden respectievelijk 27.2 en 30.6 cm.

In Paragraaf 6.6 wordt een dunningmethode besproken waarbij met steeds krachtiger ingrepen toekomstbomen worden vrijgesteld (de zogenaamde vrije groei). In Figuur 24 is deze methode met de code FG opgenomen. Voor de III<sup>e</sup> boniteit bedraagt de diameter na dunning 38.1 cm en is dan gelijk de dominante diameter.

## 6.6 Vrije groei

Jobling & Pearce introduceerde in 1977 een dunningmethode voor de zomereik die ze “Free growth” noemde. Hierbij worden op 20-jarige leeftijd ongeveer 100 toekomstbomen aangegeven, die volledig vrijgesteld worden. In de rest van de opstand (de matrix) wordt matig gedund. De toekomstbomen worden opgesnoeid, met het doel noestvrij hout te produceren. In Nederland is een bijna identieke methode onder de naam QD-Beheer bekend (Thomassen & Nyssen, 2013).

Met de ontwikkelde groeimodellen is deze “vrije groei” behandeling ook voor de grove den gesimuleerd.

Als alle bomen uit de matrix zijn verdwenen wordt er niet meer gedund. Bij de I<sup>e</sup>, II<sup>e</sup> en III<sup>e</sup> boniteit is dat het geval na 50 tot 65 jaar het geval. Voor de IV<sup>e</sup> boniteit bij 85 jaar en voor de V<sup>e</sup> boniteit is dat bij 115 jaar het geval. Daarmee is de methode minder geschikt voor beide slechte boniteiten. In het simulatiemodel is hier geen rekening mee gehouden.



## 7. Discussie en conclusies

### 7.1 Hoogtegroei

De hoogteontwikkeling van de opstand is een resultante van hoogtegroei en topsterfte. Een biologisch relevant groeimodel moet een buigpunt en een asymptoot hebben. Over dat buigpunt en de asymptoot zijn kwantitatieve gegevens afgeleid daarnaast is bekend wat de leeftijd op borsthoogte moet zijn. Met nog wat aanvullende criteria zijn zes modellen getest, geen voldeed volledig aan alle criteria. Het Cieszewski (2001) model voldeed het best:

$$h_{top} = h_{70} \cdot \frac{t^{c_1} \cdot (70^{c_1} \cdot R + c_2)}{70^{c_1} \cdot (t^{c_1} \cdot R + c_2)}, \text{ where } R = Z + \sqrt{Z^2 + \frac{2 \cdot c_2 \cdot h_{70}}{70^{c_1}}} \text{ and } Z = h_{70} - c_3 \quad (44)$$

Voor boniteren geldt dan:

$$\rightarrow h_{70} = h_{top} \cdot \frac{70^{c_1} \cdot (t^{c_1} \cdot R + c_2)}{t^{c_1} \cdot (70^{c_1} \cdot R + c_2)} \text{ and } S = h_{70} \cdot \frac{70^{c_1} \cdot R + c_2}{70^{c_1} \cdot R + c} \quad (45)$$

De asymptoot, hier de site index  $S$  genoemd, is een maat voor de geschiktheid van de standplaats (boniteit) voor de grove den, in de praktijk wordt echter  $h_{70}$  als maat voor de boniteit gebruikt. Boniteren is met dit model lastig, want vereenvoudigd staat in Formule (45)

$h_{70} = f(h_{top}, t, h_{70})$ , je moet dus met een startwaarde voor  $h_{70}$  werken en iteratief naar een oplossing werken.

De  $R^2$ adj bleek met een waarde van 0.970 vrij laag, en beduidend lager dan in vergelijkbare studies werd gevonden, namelijk 0.986 voor douglas (Jansen *et al.*, 2016), 0.985 voor Japanse lariks (Jansen *et al.*, 2018a), voor fijnspar 0.987 (Jansen *et al.*, 2018b). In al deze studies werd ook een heteromorf groeimodel gevonden. Omdat er een gebrek was aan data beneden een leeftijd van 50 à 70 jaar voor de boniteiten IV en V was het ook moeilijk de heteromorfe groei te onderscheiden. Een ander probleem hierbij was het gebrek aan langlopende meetseries, in slechts 2 van de 94 proefperken werd meer dan 4 maal gemeten. Dit resulteerde erin dat de parameter  $c_2$  niet significant is, maar de correlatiecoëfficiënt tussen  $c_2$  en  $c_3$  is 0.975. Er is dus een zeer grote suboptimale oplossingsruimte voor de parametercombinatie ( $c_2, c_3$ ). En met een gefixeerde vaste waarde voor  $c_3$  bleek  $c_2$  wel significant en daalde de variatiecoëfficiënt van de schatter van  $c_2$  van 0.88 naar 0.20, dat was een goede reden om de niet-significante parameter te accepteren.

Het model schat de opperhoogte zuiver voor elke leeftijd en boniteit, maar vanaf een hoogte van 15 m wordt de hoogte onderschat met maximaal 30 cm bij een hoogte van 22 m. Tot een hoogte van 15 m wordt de hoogte met gemiddeld 7 cm overschat. Er is geen model gevonden dat op dit punt betere resultaten had, vermoedelijk ligt dit aan de grote hoeveelheid proefperken waarbij teruggang in hoogte is, door topsterfte of meetfouten.

## 7.2 Diameter en grondvlak

In Paragraaf 4.2 is het model voor de lopende bijgroei van het grondvlak ontwikkeld. Dit model start na het bereiken van een opperhoogte van 7 m. In Paragraaf 7.2.2 wordt hierop ingegaan. Om een startwaarde voor de diameter voor dunning en het grondvlak per ha voor dunning te hebben op het tijdstip  $t_7$  is in Paragraaf 4.1 een model ontwikkeld voor de diameterontwikkeling. In Paragraaf 7.2.1 wordt dit besproken.

### 7.2.1 Diameterontwikkeling

In Paragraaf 4.1 werd Formule (12) gevonden voor de diameterontwikkeling gevonden, in vereenvoudigde vorm luidt dit:

$$d_{bt} = f_2(h_{top}, d_7) \text{ for } h_{top} \leq 7$$

$$\text{where } d_7 = f_1(N_0) \text{ (the diameter at a height of 7 m)} \quad (46)$$

$$N_0 = \text{initial number of trees}$$

Omdat Formule (46) het grondvlak niet zuiver schat zijn de parameters geschat met  $G_{bt} = N_{bt} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot f_2^2$ . In alle vergeleken opbrengsttabellen is dit traject niet beschreven en starten de tabellen bij de eerste dunning in de buurt van een hoogte van 7 m. In Figuur 20 is te zien dat die beginwaarden voor  $G_{bt}$  bij de tabellen voor Duitsland, UK en de tabel van Faber voor Nederland goed overeenkomen met de berekende waarde van Formule (12). In de opbrengsttabel van Grandjean & Stoffels geldt dat alleen voor de beste boniteit, andere boniteiten hebben een lagere startwaarde.

Voor de ontwikkeling van de set opbrengsttabellen betekent dit dat bij de open stand en bij vrije groei ( $N_0 = 3000$ )  $d_{bt}$  12 % dikker is bij een hoogte van 7 m dan bij de overige dunninggraden ( $N_0 = 5000$ ).

### 7.2.2 Grondvlakbijgroei

In Paragraaf 4.2 werd Formule (14) voor de grondvlakbijgroei gevonden, in vereenvoudigde vorm luidt dit:

$$i_{G,ijk} = f_1(Tgr) \cdot f_2(site) \cdot \left\{ \frac{F_3(h_2, t_2) - F_3(h_1, t_1)}{t_2 - t_1} \right\} \cdot YI_k \quad (47)$$

for the  $j^{\text{th}}$  plot at age  $i = t_m = (t_1 + t_2) / 2$  in the  $k^{\text{th}}$  year of recording

Ook hier bleek een power-functie voor  $F_3$  het meest geschikt. Net als bij de douglas (Jansen *et al.* 2016) bleek de power-parameter  $b$  afhankelijk van de opperhoogte. De grondvlakbijgroei stijgt met toenemende boniteit, de stijging is alleen een gevolg van  $F_3$ . Die stijging bleek iets geringer dan in de vigerende opbrengsttabellen van Faber (1996) voor I<sup>e</sup> boniteit en veel groter voor de V<sup>e</sup> boniteit, zie Figuur 21. In de opbrengsttabellen van Faber is een relatieve grondvlakbijgroei  $RGB$  (zie La Bastide en Faber, 1972) gebruikt, deze geeft een min of

meer rechtevenredig verband tussen grondvlak en hoogte. De afgeleide van de  $F_3$  functie uit Formule (14) is een ingewikkelde functie van de opperhoogte en geen constante  $RGB$ . In Figuur 20 is goed te zien dat de totale grondvlakproductie in relatie tot de opperhoogte van de nieuwe opbrengsttabel het meest overeenkomt met die van Hamilton & Christie (1971) voor Groot-Brittannië, wel is de vorm anders en nog een opvallend verschil blijkt het uitwaaieren in meerdere lijnen vanaf een hoogte van 7 m in de nieuwe tabel. Dit is een gevolg van de functie  $f_3$  in Formule (47), hiermee is het model in strijd met de “uitgebreide wet van Eichhorn” (Gehrhardt, 1909). Overigens voldoen ook de modellen van Wiedemann (1943), Lembcke *et al.* (1975) en Grandjean & Stoffels (1955) niet aan die wet. Bij grove den bleek  $f_2$  slechts een constante en geen functie van de boniteit, dat was ook het geval bij douglas (Jansen *et al.*, 2016), Japanse lariks (Jansen *et al.*, 2018a). Bij fijnspar (Jansen *et al.*, 2018b) bleek  $f_2$  wel van belang.

De correctiefactor voor de grondvlakbijgroei  $f_1$  is actief vanaf een 5 % van ongeveer 21.

### 7.3 Variatie in groei tussen verschillende jaren

Er was onvoldoende materiaal om de jaarindex ( $YI$ ) in Formule (47) te bepalen, een daaraan gerelateerde  $cf_{80}$  (correctiefactor voor groei voor en na 1980) bleek net als bij fijnspar niet significant, bij douglas en Japanse lariks speelde die wel een rol (na 1980 gold namelijk  $cf_{80} > 1$ ).

### 7.4 Dunninggraad

De diameter blijkt per dunninggraad met gemiddeld 7 % te stijgen ten opzichte van opstanden met een matige laagdunning. Boven een dunninggraad van 3 neemt de lopende grondvlakbijgroei met gemiddeld 7.4 % per dunninggraad af. Voor overige effecten van de dunning, zie Tabel 17.

**Tabel 17. Relatieve waarden  $I_G$ ,  $d_{at}$  en  $d_{dom}$  per dunninggraad en verdwijnend stamtal en grondvlak door dunning bij III<sup>e</sup> boniteit en 70 jr.**

Table 17. Relative values of  $I_G$ ,  $d_{at}$  and  $d_{dom}$  per thinning grade and the changing stem density and basal area and by thinning at III<sup>e</sup> site class and age = 70 yr.

$Tgr$	$I_G$	$I_m$	$d_{at}$	$d_{dom}$	$N_{th}$	$G_{th}$
3	100%	100%	100%	100%	84%	39%
4	90%	93%	106%	104%	88%	43%
5	84%	88%	113%	107%	90%	46%
6	79%	77%	121%	112%	87%	43%
VG	51%	72%	175%	139%	97%	67%

Ter vergelijking zijn dezelfde waarden bij een III<sup>e</sup> boniteit en 70 jaar bij Wiedemann (1943) vergeleken. De matige dunning heeft bij 70 jaar een dunninggraad van 2.8. De sterke dunning heeft bij Wiedemann een dunninggraad van 3.7, beide dus net iets lager dan de nieuwe opbrengsttabel voor Nederland.

**Tabel 18. Relatieve waarden  $I_G$ , en  $d_{at}$  per dunninggraad en verdwijnend stamtal en grondvlak door dunning bij III<sup>e</sup> boniteit en 70 jr bij Wiedemann (1943).**

Table 18. Relative values of  $I_G$ ,  $d_{at}$  per thinning grade and the changing stem density and basal area and by thinning at III<sup>e</sup> site class and age = 70 yr by Wiedemann (1943).

<i>Tgr</i>	<i>I<sub>G</sub></i>	<i>I<sub>m<sub>g</sub></sub></i>	<i>d<sub>at</sub></i>	<i>N<sub>th</sub></i>	<i>G<sub>th</sub></i>
mD	100%	100%	100%	90%	43%
sD	102%	99%	104%	92%	54%

Opmerkelijke verschillen bij Wiedemann met de nieuwe tabel is de gemiddelde grondvlakbijgroei. De invloed van de dunning is bij Wiedemann veel geringer dan in de nieuwe tabel.

Jansen *et al.* (2016) vonden bij de douglas een groter effect van de dunning, de diameter na dunning was 36 % dikker in de open stand ten opzichte van de matige dunning, bij de grove den is dat 21 %. Bij Japanse lariks (Jansen *et al.*, 2018a) was dat 33 %, fijnspar (Jansen *et al.*, 2018b) 16 %.

## 7.5 Kwaliteit van het model

Om de kwaliteit van het model te toetsen zijn de eerste  $n-3$  opnamen van ieder proefperk modelmatig drie opnamen “doorgegroeid” waarbij dezelfde dunning van het stamtal als in werkelijkheid werd doorgevoerd, bij perken met maar 2 of 3 opnamen is doorgegroeid naar de laatste opname (zie Tabel 15).

De schattingen voor zowel de opperhoogte, het grondvlak na dunning, de grondvlakbijgroei als de diameter na dunning van de “laatste” vervolgonname bleken onzuiver, en werden respectievelijk met 1.3 % overschat, 0.2 en 0.3 % onderschat en 1.3 % overschat. Aangezien de afzonderlijke opnamen een ander gewicht in deze analyse hebben dan in de oplossing van het regressiemodel (14) kan hieraan geen consequentie worden verbonden.

In de eerdergenoemde toets op de modelkwaliteit is sprake van dunning en ook in de besproken modellen is een dunninggraad gebruikt. De in Duitsland gebruikelijke indeling met een A- tot en met D-grad gebaseerd op het dunnen van bomen behorend tot een of meerdere Kraftse boomklassen is in Nederland nooit aangeslagen. Becking (1953) vindt deze methode te weinig kwantitatief en kiest voor een S % (volgens Hart, 1928) van 16 % voor een zwakke laagdunning, met 3 % erbij is dan sprake van de volgende dunninggraad, namelijk bij 19 % een matige laagdunning. In Tabel 8 is een volledig overzicht van het S % en de bijbehorende namen. Omdat er bij de grove den geen data beschikbaar zijn waar sprake is van een zwakke laagdunning is ervan af gezien een tabel met een zwakke laagdunning op te nemen. In andere opbrengsttabellen is een geleidelijk toename een bepaald S % te zien vanaf ongeveer 50 jaar. Dit is logisch omdat op latere leeftijd de kroonvorm verandert, waardoor bij gelijkblijvende standruimte een hogere S % nodig is. De mate van deze verandering is geschat en vergeleken met andere opbrengsttabellen en in Formule (16) weergegeven. Behalve bij de tabel van Hamilton & Christie (1971) was de overeenkomst groot. De logaritmische relatie tussen het stamtal en de diameter na (zelf)dunning blijkt redelijk te voldoen aan het Reineke-model (Reineke, 1933), ook in andere Europese opbrengsttabellen voor de grove

den, behalve bij de tabel van Hamilton & Christie blijken de hellingshoeken een tangens tussen -1.6 en -1.7 te hebben.

Het Reineke model is minder geschikt om het effect van een bepaalde dunning te kwantificeren. Het ratiomodel (20) van La Bastide en Faber (1972) is gemodificeerd, waarbij de ratio afhankelijk is van de boniteit en  $h_{70}$ .

**Tabel 19. Groeiklasse per dunninggraad en boniteit.**

Table 19. Yield class (mean annual volume increment at 70 yr.) per thinning grade and site class.

Dunninggraad	Boniteit				
	I	II	III	IV	V
matige laagdunning	9.8	8.3	6.7	5.2	3.7
sterke laagdunning	8.8	7.5	6.1	4.8	3.4
zeer sterke laagdunning	8.2	6.9	5.7	4.5	3.2
open stand	7.4	6.3	5.1	4.0	2.8
Vrije groei	7.2	5.8	4.5	3.3	2.2

In Tabel 19 is de groeiklasse per boniteit en dunninggraad aangegeven. Deze groeiklasse is het totaal geproduceerde (en deels geoogste) gemiddelde spilhoutvolume in  $\text{m}^3\text{ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$  bij een leeftijd van 70 jaar. Naast de verschillende dunninggraden is ook de dunningmethode “vrije groei” van Paragraaf 6.6 weergegeven.

De nieuwe tabel voor de matige dunning geeft de maximale grondvlakproductie aan. Als het grondvlak na dunning als het normale grondvlak wordt gedefinieerd met een volkomenheidsgraad van 1. Bij een hogere dunninggraad daalt de volkomenheidsgraad naar 0.87 bij een sterke dunning tot 0.52 bij een open stand, terwijl de grondvlakbijgroei op respectievelijk 94 % en 78 % bleef.

De dunningmethode “vrije groei” komt in onze waarnemingen voor, maar de daarbij behorende wijde stand komt wel voor. In Figuur 27 is het verschil op de diameter bij 70 jaar gedemonstreerd. Bij 150 jaar is de einddiameter 72.8 cm voor de I<sup>e</sup> boniteit, bij een sterke laagdunning is die 55.3 cm. Dergelijk waarden zijn nauwelijks bekend in Nederland. In de 4<sup>e</sup> bosstatistiek (CBS, 1985) komt één schatting voor van 60 cm bij 125 jaar, maar er zijn maar drie waarnemingen boven de 50 cm. Overigens komen individuele dikke grove dennen in Nederland wel voor, zo vermeldt Wolterson (1973) een diameter van 130 cm voor de zogenaamde “Duizendjarige den van Wolfheze” op 320 jr.

De hoogteontwikkeling bij de vergeleken opbrengsttabellen van Duitsland, Groot-Brittannië en die van Grandjean & Stoffels voor Nederland lijken redelijk overeen te met het in deze studie gevonden model. De groei in de opbrengsttabel van Hamilton & Christie voor Groot-Brittannië wijken erg af door het ontbreken van een afplattingshoogte. Dat geldt ook voor de betere boniteiten bij Wiedemann en bij Lembcke *et al.* in Duitsland, waar zelfs opperhoogten boven 35 m worden behaald. In Oost-Europa zijn enkele waarnemingen bekend van

hoogten van meer dan 45 m voor grove dennen van ouder dan 200 jaar bekend<sup>4</sup>. Deze oostelijke herkomsten uit Oost Pruisen, Polen en de Baltische staten werden vroeger ook in Nederland gebruikt en staan bekend onder de naam Riga dennen (Koster, 1966). Maar ook bij deze oostelijke herkomsten, bijvoorbeeld in Ommen en Junne komt die afplattingshoogte voor. De hoogste waarnemingen in de 4<sup>e</sup> bosstatistiek hebben een opperhoogte van 28 m en lagen op Twickel met leeftijd van toen 122 jaar en een 1<sup>e</sup> boniteit. In de 6<sup>e</sup> Bosstatistiek zijn de drie hoogste gemeten proefbomen 32, 29 en 28 m (in database bij Schelhaas *et al.*, 2014). Volgens <https://www.monumentaltrees.com/nl/hoogterecords/nld/> (geraadpleegd 4-6-2017) staat de hoogste grove den (33.6 m) van Nederland eveneens op Twickel. Maar een opstandhoogte boven de 30 m is niet bekend. Op vergelijkbare sites voor Duitsland is de hoogst gemeten grove den 42.5 m, België 22.3 m en het Verenigd Koninkrijk 40 m. Het lijkt er dus op dat grove dennen in het Verenigd Koninkrijk en in Duitsland hoger kunnen worden dan in Nederland en België.

## 7.6 Variatie tussen regio's.

In het Voorwoord werd er verondersteld dat er verschil zou bestaan in opstandontwikkeling tussen Zuid-Nederland (Noord-Brabant en Limburg) en de rest van Nederland. Bij de hoogtegroei bleek er geen significant verschil. Omdat er te weinig waarnemingen waren in Zuid-Nederland betreffende de jeugdgroei, kon er enig verschil voor de diameterontwikkeling tot een hoogte van 7 m niet worden aangetoond. Bij de grondvlakbijgroei vanaf een hoogte van 7 m bleek enig minimaal verschil dat erin resulteerde dat het verloop van die bijgroei in de tijd iets verschilde per regio maar er over de hele omloop hetzelfde was. Voor de andere elementen van de opbrengsttabel zijn die verschillen verder niet onderzocht en er is van afgezien regionale opbrengsttabellen te maken.

---

<sup>4</sup> Video: [Eesti kõrgeim määnd osutus hiiglaseks ka ülejäänud maailmas](#) (highest pine turned out to be the giant, also in the rest of the world) website bezocht op 31-05-2017, gevonden via Wikipedia.

## Samenvatting

Dit is een rapport over de groei en productie van de grove den (*Pinus sylvestris*) in Nederland. Er is onderzocht hoe de ontwikkeling van de hoogte, diameter en het grondvlak in de tijd is geweest en hoe deze beïnvloed wordt door de dunning. Met de gevonden relaties en andere allometrische relaties is een set opbrengsttabellen opgesteld voor diverse dunning-graden voor grove den.

De gebruikte dataset betreft de gegevens die sinds 1949 in Nederland in groei- en productie-onderzoek bij de grove den zijn verzameld door diverse bosbouwonderzoeksgroepen die nu alle tot de WUR behoren. De grootste verzameling data betreft het dunningonderzoek van Becking; dit omvat 8 proefperken, gemeten tussen 1951 en 2002. Daarnaast het groei- en productieonderzoek van de voormalige Dorschkamp, gemeten tussen 1949 en 1971; dit omvat 7 proefperken. De rest van de collectie bestaat uit 5 proefperken in een plantafstanden-proef van het IBN. Daarnaast zijn 74 plots uit de 4<sup>e</sup> bosstatistiek, en later de HOSP, toegevoegd

In totaal betreft het 94 proefperken met in totaal 348 opnamen.

Per opname zijn leeftijd, opnamedatum en opperhoogte bekend en per toestand voor, na en van de dunning stamtaal, grondvlak, diameter, hoogte en volume. Van een groot aantal proefperken zijn ook de basisgegevens per boom bekend, inclusief de stamvoetcoördinaten. In deze studie is hiervan geen gebruik gemaakt.

De hoogteontwikkeling is onderzocht met vijf bekende groeimodellen en bleek het best te verklaren met het model van Cieszewski (2001), dit heteromorfe model luidt als volgt:

$$h_{top} = h_{70} \cdot \left\{ t^{c_1} \cdot (70^{c_1} \cdot R + c_2) \right\} / \left\{ 70^{c_1} \cdot (t^{c_1} \cdot R + c_2) \right\}$$
. Hierin is  $h_{70}$  een proefperkspecifieke parameter en maat voor een absolute hoogteboniteit,  $c_1$ ,  $c_2$  en  $c_3$  soortspecifieke parameters die de vorm van de curve bepalen, met  $R = Z + \sqrt{Z^2 + 2 \cdot c_2 \cdot h_{70} / 70^{c_1}}$  en  $Z = h_{70} - c_3$ . De  $R^2$ adj bleek met 0.970 nogal laag voor een hoogtegroeimodel. Naast het  $R^2$ adj werden 5 andere criteria in de keuze meegewogen te weten variatiecoëfficiënt van de  $h_{50}$ -parameter, en de gemiddelde en intervallen voor de schattingen van  $S$ ,  $t_{130}$  (leeftijd op borsthoogte),  $h_{if}$  (buigpunt) en  $h_{70}$  (hoogte op 70 jaar) en de nauwkeurigheid van de schattingen van de overige parameters per model.

De diameterontwikkeling (voor dunning:  $d_{bt}$ ) tot een hoogte van 7 m. werd het best verklaard met een power-model naar hoogte  $d_{bt} = d_7 \cdot \left\{ (h_{top} - 1.30) / (7 - 1.30) \right\}^{c_4}$ . De diameter voor dunning bij een hoogte van 7 m ( $d_7$ ) bleek een functie van het beginstamtaal. Met een stamtaal  $N_0$  van 5000 geldt  $d_7 = 7.1$  cm, bij een stamtaal van 3000 volgt  $d_7 = 8.5$  cm. De  $R^2$ adj bleek 0.719. Het model is alleen gebruikt om de diameter- en grondvlakontwikkeling tot een hoogte van 7 m te voorspellen. Voor het traject boven een hoogte van 7 m is de grondvlakbijgroei gemodelleerd met het model van Jansen *et al.* (2016):  $i_G = f(h_{top}, age, tgr, recyr)$  waarbij gebruik gemaakt is van een powermodel. Voor  $S \% > 20.6$  daalt de grondvlakbijgroei niet lineair met gemiddeld 8.0 % per eenheid verschil. De  $R^2$ adj is 0.734. Het jaar van opname (*recyr*) bleek geen significante bijdrage te leveren. Het model is in strijd met de wet van Eichhorn.

Het effect van de dunning op de diameter na dunning ( $d_{at}$ ) is gemodelleerd met een modificatie van het La Bastide-Faber model (1972); het model van Reineke (1933) is als controle op de uitkomsten gebruikt.

Met deze modellen is een stand projectie model gemaakt om de werking van de integratie van de modellen voor hoogtegroei, grondvlakgroei en het effect van de dunning te toetsen. Het resultaat van deze test bleek redelijk. Met de geïntegreerde modellen zijn opbrengsttabellen gemaakt voor een leeftijd tot 150 jaar met 5 boniteiten en 4 dunninggraden. Deze zijn vergeleken met tabellen in Duitsland en het Verenigd Koninkrijk en met die van Grandjean & Stoffels (1955) en die van Faber (1996) voor Nederland. Daarnaast is een simulatie gemaakt voor een vrije-groei opbrengsttabel die het dunningschema van Jobling & Pearce (1977) voor de zomereik volgt. Bij de vergelijking voor Nederland bleek de tabel van Faber een te rooskleurig beeld van de groei voor de grove den te geven, al zijn boniteiten liggen een klasse boven de nu gevonden waarden, zijn I<sup>e</sup> Boniteit komt in Nederland weliswaar voor, maar in slechts 0.2 % van de gevallen, terwijl 4 % van het grove dennenbos een slechtere boniteit heeft dan zijn V<sup>e</sup> boniteit. Het productieniveau in de opbrengsttabel van Hamilton & Christie (1971) voor het Verenigd Koninkrijk van de laagste boniteit komt goed overeen met de nieuwe tabel voor Nederland en komt op geen enkele wijze overeen bij de hoogste boniteit. Voor de beide Duitse tabellen is dat precies omgekeerd. De tabel van Grandjean & Stoffels (1955) onderschat het productieniveau met ongeveer 20%.

Op hoofdlijnen bleek het model van Jansen *et al.* (2016) voor de douglas ook bruikbaar voor de grove den.



## Summary

This report concerns growth and production of Scots pine (*Pinus sylvestris*) in Netherlands. The report deals with development of the height, diameter and basal area over time, based on permanent field plots, and how these characteristics are affected by thinning. The regularities and allometric relationships found were used to construct a set of yield tables for various thinning grades in even-aged stands of Scots pine.

The dataset used in this study is composed of all growth and yield related research on Scots pine in the Netherlands, carried out since 1949 by various forestry research groups, now all part of Wageningen University and Research (WUR). The largest data collection concerns a thinning trial initiated by Becking in 1948, including 8 experimental plots measured between 1951 and 2002. In addition, the growth and yield research carried out by the former Dorschkamp research institute, with 7 permanent plots measured between 1959 and 1989 was included. Furthermore, the dataset includes 5 plots of a stand density trial. Finally, 74 plots from the 4th Dutch National Forest Inventory, and later the timber prognosis system HOSP, were added. In total, the dataset consists of 94 plots with 348 recordings. Each plot record includes stand age, recording date and top height, as well as stem density, basal area, diameter, height and volume before and after thinning and of the thinning itself. In many plots, the individual tree attributes within the plots are also known, including stem coordinates, but these were not used in the analysis reported here.

Height development was analysed using five well-known equations, and the best fit was found with Cieszewski's model (2001); this polymorphic model is given by:

$$h_{top} = h_{70} \cdot \left\{ t^{c_1} \cdot (70^{c_1} \cdot R + c_2) \right\} / \left\{ 70^{c_1} \cdot (t^{c_1} \cdot R + c_2) \right\} \text{ where } R = Z + \sqrt{Z^2 + \frac{2 \cdot c_2 \cdot h_{70}}{70^{c_1}}} \text{ and}$$

$Z = h_{70} - c_3$ . Here,  $h_{70}$  is a plot specific parameter and a measure for site index, and  $c_1$ ,  $c_2$  and  $c_3$  are species-specific parameters that determine the shape of the curve. With conditionally non-linear regression (CNLR) a solution was found with a, for a height growth model, rather low  $R^2$ adj of 0.970. Besides  $R^2$ adj five other criteria were used in the selection process: the coefficient of variation for the  $h_{70}$ -parameter, and the means and intervals of the estimates for  $S$ ,  $t_{130}$  (age when breast height is reached),  $h_{if}$  (inflection point of height curve) and  $h_{70}$  (height at 70 years), together with the precision of the estimates for the other parameters of the model.

The diameter development (before thinning:  $d_{bt}$ ) to a height of 7 m was best explained by a power function:  $d_{bt} = d_7 \cdot \left\{ (h_{top} - 1.30) / (7 - 1.30) \right\}^{c_4}$ . The diameter at a height of 7 m could be expressed as a function of the initial density. With  $N_0 = 5000$ , diameter at a height of 7 m ( $d_7$ ) was 7.3 cm, with a stem density of 3000 this was 8.2 cm. The  $R^2$ adj was 0.719. The model was only used for diameter and basal area development up to a height of 7 m. For the development above 7 m height, basal area increment was expressed using the model of Jansen *et al* (2016):  $i_G = f(h_{top}, age, tgr, recyr)$ , using a power function. For  $S\% > 20.6$  the basal area increment decreased nonlinearly relative to  $S\%$  with 8 % per unit, with an  $R^2$ adj of 0.734. The year of recording did not have a significant contribution. The model does not follow Eichhorn's law.

The effect of thinning on diameter after thinning ( $d_{at}$ ) was modelled with a modification of the La Bastide-Faber model (1972); Reineke's model (1933) was used as an overall check of the results.

With these models a stand projection model was made, to analyse the integration of the models for height and basal area growth, as well as the effect of thinning. The results of this test appeared to be reasonably acceptable. Using the integrated models, yield tables were created for even-aged stands of ages up to 150 years, using five site classes and four thinning grades. These yield tables were compared with tables from Germany and the United Kingdom, and with those published by Grandjean & Stoffels (1954) and Faber (1996) for The Netherlands. Furthermore, the Free Growth thinning schedule from Jobling & Pearce (1977) for common oak was simulated for Scots pine. Faber's yield table gives higher yield than the one reported here. The production class at Hamilton & Christie's (1971) for the UK matched with the poor site classes at the new table for the Netherland but not for the best site classes. For the both German Yield table the opposite was found. In comparison, Grandjean & Stoffels' yield table (1955) underestimate the production level with about 20%.

Overall, the model of Jansen *et al.* (2016) for Douglas fir turned out to be suitable also for Scots pine.

## Literatuur

- Assmann, E., 1961. Waldetragskunde: organische Produktion, Struktur, Zuwachs und Ertrag von Waldbeständen. München.
- Bartelink, H.H., A.F.M. Olsthoorn, A. Oosterbaan & S.M.J. Wijdeven, 2001. Overzicht van een eeuw onderzoek naar groei en opstandsontwikkeling in relatie tot groeiplaats en beheer. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, Alterra-rapport 256.
- Becking, J. H., 1953. Thinning research in forestry. *Netherlands Journal of Agricultural Science*; 1953. 1(2):122-9.
- Becking, J.H. en P.G. de Vries, 1959. Richtlijnen voor de bedrijfsregeling van bosbezit in Nederland: samengesteld door de commissie bosbedrijfsregeling van de Nederlandsche Boschbouwvereniging, ingesteld op 7 januari 1954.
- Burkhart, H.E. & R.B. Tennent, 1977. Site index equations for radiata pine in New Zealand. *New Zealand Journal of Forestry Science* 7: 408-416.
- C.B.S. (Centraal Bureau voor de Statistiek), 1985. De Nederlandse Bosstatistiek, deel 1: de oppervlakte bos, 1980-1983. Staatsuitgeverij, s'Gravenhage
- Cieszewski C.J., 2001. Three methods of deriving advanced dynamic site equations demonstrated on inland Douglas-fir site curves. *Can. J. For. Res.* 31: 165-173 .
- Dik, E.J., 1984. De schatting van het houtvolume van staande bomen van een aantal in de bosbouw gebruikte soorten. Uitvoerig verslag Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De Dorschkamp" Band 19(1), Wageningen.
- Faber, P.J., 1990. Handleiding en toelichting bij de empirische groeimodellen OPTAB / PEPPEL en RUIM. Uitvoerig verslag 'De Dorschkamp' Instituut voor Bosbouw en Groenbeheer, Wageningen, Band 23, nr.1.
- Faber, P.J. 1996. Opbrengsttabel voor groveden in Nederland. In: Jansen, J.J., J. Sevenster & P.G. Faber (redactie), 1996. Opbrengstabellen voor belangrijke boomsoorten in Nederland. IBN rapport 96/Hinkeloord reports No.17, pp 41-47.
- Gehrhardt, E., 1909. Über Bestandeswachstumsgesetze und ihre Anwendung zur Aufstellung von Ertragstafeln. *Allg. Forst- u. J.-Ztg.* 85: 117-128.
- Gompertz, B. 1832. "On the Nature of the Function Expressive of the Law of Human Mortality, and on a New Mode of Determining the Value of Life Contingencies." *Phil. Trans. Roy. Soc. London* 123, 513-585.
- Grandjean, A.J. en A. Stoffels, 1955. Opbrengstabellen voor de groveden in Nederland. *Nederlands Bosbouw tijdschrift* 27, pp 215-231.
- Hamilton, G.J. and J.M. Christie, 1971. Forest management tables (metric). Forestry Commission Booklet no. 34. HMSO, London.
- Hart, H.M.J., 1928. Stamtal en dunning : een orienteerend onderzoek naar de beste plantwijdte en dunningswijze voor den djati. Proefschrift Wageningen. Mededeelingen Proefstation voor het Boschwezen (21) 219 p. + 7 bijl. Veenman, Wageningen.
- Heisterkamp, S.H., 1981. Opstands inhoudsfuncties. Rapport Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De Dorschkamp" 271, Wageningen.
- Houtzagers, G. 1942. Opbrengsttafel van den groveden voor Nederland. In: Commissie Tutein Nolthenius. Richtlijnen voor het samenstellen van een bedrijfsregeling voor het particuliere bosbezit. *Nederlands bosbouw tijdschrift* 15, 141-479.
- IUFRO, 1959. The standardization of symbols in forest mensuration. International Union of Forest Research Organizations, Londen.

- Jansen, J.J. & J.W. Hildebrand, 1986. Een nieuwe opbrengsttabel voor de fijnspar (*Picea abies* Karst.) in Nederland. Landbouwhogeschool, Vakgroep Boshuishoudkunde, Wageningen.
- Jansen, J.J., J. Sevenster & P.G. Faber (redactie), 1996. Opbrengsttabellen voor belangrijke boomsoorten in Nederland. IBN rapport 96/Hinkeloord reports No.17, 202 pag.
- Jansen, J.J., H. Schoonderwoerd, G.M.J. Mohren & J. den Ouden, 2016. Groei en productie van douglas in Nederland. Becking's dunningproeven ontsloten. Wageningen Academic Publishers.
- Jansen, J.J., A. Oosterbaan, G.M.J. Mohren & J. den Ouden, 2018a. Groei en productie van Japanse lariks in Nederland. FEM Groei en productie rapport 2018 – 1, Wageningen Universiy. <https://doi.org/10.18174/444088>
- Jansen, J.J., G.M.J. Mohren, A. Oosterbaan & J. den Ouden, 2018b. Groei en productie van fijnspar in Nederland. FEM Groei en productie rapport 2018 – 2, Wageningen Universiy. <https://doi.org/10.18174/444089>.
- Jobling, J. & M.L. Pearce, 1977. Free growth of oak, Forest record number 113, Forestry Commission HMSO, London.
- Korf, V., 1939. Příspěvek k matematické formulaci vzrůstového zákona lesních porostů. [Contribution to mathematical definition of the law of stand volume growth.] Lesnická práce, 18: 339–379.
- Koster, R. , 1966. Keuring en selectie van zaad en plantsoen. Nederlands bosbouw tijdschrift 38, 3-19.
- La Bastide, J.G.A. & P.J. Faber, 1972. Revised yield tables for six tree species in the Netherlands. Uitvoerig Verslag Bosbouwproefstation "De Dorschkamp", band 11, nr. 1.
- Lembcke, G., Knapp, E. & Dittmar, O., 1975. D.D.R. - Kiefern - Ertragtafel 1975. Institut für Forstwissenschaften Eberswalde, 63 p.
- Lu, H., J.J. Jansen, A. Oosterbaan, L.G. Goudzwaard, J.F. Oldenburger, G.M. Mohren & J. den Ouden, 2017. FEM growth and yield data Monocultures - Scots pine (revised version). DANS: <https://doi.org/10.17026/dans-x93-d59w>
- Pienaar, L.V., & K.J. Turnbull, 1973. The Chapman-Richards generalization of von Bertalanffy's growth model for basal area growth and yield in even-aged stands. Forest Science 19: 2-22.
- Reineke, L.H., 1933. Perfecting a stand density index for even-aged forests. Jour. Agric. Res. 46, 627-638.
- Schelhaas, M.J., A.P.P.M. Clerkx, W.P. Daamen, J.F. Oldenburger, G. Velema, P. Schnitger, H. Schoonderwoerd & H. Kramer, 2014. Zesde Nederlandse Bosinventarisatie; Methoden en basisresultaten. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2545. 98 blz.
- Schober, R., 1987. Ertragstabellen wichtiger Baumarten bei verschiedener Durchforstung. Dritte Neubearb. Aufl. Sauerländer, Frankfurt a. M.
- Schumacher, F.X. & Hall, F.S., 1933. Logarithmic expression of timber-tree volume. Journal of Agricultural Research, v.47, n.9, p.719-734.
- Schwappach, A., 1908. Die Kiefer wirtschaftliche und statische Untersuchungen der forstlichen Abteilung der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens in Eberswalde. Neudamm, 180 p.
- Thomassen, E., & Nyssen, B. (2013). QD-beheer: mooi bos, dikke bomen en eindelijk finer. Vakblad Natuur Bos Landschap, 24 - 27.

- Van den Burg, J., P.J. Faber & A.W. Waenink, 1983. Groei en groeiplaats van de groveden. Nederlands Bosbouw tijdschrift 55, 294-307.
- Wenk, G., Antanaitis, V. and Smelko, S., 1990. Waldertragslehre. Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- Wiedemann, E. 1936. Ertragstafel Kiefer mässige Durchforstung und Ertragstafel Kiefer starke Durchforstung. In: Schober, R., 1987. Ertragstabeln wichtiger Baumarten bei verschiedener Durchforstung. Dritte Neubearb. Aufl. Sauerländer, Frankfurt a. M.
- Woltersen, J.F., 1973. De groveden, een inheemse boom. Nederlands bosbouw tijdschrift 45: 261-267

## Bijlage 1. Opbrengsttabellen voor grove den

### Toelichting opbrengsttabellen

In de kop van de opbrengsttabellen zijn een aantal standaard symbolen (IUFRO, 1959). In onderstaande tabel wordt de SI-eenheid vermeld en de betekenis van het symbool weergegeven.

symbool	eenheid	betekenis
Boniteit		relatieve indeling in groeiklassen
$h_{70}$	m	Site index (opperhoogte op 70 jr)
$P_{70}$	$m^3ha^{-1}j^{-1}$	Productieklasse op 70 jr <sup>1)</sup>
$t$	j	leeftijd vanaf kieming
$h_{top}$	m	opperhoogte
$h_{dom}$	m	dominante hoogte
$d_{dom}$	cm	gemiddelde diameter van dominante hoogte boom
$N$	$ha^{-1}$	stamtal per ha
$S\%$		Hart-Becking dunning-index
$G$	$m^2ha^{-1}$	grondvlak per ha
$d_g$	cm	diameter (1,30 m) van de middenboom <sup>2)</sup>
$h_g$	m	hoogte van de middenboom
$V$	$m^3ha^{-1}$	volume per ha <sup>3)</sup>
$l_{cG}$	$m^2ha^{-1}j^{-1}$	lopende grondvlakbijgroei per ha per jaar op leeftijd $t$ jaar
$l_{cV}$	$m^2ha^{-1}j^{-1}$	lopende volumebijgroei per ha per jaar op leeftijd $t$ jaar
$l_{mG}$	$m^3ha^{-1}j^{-1}$	gemiddelde grondvlakbijgroei per ha per jaar tot op leeftijd $t$ jaar
$l_{mV}$	$m^3ha^{-1}j^{-1}$	gemiddelde volumebijgroei per ha per jaar tot op leeftijd $t$ jaar

<sup>1)</sup> gemiddelde productie, inclusief dunning maar exclusief sterfte (volumebijgroei) per ha tot op leeftijd 70 jaar

<sup>2)</sup> boom met gemiddeld boomgrondvlak en boomvolume

<sup>3)</sup> Het volume is gedefinieerd als het spilhoutvolume met schors.

## Explanation yield tables

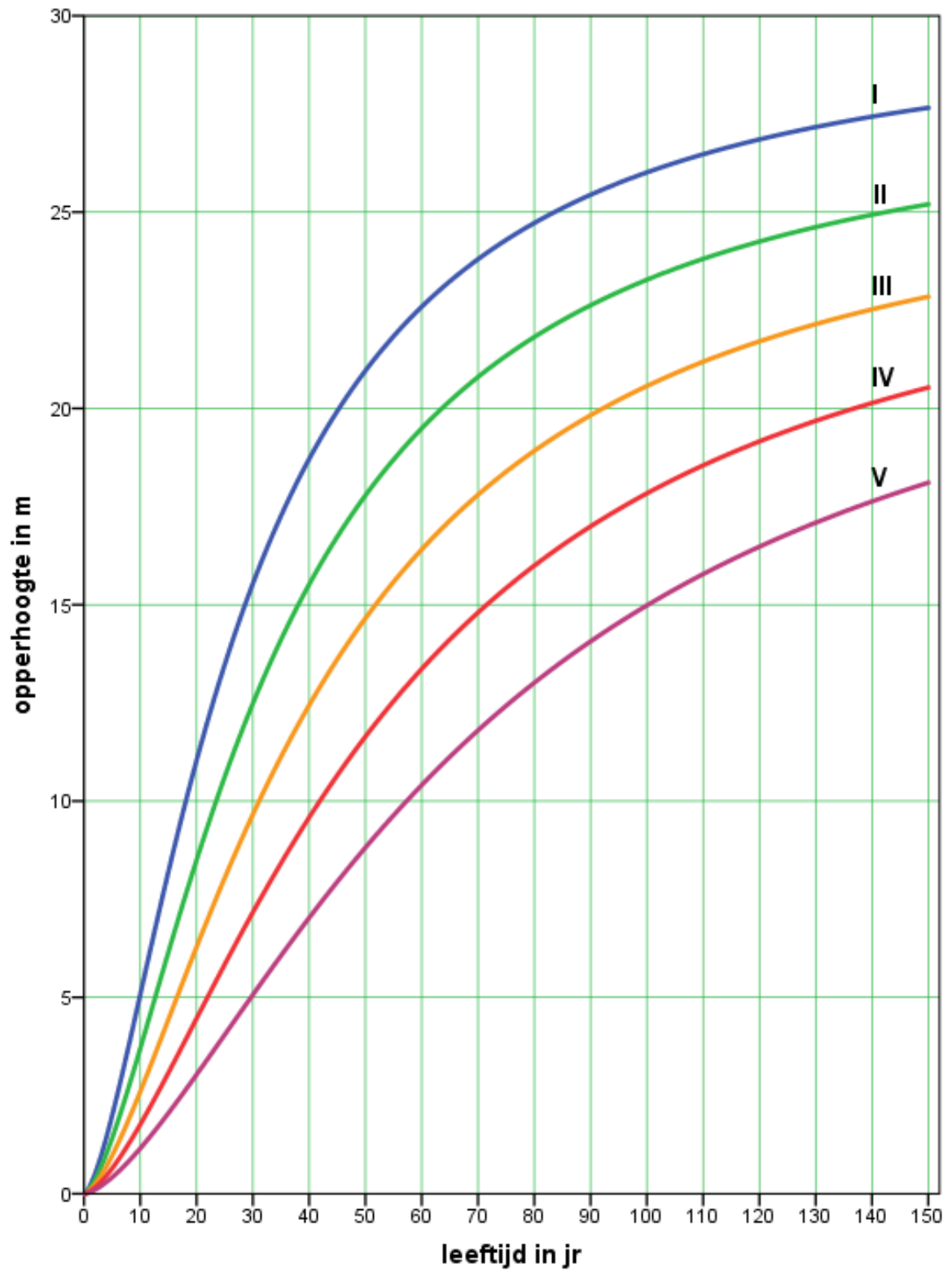
In the header of the yield tables a number of standard symbols (IUFRO, 1959) are used. In the table below the SI units and the meaning of the symbols are given.

symbol	unit	meaning
Site class		relative partition in site classes
$h_{70}$	m	Site index (top height at 70 yr)
$P_{70}$	$m^3ha^{-1}yr^{-1}$	Production class at 70 yr <sup>1)</sup>
$t$	j	age since germination
$h_{top}$	m	top height
$h_{dom}$	m	dominant height
$d_{dom}$	cm	mean diameter of dominant height tree
$N$	$ha^{-1}$	Number of stems per ha
$S\%$		$S\%$ (Hart-Becking spacing index)
$G$	$m^2ha^{-1}$	Basal area per ha
$d_g$	cm	diameter (1,30 m) of the basal area mean tree
$h_g$	m	height of the basal area mean tree
$V$	$m^3ha^{-1}$	volume per ha <sup>2)</sup>
$lc_G$	$m^2ha^{-1} yr^{-1}$	current basal area increment per ha per year at age $t$
$lc_V$	$m^2ha^{-1}yr^{-1}$	current volume increment per ha per year at age $t$
$lm_G$	$m^3ha^{-1}yr^{-1}$	mean basal area increment per ha per year until age $t$
$lm_V$	$m^3ha^{-1}yr^{-1}$	mean volume increment per ha per year until age $t$

<sup>1)</sup> Mean production, including thinning but excluding mortality (volume increment) per ha until age 70 yr.

<sup>2)</sup> The volume is defined as the stem volume over bark.

### Grove den Nederland 2018





<b>GROVE DEN NEDERLAND</b>		<b>matige laagduunning</b>										<b>Boniteit I, h70 = 23.8, P70 = 9.8</b>									
SCOTS PINE NETHERLANDS		moderate thinning from below										Site Class I, h70 = 23.8, P70 = 9.8									
<i>t</i>	<b>Opstandenmerken</b>			<b>Kenmerken voor duunning</b>			<b>Dunning</b>			<b>Kenmerken na duunning</b>			<b>Bijgroei</b>			<i>t</i>					
	Stand characteristics	Characteristics before thinning		Thinning		Characteristics after thinning		Increment													
<i>h<sub>top</sub></i>	<i>h<sub>dom</sub></i>	<i>d<sub>dom</sub></i>	<i>S%</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>d<sub>g</sub></i>	<i>h<sub>g</sub></i>	<i>V</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>d<sub>g</sub></i>	<i>h<sub>g</sub></i>	<i>V</i>	<i>lc<sub>G</sub></i>	<i>lm<sub>G</sub></i>	<i>lc<sub>V</sub></i>	<i>lm<sub>V</sub></i>				
5	2.0	1.9	1.7	5000	0.6	1.3	1.6	1	5000	0.6	1.3	1.6	1	0.83	0.12	1.1	0.1				
10	5.1	4.9	7.1	5000	10.5	5.2	4.3	26	5000	10.5	5.2	4.3	26	2.96	1.05	10.7	2.6				
15	8.2	8.0	13.2	5000	25.5	8.1	7.2	106	4748	24.7	8.1	7.2	103	2.23	1.70	17.1	7.0				
20	11.0	10.8	16.3	4748	34.4	9.6	9.9	184	2626	24.2	10.8	10.0	131	1.69	1.76	15.5	9.4				
25	13.5	13.2	18.9	2626	31.4	12.3	12.3	202	864	7.0	10.1	12.4	159	1.26	1.70	13.2	10.3				
30	15.5	15.2	21.3	1761	30.3	14.8	14.4	221	436	5.2	12.3	14.5	185	1.09	1.61	12.1	10.7				
35	17.3	16.9	23.4	1325	30.3	17.1	16.1	243	252	4.0	14.3	16.2	212	0.97	1.53	11.1	10.8				
40	18.7	18.4	25.3	1073	30.9	19.1	17.6	265	160	3.3	16.2	17.7	238	0.87	1.45	10.3	10.8				
45	19.9	19.6	27.1	914	31.7	21.0	18.8	288	108	2.8	18.0	19.0	264	0.79	1.38	9.6	10.7				
50	21.0	20.6	28.7	805	32.8	22.8	19.9	310	77	2.4	19.7	20.0	289	0.73	1.32	9.0	10.6				
55	21.8	21.5	30.2	728	33.9	24.4	20.8	332	98	3.6	21.5	21.0	299	0.68	1.27	8.4	10.4				
60	22.6	22.2	31.7	630	33.7	26.1	21.6	339	76	3.2	23.4	21.7	308	0.64	1.21	7.9	10.2				
65	23.2	22.9	33.2	555	33.6	27.8	22.3	346	60	3.0	25.2	22.4	316	0.59	1.17	7.3	10.0				
70	23.8	23.4	34.5	494	33.4	29.3	22.9	351	49	2.8	27.0	23.0	323	0.54	1.13	6.7	9.8				
75	24.3	23.9	35.7	445	33.2	30.8	23.4	355	41	2.7	28.8	23.6	327	0.50	1.09	6.2	9.6				
80	24.7	24.3	36.9	404	32.9	32.2	23.9	357	34	2.5	30.5	24.1	331	0.47	1.05	5.8	9.3				
85	25.1	24.7	38.1	370	32.7	33.6	24.3	359	29	2.4	32.2	24.5	333	0.44	1.01	5.4	9.1				
90	25.4	25.0	39.4	341	32.5	34.8	24.7	360	25	1.8	30.2	24.9	340	0.42	0.98	5.1	8.9				
95	25.7	25.3	40.7	315	32.7	36.3	25.0	365	22	1.7	31.5	25.2	346	0.40	0.95	4.8	8.7				
100	26.0	25.6	42.0	293	32.9	37.8	25.4	370	20	1.7	32.7	25.6	352	0.38	0.92	4.6	8.5				
105	26.3	25.9	43.3	273	33.1	39.3	25.7	374	17	1.6	34.0	25.8	357	0.36	0.90	4.4	8.3				
110	26.5	26.1	44.6	256	33.3	40.7	25.9	378	16	1.5	35.2	26.1	362	0.35	0.87	4.2	8.1				
115	26.7	26.3	45.8	240	33.5	42.2	26.2	382	14	1.5	36.5	26.4	366	0.34	0.85	4.0	7.9				
120	26.9	26.5	47.0	226	33.7	43.6	26.4	386	13	1.4	37.7	26.6	370	0.32	0.83	3.8	7.8				
125	27.0	26.7	48.3	213	33.9	44.9	26.6	389	12	1.4	38.9	26.8	374	0.31	0.81	3.7	7.6				
130	27.2	26.9	49.5	202	34.0	46.3	26.8	392	11	1.3	40.1	27.0	377	0.30	0.79	3.5	7.5				
135	27.3	27.1	50.7	191	34.2	47.7	27.0	394	10	1.3	41.2	27.2	380	0.29	0.77	3.4	7.3				
140	27.4	27.2	51.9	182	34.3	49.0	27.2	396	9	1.3	42.4	27.4	383	0.28	0.75	3.3	7.2				
145	27.5	27.3	53.1	173	34.5	50.4	27.4	399	8	1.2	43.6	27.6	385	0.27	0.74	3.1	7.0				
150	27.7	27.5	54.3	165	34.6	51.7	27.5	400	8	1.2	44.7	27.7	387	0.27	0.72	3.0	6.9				

<b>GROVE DEN NEDERLAND</b> SCOTS PINE NETHERLANDS		<b>matige laagduinning</b> moderate thinning from below										<b>Boniteit II, h70 = 20.8, P70 = 8.3</b> Site Class II, h70 = 20.8, P70 = 8.3							
<i>t</i>	<b>Opstandkenmerken</b> Stand characteristics			<b>Kenmerken voor duinning</b> Characteristics before thinning					<b>Dunning</b> Thinning			<b>Kenmerken na duinning</b> Characteristics after thinning					<b>Bijgroei</b> Increment		
	<i>h<sub>top</sub></i>	<i>h<sub>dom</sub></i>	<i>d<sub>dom</sub></i>	<i>S%</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>d<sub>g</sub></i>	<i>h<sub>g</sub></i>	<i>V</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>d<sub>g</sub></i>	<i>h<sub>g</sub></i>	<i>V</i>	<i>lc<sub>G</sub></i>	<i>lm<sub>G</sub></i>	<i>lc<sub>V</sub></i>	<i>lm<sub>V</sub></i>	<i>t</i>
5	1.4	1.3	0.4		5000	0.0	0.3	1.1	0						0.20	0.01	0.2	0.0	5
10	3.7	3.6	4.9		5000	4.9	3.5	3.0	9						1.67	0.49	4.3	0.9	10
15	6.2	6.0	8.7		5000	16.0	6.4	5.3	49						2.66	1.06	11.9	3.2	15
20	8.5	8.3	13.7	19.0	5000	27.2	8.3	7.5	116	571	1.9	6.5	8		1.82	1.36	12.8	5.8	20
25	10.6	10.4	16.3	19.0	4429	33.5	9.8	9.5	173	1592	7.8	7.9	39		1.47	1.42	12.5	7.2	25
30	12.5	12.2	18.5	19.0	2837	32.3	12.0	11.4	193	785	5.9	9.8	34		1.15	1.40	11.0	8.0	30
35	14.1	13.8	20.4	19.0	2052	31.6	14.0	13.0	211	445	4.6	11.5	30		0.99	1.35	10.1	8.3	35
40	15.5	15.2	22.2	19.0	1606	31.7	15.9	14.4	230	278	3.8	13.2	27		0.90	1.30	9.5	8.5	40
45	16.7	16.4	23.9	19.0	1328	32.2	17.6	15.7	249	186	3.2	14.8	24		0.82	1.25	8.9	8.6	45
50	17.8	17.5	25.3	19.0	1142	32.9	19.2	16.7	269	131	2.7	16.3	22		0.76	1.20	8.4	8.6	50
55	18.7	18.4	26.8	19.6	1011	33.8	20.6	17.7	288	151	3.8	17.9	31		0.70	1.16	7.9	8.6	55
60	19.5	19.1	28.2	20.2	860	33.4	22.2	18.5	295	115	3.5	19.6	30		0.66	1.12	7.4	8.5	60
65	20.2	19.8	29.6	20.8	745	33.1	23.8	19.2	301	90	3.2	21.3	28		0.61	1.08	6.9	8.4	65
70	20.8	20.4	30.9	21.4	655	32.9	25.3	19.9	306	72	3.0	22.9	27		0.56	1.05	6.3	8.3	70
75	21.3	21.0	32.1	22.0	583	32.5	26.7	20.5	310	59	2.8	24.6	26		0.51	1.01	5.9	8.1	75
80	21.8	21.5	33.2	22.6	524	32.2	28.0	21.0	313	49	2.6	26.1	25		0.48	0.98	5.5	8.0	80
85	22.2	21.9	34.3	23.2	475	31.9	29.3	21.4	315	41	2.5	27.7	24		0.45	0.95	5.1	7.8	85
90	22.6	22.3	35.5	23.8	434	31.7	30.5	21.9	316	35	1.9	26.4	19		0.43	0.92	4.9	7.6	90
95	23.0	22.6	36.7	24.4	398	31.8	31.9	22.3	321	31	1.8	27.6	18		0.41	0.90	4.6	7.5	95
100	23.3	22.9	37.9	25.0	368	32.0	33.3	22.6	326	27	1.7	28.8	17		0.39	0.87	4.4	7.3	100
105	23.6	23.2	39.1	25.6	341	32.1	34.6	22.9	330	23	1.7	30.0	16		0.37	0.85	4.2	7.2	105
110	23.8	23.4	40.3	26.2	318	32.3	36.0	23.2	334	21	1.6	31.1	16		0.36	0.83	4.0	7.1	110
115	24.0	23.7	41.4	26.8	297	32.4	37.3	23.5	338	19	1.5	32.3	15		0.34	0.81	3.8	6.9	115
120	24.2	23.9	42.6	27.4	278	32.6	38.6	23.8	341	17	1.5	33.4	15		0.33	0.79	3.6	6.8	120
125	24.4	24.1	43.7	28.0	262	32.7	39.9	24.0	344	15	1.4	34.5	14		0.32	0.77	3.5	6.7	125
130	24.6	24.2	44.9	28.6	247	32.9	41.2	24.2	347	14	1.4	35.6	14		0.31	0.75	3.4	6.5	130
135	24.8	24.4	46.0	29.2	233	33.0	42.5	24.4	350	12	1.3	36.7	13		0.30	0.73	3.2	6.4	135
140	24.9	24.6	47.1	29.8	221	33.2	43.8	24.6	353	11	1.3	37.8	13		0.29	0.72	3.1	6.3	140
145	25.1	24.8	48.2	30.4	209	33.3	45.0	24.8	355	10	1.2	38.9	13		0.28	0.70	3.0	6.2	145
150	25.2	24.9	49.3	31.0	199	33.4	46.3	25.0	357	10	1.2	40.0	12		0.27	0.69	2.9	6.1	150

<b>GROVE DEN NEDERLAND</b> SCOT'S PINE NETHERLANDS		matige laagduinning moderate thinning from below										Boniteit III, h70 = 17.8, P70 = 6.7 Site Class III, h70 = 17.8, P70 = 6.7									
<b>Opstandkenmerken</b> Stand characteristics		<b>Kenmerken voor duinning</b> Characteristics before thinning					<b>Dunning</b> Thinning					<b>Kenmerken na duinning</b> Characteristics after thinning					<b>Bijgroei</b> Increment				
t	h <sub>top</sub>	h <sub>dom</sub>	d <sub>dom</sub>	S%	N	G	d <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	V	N	G	d <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	V	lc <sub>G</sub>	lm <sub>G</sub>	lc <sub>V</sub>	lm <sub>V</sub>	t		
5	1.0	0.9			5000	1.8	2.1	2.1	2					0	0.80	0.18	0.0	0.0	5		
10	2.6	2.5	2.9		5000	1.8	2.1	2.1	2	5000	1.8	2.1	2.1	2	0.80	0.18	1.4	0.2	10		
15	4.4	4.3	6.1		5000	7.7	4.4	3.7	17	5000	7.7	4.4	3.7	17	1.53	0.51	4.8	1.1	15		
20	6.3	6.1	8.9		5000	16.7	6.5	5.4	52	5000	16.7	6.5	5.4	52	2.03	0.83	9.3	2.6	20		
25	8.0	7.8	13.4	19.0	5000	25.9	8.1	7.1	105	54	0.2	6.3	1	4946	25.8	8.1	10.2	4.2	25		
30	9.7	9.4	15.5	19.0	4946	33.1	9.2	8.6	157	1519	6.5	7.4	30	3427	26.6	9.9	10.2	5.2	30		
35	11.1	10.9	17.4	19.0	3427	32.9	11.0	10.1	177	844	5.3	8.9	27	2584	27.6	11.7	10.2	5.2	35		
40	12.4	12.2	19.1	19.0	2584	32.9	12.7	11.4	195	517	4.4	10.4	25	2067	28.5	13.2	11.5	6.3	40		
45	13.6	13.3	20.6	19.0	2067	32.9	14.2	12.6	212	340	3.7	11.8	23	1726	29.2	14.7	12.7	6.5	45		
50	14.7	14.4	22.0	19.0	1726	33.3	15.7	13.6	228	237	3.2	13.1	21	1489	30.1	16.0	13.7	6.7	50		
55	15.6	15.3	23.4	19.6	1489	33.8	17.0	14.6	245	251	4.2	14.5	29	1238	29.7	17.5	14.7	6.8	55		
60	16.4	16.1	24.7	20.2	1238	33.2	18.5	15.4	251	187	3.8	16.0	27	1051	29.4	18.9	15.5	6.8	60		
65	17.1	16.8	26.0	20.8	1051	32.7	19.9	16.2	257	143	3.4	17.5	26	908	29.3	20.3	16.3	6.5	65		
70	17.8	17.5	27.2	21.4	908	32.3	21.3	16.9	262	112	3.2	19.0	25	796	29.1	21.6	17.0	6.7	70		
75	18.4	18.1	28.4	22.0	796	31.9	22.6	17.5	266	90	3.0	20.5	24	706	28.9	22.8	17.6	6.7	75		
80	18.9	18.6	29.4	22.6	706	31.4	23.8	18.1	269	74	2.8	21.9	23	632	28.7	24.0	18.2	6.6	80		
85	19.4	19.1	30.5	23.2	632	31.1	25.0	18.6	271	61	2.6	23.3	22	570	28.4	25.2	18.7	6.5	85		
90	19.8	19.5	31.6	23.8	570	30.7	26.2	19.0	273	52	2.1	22.7	18	519	28.6	26.5	19.2	6.4	90		
95	20.2	19.9	32.8	24.4	519	30.8	27.5	19.5	277	44	2.0	23.8	17	475	28.8	27.8	19.6	6.3	95		
100	20.6	20.2	33.9	25.0	475	30.8	28.8	19.9	282	38	1.8	24.9	16	437	29.0	29.1	20.0	6.2	100		
105	20.9	20.5	35.0	25.6	437	30.9	30.0	20.2	286	33	1.8	26.0	16	404	29.2	30.3	20.4	6.1	105		
110	21.2	20.8	36.1	26.2	404	31.0	31.3	20.6	290	29	1.7	27.1	15	375	29.4	31.6	20.7	6.0	110		
115	21.5	21.1	37.2	26.8	375	31.1	32.5	20.9	294	26	1.6	28.1	14	349	29.5	32.8	21.0	5.9	115		
120	21.7	21.3	38.2	27.4	349	31.3	33.8	21.2	297	23	1.5	29.2	14	327	29.7	34.0	21.3	5.8	120		
125	21.9	21.6	39.3	28.0	327	31.4	35.0	21.4	300	20	1.5	30.3	13	306	29.9	35.3	21.6	5.7	125		
130	22.1	21.8	40.3	28.6	306	31.5	36.2	21.7	303	18	1.4	31.3	13	288	30.1	36.5	21.9	5.6	130		
135	22.3	22.0	41.4	29.2	288	31.6	37.4	21.9	306	17	1.4	32.3	13	271	30.3	37.7	22.1	5.5	135		
140	22.5	22.2	42.4	29.8	271	31.7	38.6	22.2	309	15	1.3	33.4	12	256	30.4	38.9	22.3	5.4	140		
145	22.7	22.3	43.5	30.4	256	31.9	39.8	22.4	311	14	1.3	34.4	12	243	30.6	40.1	22.5	5.3	145		
150	22.8	22.5	44.5	31.0	243	32.0	40.9	22.6	314	12	1.2	35.4	12	230	30.7	41.2	22.7	5.3	150		

<b>GROVE DEN NEDERLAND</b> SCOTS PINE NETHERLANDS		<b>matige laagduunning</b> moderate thinning from below										<b>Boniteit IV, h70 = 14.8, P70 = 5.2</b> Site Class IV, h70 = 14.8, P70 = 5.2												
<b>t</b>	<b>Opstandkenmerken</b> Stand characteristics			<b>Kenmerken voor duunning</b> Characteristics before thinning				<b>Dunning</b> Thinning			<b>Kenmerken na duunning</b> Characteristics after thinning				<b>Bijgroei</b> Increment									
	$h_{top}$	$h_{dom}$	$d_{dom}$	$S\%$	<b>N</b>	<b>G</b>	$d_g$	$h_g$	<b>V</b>	<b>N</b>	<b>G</b>	$d_g$	$h_g$	<b>V</b>	$lc_G$	$lm_G$	$lc_V$	$lm_V$	<b>t</b>					
5	0.6	0.6			5000	0.3	0.9	1.4	0						5000	0.3	0.9	1.4	0	0.28	0.03	0.3	0.0	5
10	1.8	1.7	1.2		5000	0.3	0.9	1.4	0						5000	0.3	0.9	1.4	0	0.28	0.03	0.3	0.0	10
15	3.1	2.9	3.8		5000	3.0	2.8	2.5	5						5000	3.0	2.8	2.5	5	0.76	0.20	1.6	0.3	15
20	4.5	4.3	6.1		5000	7.8	4.5	3.7	17						5000	7.8	4.5	3.7	17	1.14	0.39	3.6	0.9	20
25	5.8	5.7	8.3		5000	14.3	6.0	5.0	41						5000	14.3	6.0	5.0	41	1.42	0.57	6.0	1.7	25
30	7.2	7.0	12.5	21.2	5000	21.8	7.5	6.3	78						5000	21.8	7.5	6.3	78	1.44	0.73	9.0	2.6	30
35	8.4	8.2	14.1	19.0	5000	28.2	8.5	7.5	119						4513	26.5	8.7	7.5	112	1.24	0.81	8.0	3.4	35
40	9.6	9.3	15.8	19.0	4513	32.6	9.6	8.6	153	487	1.7	6.6	7	22	3483	27.8	10.1	8.7	131	1.13	0.86	8.1	4.0	40
45	10.7	10.4	17.3	19.0	3483	33.1	11.0	9.7	171	1030	4.8	7.7	22	21	2816	28.9	11.4	9.7	150	1.01	0.88	7.7	4.4	45
50	11.6	11.4	18.7	19.0	2816	33.7	12.3	10.6	188	667	4.2	8.9	21	20	2360	30.0	12.7	10.7	168	0.89	0.89	7.3	4.7	50
55	12.5	12.3	20.1	19.6	2360	34.2	13.6	11.6	203	457	3.7	10.1	20	168	1910	29.6	14.0	11.6	177	0.76	0.88	6.7	4.9	55
60	13.4	13.1	21.3	20.2	1910	33.2	14.9	12.4	209	449	4.6	11.4	26	177	1584	29.1	15.3	12.5	184	0.71	0.87	6.3	5.1	60
65	14.1	13.8	22.5	20.8	1584	32.5	16.2	13.2	215	326	4.1	12.7	25	184	1340	28.8	16.5	13.3	191	0.65	0.85	5.9	5.2	65
70	14.8	14.5	23.6	21.4	1340	31.9	17.4	13.9	219	245	3.8	14.0	24	191	1151	28.4	17.7	14.0	196	0.60	0.84	5.5	5.2	70
75	15.4	15.1	24.7	22.0	1151	31.3	18.6	14.5	223	188	3.5	15.3	23	196	1003	28.1	18.9	14.6	201	0.55	0.82	5.2	5.2	75
80	16.0	15.7	25.7	22.6	1003	30.7	19.7	15.1	226	148	3.2	16.6	22	201	884	27.7	20.0	15.2	205	0.51	0.80	4.9	5.2	80
85	16.5	16.2	26.7	23.2	884	30.2	20.9	15.7	229	119	3.0	17.9	21	205	787	27.4	21.1	15.8	208	0.48	0.78	4.6	5.2	85
90	17.0	16.7	27.8	23.8	787	29.7	21.9	16.2	231	97	2.8	19.1	20	208	706	27.5	22.3	16.3	214	0.45	0.77	4.4	5.1	90
95	17.4	17.1	28.8	24.4	706	29.7	23.1	16.7	235	81	2.3	19.0	17	214	638	27.5	23.4	16.8	219	0.43	0.75	4.2	5.1	95
100	17.8	17.5	29.9	25.0	638	29.6	24.3	17.1	239	68	2.1	20.0	16	219	581	27.6	24.6	17.2	223	0.41	0.73	4.0	5.0	100
105	18.2	17.9	30.9	25.6	581	29.6	25.5	17.5	243	57	2.0	21.1	16	223	532	27.7	25.8	17.6	228	0.39	0.72	3.8	5.0	105
110	18.5	18.2	31.9	26.2	532	29.7	26.6	17.9	247	49	1.9	22.1	15	228	489	27.9	26.9	18.0	232	0.37	0.70	3.6	4.9	110
115	18.9	18.5	32.9	26.8	489	29.7	27.8	18.2	250	43	1.8	23.1	14	232	452	28.0	28.1	18.4	237	0.36	0.69	3.5	4.9	115
120	19.2	18.8	33.9	27.4	452	29.8	29.0	18.6	254	37	1.7	24.1	14	237	419	28.1	29.2	18.7	240	0.34	0.67	3.4	4.8	120
125	19.4	19.1	34.9	28.0	419	29.8	30.1	18.9	257	33	1.6	25.1	13	240	390	28.3	30.4	19.0	244	0.33	0.66	3.2	4.7	125
130	19.7	19.3	35.9	28.6	390	29.9	31.2	19.2	260	29	1.5	26.0	13	244	365	28.4	31.5	19.3	248	0.32	0.65	3.1	4.7	130
135	19.9	19.6	36.9	29.2	365	30.0	32.4	19.5	263	26	1.5	27.0	12	248	342	28.6	32.6	19.6	251	0.31	0.63	3.0	4.6	135
140	20.1	19.8	37.9	29.8	342	30.1	33.5	19.7	266	23	1.4	28.0	12	251	321	28.7	33.8	19.9	254	0.30	0.62	2.9	4.6	140
145	20.3	20.0	38.8	30.4	321	30.2	34.6	20.0	268	21	1.4	29.0	12	254	302	28.9	34.9	20.1	257	0.29	0.61	2.8	4.5	145
150	20.5	20.2	39.8	31.0	302	30.3	35.7	20.2	271	19	1.3	29.9	11	257	285	29.0	36.0	20.3	260	0.28	0.60	2.7	4.4	150

<b>GROVE DEN NEDERLAND</b>		<b>matige laagduinning</b>										<b>Boniteit V, h70 = 11.8, P70 = 3.7</b>								
SCOTS PINE NETHERLANDS		moderate thinning from below										Site Class V, h70 = 11.8, P70 = 3.7								
<b>t</b>	<b>Opstandkenmerken</b>		<b>Kenmerken voor duinning</b>				<b>Dunning</b>			<b>Kenmerken na duinning</b>				<b>Bijgroei</b>						
	<i>h<sub>top</sub></i>	<i>h<sub>dom</sub></i>	<i>d<sub>dom</sub></i>	<i>S%</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>d<sub>g</sub></i>	<i>h<sub>g</sub></i>	<i>V</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>d<sub>g</sub></i>	<i>h<sub>g</sub></i>	<i>V</i>	<i>lc<sub>G</sub></i>	<i>lm<sub>G</sub></i>	<i>lc<sub>V</sub></i>	<i>lm<sub>V</sub></i>	<i>t</i>	
5	0.4	0.4			5000										5000				0	5
10	1.2	1.1			5000										5000				0	10
15	2.1	1.9	1.8		5000	0.7	1.3	1.6	1						5000	0.7	1.3	1.6	1	15
20	3.0	2.9	3.7		5000	2.8	2.7	2.5	4						5000	2.8	2.7	2.5	4	20
25	4.0	3.9	5.4		5000	6.2	4.0	3.4	14						5000	6.2	4.0	3.4	14	25
30	5.1	4.9	7.1		5000	10.4	5.2	4.3	26						5000	10.4	5.2	4.3	26	30
35	6.1	5.9	8.6		5000	15.4	6.3	5.3	47						5000	15.4	6.3	5.3	47	35
40	7.0	6.8	12.5	21.6	5000	21.0	7.3	6.2	74						5000	21.0	7.3	6.2	74	40
45	7.9	7.7	13.8	19.1	5000	26.4	8.2	7.1	106						5000	26.4	8.2	7.1	106	45
50	8.8	8.6	15.1	19.0	5000	31.8	9.0	7.9	138	885	3.7	7.3	15		4115	28.1	9.3	7.9	123	50
55	9.6	9.4	16.4	19.6	4115	33.0	10.1	8.7	155	878	4.8	8.3	22		3237	28.2	10.5	8.8	133	55
60	10.4	10.2	17.7	20.2	3237	32.7	11.3	9.5	164	624	4.4	9.5	21		2613	28.3	11.7	9.5	143	60
65	11.1	10.9	18.9	20.8	2613	32.4	12.6	10.2	173	457	4.1	10.7	21		2156	28.3	12.9	10.3	152	65
70	11.8	11.5	20.1	21.4	2156	31.9	13.7	10.9	179	345	3.8	11.9	21		1811	28.1	14.1	11.0	159	70
75	12.4	12.2	21.1	22.0	1811	31.3	14.8	11.5	184	266	3.5	13.0	20		1545	27.7	15.1	11.6	164	75
80	13.0	12.7	22.1	22.6	1545	30.5	15.9	12.1	187	210	3.3	14.1	19		1335	27.2	16.1	12.2	167	80
85	13.6	13.3	23.0	23.2	1335	29.8	16.9	12.7	189	168	3.1	15.2	19		1167	26.7	17.1	12.8	170	85
90	14.1	13.8	23.9	23.8	1167	29.2	17.8	13.2	191	137	2.6	15.5	16		1031	26.6	18.1	13.3	175	90
95	14.5	14.2	24.9	24.4	1031	28.9	18.9	13.7	195	113	2.4	16.4	15		918	26.5	19.2	13.8	179	95
100	15.0	14.7	25.9	25.0	918	28.7	19.9	14.2	198	94	2.2	17.3	15		823	26.5	20.2	14.3	184	100
105	15.4	15.1	26.8	25.6	823	28.5	21.0	14.6	202	80	2.1	18.2	14		744	26.5	21.3	14.8	188	105
110	15.8	15.5	27.8	26.2	744	28.4	22.1	15.1	205	68	1.9	19.1	14		676	26.5	22.3	15.2	192	110
115	16.1	15.8	28.7	26.8	676	28.4	23.1	15.5	209	58	1.8	20.0	13		617	26.5	23.4	15.6	196	115
120	16.5	16.2	29.6	27.4	617	28.4	24.2	15.8	212	51	1.7	20.9	13		567	26.6	24.5	15.9	199	120
125	16.8	16.5	30.6	28.0	567	28.4	25.2	16.2	215	44	1.7	21.8	12		522	26.7	25.5	16.3	203	125
130	17.1	16.8	31.5	28.6	522	28.4	26.3	16.5	218	39	1.6	22.8	12		483	26.8	26.6	16.6	206	130
135	17.4	17.0	32.4	29.2	483	28.4	27.3	16.8	221	34	1.5	23.7	11		449	26.9	27.6	17.0	210	135
140	17.6	17.3	33.3	29.8	449	28.4	28.4	17.1	224	31	1.5	24.6	11		418	27.0	28.7	17.3	213	140
145	17.9	17.5	34.2	30.4	418	28.5	29.4	17.4	227	27	1.4	25.5	11		391	27.1	29.7	17.5	216	145
150	18.1	17.8	35.1	31.0	391	28.6	30.5	17.7	229	25	1.3	26.4	10		367	27.2	30.7	17.8	219	150

<b>GROVE DEN NEDERLAND</b> SCOTS PINE NETHERLANDS		<b>sterke laagduinning</b> heavy thinning from below										<b>Boniteit I, h70 = 23.8, P70 = 8.8</b> Site Class I, h70 = 23.8, P70 = 8.8									
<b>Opstandkenmerken</b> Stand characteristics		<b>Kenmerken voor dunning</b> Characteristics before thinning					<b>Dunning</b> Thinning					<b>Kenmerken na dunning</b> Characteristics after thinning					<b>Bijgroei</b> Increment				
t	h <sub>top</sub>	h <sub>dbm</sub>	d <sub>dbm</sub>	S%	N	G	d <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	V	N	G	d <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	V	lc <sub>g</sub>	lm <sub>g</sub>	lc <sub>v</sub>	lm <sub>v</sub>	t		
5	2.0	1.9	1.7		5000	0.6	1.3	1.6	1						5000	0.6	1.3	1.6	1	5	
10	5.1	4.9	7.1		5000	10.5	5.2	4.3	26						5000	10.5	5.2	4.3	26	10	
15	8.2	8.0	13.4	22.0	5000	25.1	8.0	7.2	104	1458	4.8	6.5	19	1458	20.2	8.5	7.2	85	15		
20	11.0	10.8	16.6	22.0	3542	29.0	10.2	9.9	156	1583	9.0	8.5	47	1583	20.0	11.4	10.0	110	20		
25	13.5	13.2	19.5	22.0	1958	26.6	13.2	12.3	172	645	6.1	11.0	38	645	20.5	14.1	12.4	134	25		
30	15.5	15.2	22.0	22.0	1314	25.8	15.8	14.4	189	325	4.6	13.3	32	325	21.2	16.5	14.5	157	30		
35	17.3	16.9	24.3	22.0	988	25.9	18.3	16.1	209	188	3.6	15.6	28	188	22.3	18.8	16.2	181	35		
40	18.7	18.4	26.3	22.0	800	26.4	20.5	17.6	229	119	2.9	17.7	24	119	23.5	21.0	17.7	204	40		
45	19.9	19.6	28.2	22.0	681	27.3	22.6	18.8	249	81	2.5	19.7	22	81	24.8	22.9	19.0	227	45		
50	21.0	20.6	30.0	22.0	601	28.3	24.5	19.9	269	58	2.1	21.6	19	58	26.2	24.8	20.0	250	50		
55	21.8	21.5	31.6	22.6	543	29.4	26.2	20.8	289	69	3.0	23.5	28	69	26.4	26.6	21.0	261	55		
60	22.6	22.2	33.2	23.2	474	29.3	28.0	21.6	297	54	2.7	25.5	27	54	26.5	28.4	21.7	270	60		
65	23.2	22.9	34.7	23.8	420	29.3	29.8	22.3	303	43	2.5	27.5	25	43	26.7	30.0	22.4	278	65		
70	23.8	23.4	36.1	24.4	378	29.2	31.4	22.9	309	35	2.4	29.4	24	35	26.9	31.6	23.0	285	70		
75	24.3	23.9	37.4	25.0	342	29.2	33.0	23.4	314	29	2.2	31.2	23	29	27.0	33.1	23.6	291	75		
80	24.7	24.3	38.7	25.6	313	29.2	34.5	23.9	318	25	2.1	33.1	22	25	27.1	34.6	24.1	296	80		
85	25.1	24.7	39.9	26.2	288	29.2	35.9	24.3	321	21	2.0	34.9	22	21	27.1	36.0	24.5	300	85		
90	25.4	25.0	41.4	26.8	267	29.2	37.3	24.7	324	19	1.5	32.3	16	19	27.6	37.6	24.9	308	90		
95	25.7	25.4	42.8	27.4	248	29.5	38.9	25.0	331	16	1.4	33.7	16	16	28.1	39.3	25.2	316	95		
100	26.0	25.7	44.2	28.0	232	29.9	40.5	25.4	338	14	1.4	35.0	15	14	28.5	40.8	25.6	322	100		
105	26.3	25.9	45.6	28.6	218	30.3	42.1	25.7	343	13	1.3	36.4	15	13	28.9	42.4	25.8	329	105		
110	26.5	26.2	47.0	29.2	205	30.6	43.6	25.9	349	12	1.3	37.7	14	12	29.3	43.9	26.1	335	110		
115	26.7	26.4	48.3	29.8	193	30.9	45.1	26.2	354	10	1.3	39.0	14	10	29.7	45.5	26.4	340	115		
120	26.9	26.6	49.7	30.4	183	31.2	46.6	26.4	359	9	1.2	40.3	13	9	30.0	47.0	26.6	345	120		
125	27.0	26.8	51.0	31.0	173	31.5	48.1	26.6	363	9	1.2	41.6	13	9	30.4	48.4	26.8	350	125		
130	27.2	27.0	52.3	31.6	165	31.8	49.6	26.8	367	8	1.1	42.9	13	8	30.7	49.9	27.0	354	130		
135	27.3	27.2	53.6	32.2	157	32.1	51.0	27.0	371	7	1.1	44.1	12	7	30.9	51.3	27.2	358	135		
140	27.4	27.3	54.9	32.8	149	32.3	52.5	27.2	374	7	1.1	45.4	12	7	31.2	52.8	27.4	362	140		
145	27.5	27.4	56.2	33.4	143	32.5	53.9	27.4	377	6	1.1	46.6	12	6	31.5	54.2	27.6	365	145		
150	27.7	27.6	57.5	34.0	136	32.8	55.3	27.5	380	6	1.0	47.8	12	6	31.7	55.6	27.7	368	150		

<b>GROVE DEN NEDERLAND</b> SCOTS PINE NETHERLANDS				<b>sterke laagduunning</b> heavy thinning from below										<b>Boniteit II, h70 = 20.8, P70 = 7.5</b> Site Class II, h70 = 20.8, P70 = 7.5										
<i>t</i>	<b>Opstandkenmerken</b> Stand characteristics				<b>Kenmerken voor duunning</b> Characteristics before thinning					<b>Dunning</b> Thinning					<b>Kenmerken na duunning</b> Characteristics after thinning					<b>Bijgroei</b> Increment				
	<i>h<sub>top</sub></i>	<i>h<sub>dom</sub></i>	<i>d<sub>dom</sub></i>	<i>S%</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>d<sub>g</sub></i>	<i>h<sub>g</sub></i>	<i>V</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>d<sub>g</sub></i>	<i>h<sub>g</sub></i>	<i>V</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>d<sub>g</sub></i>	<i>h<sub>g</sub></i>	<i>V</i>	<i>lc<sub>G</sub></i>	<i>lm<sub>G</sub></i>	<i>lc<sub>V</sub></i>	<i>lm<sub>V</sub></i>	<i>t</i>
5	1.4	1.3	0.4		5000	0.0	0.3	1.1	0						5000	0.0	0.3	1.1	0	0.20	0.01	0.2	0.0	5
10	3.7	3.6	4.9		5000	4.9	3.5	3.0	9						5000	4.9	3.5	3.0	9	1.67	0.49	4.3	0.9	10
15	6.2	6.0	8.7		5000	16.0	6.4	5.3	49						5000	16.0	6.4	5.3	49	2.66	1.06	11.9	3.2	15
20	8.5	8.3	13.9	22.0	5000	26.6	8.2	7.5	114	1697	5.9	6.7	24	3303	20.7	8.9	7.5	89	1.65	1.33	11.6	5.7	20	
25	10.6	10.4	16.6	22.0	3303	28.1	10.4	9.5	146	1187	6.8	8.6	34	2116	21.3	11.3	9.6	112	1.33	1.36	11.0	6.8	25	
30	12.5	12.2	19.0	22.0	2116	27.2	12.8	11.4	164	586	5.2	10.6	30	1530	22.0	13.5	11.5	134	1.04	1.33	9.8	7.4	30	
35	14.1	13.8	21.1	22.0	1530	26.8	14.9	13.0	180	332	4.1	12.5	26	1198	22.7	15.5	13.1	154	0.90	1.28	9.0	7.7	35	
40	15.5	15.2	23.0	22.0	1198	27.0	16.9	14.4	197	207	3.4	14.4	24	991	23.6	17.4	14.5	174	0.81	1.23	8.5	7.8	40	
45	16.7	16.4	24.7	22.0	991	27.5	18.8	15.7	214	139	2.8	16.1	21	852	24.7	19.2	15.8	193	0.74	1.18	8.0	7.9	45	
50	17.8	17.5	26.4	22.0	852	28.2	20.5	16.7	232	98	2.4	17.8	19	754	25.8	20.9	16.8	213	0.68	1.13	7.5	7.8	50	
55	18.7	18.4	27.9	22.6	754	29.1	22.2	17.7	249	108	3.2	19.6	27	647	25.8	22.6	17.8	222	0.63	1.09	7.0	7.8	55	
60	19.5	19.1	29.4	23.2	647	28.9	23.8	18.5	256	82	2.9	21.3	25	565	25.9	24.2	18.6	231	0.58	1.05	6.5	7.7	60	
65	20.2	19.8	30.8	23.8	565	28.7	25.4	19.2	263	64	2.7	23.1	24	500	26.0	25.7	19.4	239	0.54	1.01	6.1	7.6	65	
70	20.8	20.4	32.1	24.4	500	28.6	27.0	19.9	268	52	2.5	24.8	23	448	26.1	27.2	20.0	245	0.50	0.97	5.7	7.5	70	
75	21.3	21.0	33.4	25.0	448	28.5	28.5	20.5	273	43	2.4	26.6	22	406	26.1	28.6	20.6	251	0.47	0.94	5.3	7.3	75	
80	21.8	21.5	34.6	25.6	406	28.4	29.9	21.0	277	36	2.2	28.2	21	370	26.2	30.0	21.1	256	0.44	0.91	5.0	7.2	80	
85	22.2	21.9	35.8	26.2	370	28.4	31.2	21.4	281	30	2.1	29.9	20	340	26.2	31.3	21.6	260	0.42	0.88	4.8	7.1	85	
90	22.6	22.3	37.1	26.8	340	28.3	32.5	21.9	284	26	1.6	28.2	16	314	26.7	32.9	22.0	268	0.40	0.86	4.5	6.9	90	
95	23.0	22.6	38.4	27.4	314	28.6	34.1	22.3	290	22	1.5	29.5	15	292	27.1	34.4	22.4	275	0.38	0.83	4.3	6.8	95	
100	23.3	22.9	39.8	28.0	292	28.9	35.5	22.6	296	20	1.5	30.8	14	272	27.5	35.9	22.8	282	0.36	0.81	4.1	6.7	100	
105	23.6	23.2	41.0	28.6	272	29.3	37.0	22.9	302	17	1.4	32.0	14	254	27.9	37.3	23.1	288	0.35	0.79	3.9	6.5	105	
110	23.8	23.4	42.3	29.2	254	29.6	38.5	23.2	307	16	1.3	33.3	13	239	28.2	38.8	23.4	294	0.33	0.77	3.8	6.4	110	
115	24.0	23.7	43.6	29.8	239	29.9	39.9	23.5	312	14	1.3	34.5	13	225	28.6	40.2	23.7	299	0.32	0.75	3.6	6.3	115	
120	24.2	23.9	44.8	30.4	225	30.1	41.3	23.8	316	13	1.3	35.7	13	213	28.9	41.6	23.9	304	0.31	0.73	3.5	6.2	120	
125	24.4	24.2	46.0	31.0	213	30.4	42.7	24.0	321	11	1.2	36.9	12	201	29.2	43.0	24.2	308	0.30	0.71	3.3	6.1	125	
130	24.6	24.4	47.2	31.6	201	30.7	44.0	24.2	325	10	1.2	38.1	12	191	29.5	44.3	24.4	313	0.29	0.70	3.2	6.0	130	
135	24.8	24.5	48.4	32.2	191	30.9	45.4	24.4	328	9	1.1	39.3	12	181	29.8	45.7	24.6	317	0.28	0.68	3.1	5.9	135	
140	24.9	24.7	49.6	32.8	181	31.1	46.8	24.6	332	9	1.1	40.4	11	173	30.0	47.0	24.8	320	0.27	0.67	3.0	5.8	140	
145	25.1	24.9	50.8	33.4	173	31.4	48.1	24.8	335	8	1.1	41.6	11	165	30.3	48.4	25.0	324	0.26	0.65	2.9	5.7	145	
150	25.2	25.0	52.0	34.0	165	31.6	49.4	25.0	338	7	1.1	42.7	11	157	30.5	49.7	25.2	327	0.26	0.64	2.8	5.6	150	

<b>GROVE DEN NEDERLAND</b> SCOTS PINE NETHERLANDS		<b>sterke laagduunning</b> heavy thinning from below										<b>Boniteit III, h70 = 17.8, P70 = 6.1</b> Site Class III, h70 = 17.8, P70 = 6.1												
<b>Opstandkenmerken</b> Stand characteristics		<b>Kenmerken voor duunning</b> Characteristics before thinning					<b>Dunning</b> Thinning					<b>Kenmerken na duunning</b> Characteristics after thinning					<b>Bijgroei</b> Increment							
t	h <sub>top</sub>	h <sub>dom</sub>	d <sub>dom</sub>	S%	N	G	d <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	V	N	G	d <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	V	lc <sub>G</sub>	lm <sub>G</sub>	lc <sub>V</sub>	lm <sub>V</sub>	t					
5	1.0	0.9			5000	1.8	2.1	2.1	2						5000	1.8	2.1	2.1	0	0.80	0.18	1.4	0.0	5
10	2.6	2.5	2.9		5000	7.7	4.4	3.7	17						5000	7.7	4.4	3.7	2	1.53	0.51	4.8	0.2	10
15	4.4	4.3	6.1		5000	16.7	6.5	5.4	52						5000	16.7	6.5	5.4	17	2.03	0.83	9.3	1.1	15
20	6.3	6.1	8.9		5000	25.4	8.0	7.1	103						5000	25.4	8.0	7.1	52	2.03	0.83	9.3	2.6	20
25	8.0	7.8	13.6	22.0	5000	27.8	9.8	8.6	133	1311	4.3	6.4	17	1311	3689	21.2	8.5	7.1	87	1.45	1.02	9.3	4.1	25
30	9.7	9.4	15.8	22.0	3689	27.8	9.8	8.6	133	1133	5.7	8.0	26	1133	2556	22.1	10.5	8.7	107	1.22	1.07	9.0	5.0	30
35	11.1	10.9	17.9	22.0	2556	27.8	11.8	10.1	150	629	4.6	9.7	24	629	1927	23.1	12.4	10.2	126	1.04	1.08	8.5	5.5	35
40	12.4	12.2	19.7	22.0	1927	27.9	13.6	11.4	167	386	3.9	11.3	22	386	1541	24.0	14.1	11.5	145	0.86	1.06	7.7	5.8	40
45	13.6	13.3	21.3	22.0	1541	28.1	15.2	12.6	181	254	3.3	12.8	20	254	1287	24.8	15.7	12.7	161	0.76	1.03	7.2	6.0	45
50	14.7	14.4	22.8	22.0	1287	28.4	16.8	13.6	196	177	2.8	14.3	19	177	1111	25.6	17.1	13.7	177	0.71	1.00	6.9	6.1	50
55	15.6	15.3	24.3	22.6	1111	29.0	18.2	14.6	211	180	3.5	15.8	25	180	931	25.5	18.7	14.7	186	0.65	0.97	6.5	6.2	55
60	16.4	16.1	25.7	23.2	931	28.6	19.8	15.4	217	134	3.2	17.4	23	134	797	25.4	20.1	15.5	194	0.60	0.95	6.1	6.2	60
65	17.1	16.8	27.0	23.8	797	28.3	21.2	16.2	223	103	2.9	19.0	22	103	694	25.3	21.6	16.3	201	0.55	0.92	5.7	6.2	65
70	17.8	17.5	28.2	24.4	694	28.0	22.7	16.9	229	82	2.7	20.6	21	82	612	25.3	22.9	17.0	207	0.52	0.89	5.3	6.1	70
75	18.4	18.1	29.4	25.0	612	27.8	24.0	17.5	233	66	2.5	22.1	20	66	546	25.3	24.3	17.6	213	0.48	0.86	5.0	6.0	75
80	18.9	18.6	30.6	25.6	546	27.6	25.4	18.1	237	54	2.4	23.6	20	54	492	25.3	25.6	18.2	218	0.46	0.84	4.8	6.0	80
85	19.4	19.1	31.7	26.2	492	27.5	26.7	18.6	241	45	2.2	25.2	19	45	447	25.2	26.8	18.7	222	0.43	0.82	4.5	5.9	85
90	19.8	19.5	32.9	26.8	447	27.3	27.9	19.0	244	38	1.7	24.1	15	38	409	25.6	28.2	19.2	229	0.41	0.79	4.3	5.8	90
95	20.2	19.9	34.2	27.4	409	27.6	29.3	19.5	250	33	1.7	25.4	14	33	376	25.9	29.6	19.6	235	0.39	0.77	4.1	5.7	95
100	20.6	20.2	35.4	28.0	376	27.8	30.7	19.9	256	28	1.6	26.6	14	28	348	26.3	31.0	20.0	242	0.37	0.75	3.9	5.6	100
105	20.9	20.5	36.6	28.6	348	28.1	32.1	20.2	261	25	1.5	27.7	13	25	323	26.6	32.4	20.4	247	0.36	0.73	3.7	5.6	105
110	21.2	20.8	37.8	29.2	323	28.3	33.4	20.6	266	22	1.4	28.9	13	22	302	26.9	33.7	20.7	253	0.34	0.72	3.6	5.5	110
115	21.5	21.1	38.9	29.8	302	28.6	34.7	20.9	271	19	1.4	30.1	12	19	282	27.2	35.0	21.0	258	0.33	0.70	3.4	5.4	115
120	21.7	21.3	40.1	30.4	282	28.8	36.1	21.2	275	17	1.3	31.2	12	17	265	27.5	36.4	21.3	263	0.32	0.69	3.3	5.3	120
125	21.9	21.6	41.2	31.0	265	29.1	37.4	21.4	279	15	1.3	32.3	12	15	250	27.8	37.7	21.6	267	0.31	0.67	3.2	5.2	125
130	22.1	21.8	42.3	31.6	250	29.3	38.7	21.7	283	14	1.2	33.4	11	14	236	28.1	38.9	21.9	272	0.29	0.66	3.1	5.1	130
135	22.3	22.0	43.5	32.2	236	29.5	39.9	21.9	287	13	1.2	34.5	11	13	223	28.4	40.2	22.1	276	0.29	0.64	3.0	5.1	135
140	22.5	22.2	44.6	32.8	223	29.8	41.2	22.2	290	12	1.1	35.6	11	12	212	28.6	41.5	22.3	280	0.28	0.63	2.9	5.0	140
145	22.7	22.4	45.7	33.4	212	30.0	42.5	22.4	294	11	1.1	36.7	11	11	201	28.8	42.7	22.5	283	0.27	0.62	2.8	4.9	145
150	22.8	22.6	46.8	34.0	201	30.2	43.7	22.6	297	10	1.1	37.8	10	10	191	29.1	44.0	22.7	286	0.26	0.61	2.7	4.8	150



<b>GROVE DEN NEDERLAND</b> SCOTS PINE NETHERLANDS		<b>sterke laagduinning</b> heavy thinning from below												<b>Boniteit IV, h70 = 14.8, P70 = 4.8</b> Site Class IV, h70 = 14.8, P70 = 4.8									
<b>t</b>	<b>Opstandkenmerken</b> Stand characteristics			<b>Kenmerken voor dunning</b> Characteristics before thinning					<b>Dunning</b> Thinning				<b>Kenmerken na dunning</b> Characteristics after thinning					<b>Bijgroei</b> Increment					
	$h_{top}$	$h_{dom}$	$d_{dom}$	$S\%$	N	G	$d_g$	$h_g$	V	N	G	$d_g$	V	N	G	$d_g$	V	$lc_G$	$lm_G$	$lc_V$	$lm_V$	t	
5	0.6	0.6			5000	0.3	0.9	1.4	0					5000	0.3	0.9	1.4	0	0.28	0.03	0.3	0.0	5
10	1.8	1.7	1.2		5000	0.3	0.9	1.4	0					5000	0.3	0.9	1.4	0	0.28	0.03	0.3	0.0	10
15	3.1	2.9	3.8		5000	3.0	2.8	2.5	5					5000	3.0	2.8	2.5	5	0.76	0.20	1.6	0.3	15
20	4.5	4.3	6.1		5000	7.8	4.5	3.7	17					5000	7.8	4.5	3.7	17	1.14	0.39	3.6	0.9	20
25	5.8	5.7	8.3		5000	14.3	6.0	5.0	41					5000	14.3	6.0	5.0	41	1.42	0.57	6.0	1.7	25
30	7.2	7.0	12.4	21.2	5000	21.7	7.4	6.3	77					5000	21.7	7.4	6.3	77	1.37	0.72	8.8	2.6	30
35	8.4	8.2	14.4	22.0	5000	27.9	8.4	7.5	117					5000	27.9	8.4	7.5	117	1.16	0.80	7.4	3.4	35
40	9.6	9.3	16.1	22.0	3366	27.4	10.2	8.6	129					3366	27.4	10.2	8.6	129	1.02	0.83	7.2	3.8	40
45	10.7	10.4	17.8	22.0	2598	28.0	11.7	9.7	145					2598	28.0	11.7	9.7	145	0.91	0.85	6.9	4.2	45
50	11.6	11.4	19.3	22.0	2101	28.6	13.2	10.6	160					2101	28.6	13.2	10.6	160	0.81	0.85	6.5	4.4	50
55	12.5	12.3	20.7	22.6	1760	29.1	14.5	11.6	174					1760	29.1	14.5	11.6	174	0.68	0.84	5.9	4.6	55
60	13.4	13.1	22.0	23.2	1437	28.5	15.9	12.4	180					1437	28.5	15.9	12.4	180	0.62	0.82	5.5	4.7	60
65	14.1	13.8	23.2	23.8	1201	27.9	17.2	13.2	185					1201	27.9	17.2	13.2	185	0.57	0.81	5.2	4.7	65
70	14.8	14.5	24.3	24.4	1023	27.5	18.5	13.9	190					1023	27.5	18.5	13.9	190	0.54	0.79	4.9	4.8	70
75	15.4	15.1	25.5	25.0	886	27.1	19.8	14.5	195					886	27.1	19.8	14.5	195	0.50	0.77	4.7	4.8	75
80	16.0	15.7	26.6	25.6	777	26.8	21.0	15.1	199					777	26.8	21.0	15.1	199	0.47	0.75	4.5	4.8	80
85	16.5	16.2	27.6	26.2	689	26.6	22.2	15.7	202					689	26.6	22.2	15.7	202	0.45	0.74	4.2	4.7	85
90	17.0	16.7	28.8	26.8	617	26.3	23.3	16.2	205					617	26.3	23.3	16.2	205	0.42	0.72	4.0	4.7	90
95	17.4	17.1	29.9	27.4	557	26.5	24.6	16.7	211					557	26.5	24.6	16.7	211	0.40	0.70	3.9	4.7	95
100	17.8	17.5	31.0	28.0	506	26.6	25.9	17.1	216					506	26.6	25.9	17.1	216	0.38	0.69	3.7	4.6	100
105	18.2	17.9	32.2	28.6	463	26.8	27.2	17.5	221					463	26.8	27.2	17.5	221	0.37	0.67	3.6	4.6	105
110	18.5	18.2	33.3	29.2	426	27.0	28.4	17.9	225					426	27.0	28.4	17.9	225	0.35	0.66	3.4	4.5	110
115	18.9	18.5	34.3	29.8	394	27.2	29.7	18.2	230					394	27.2	29.7	18.2	230	0.34	0.64	3.3	4.5	115
120	19.2	18.8	35.4	30.4	365	27.4	30.9	18.6	234					365	27.4	30.9	18.6	234	0.32	0.63	3.2	4.4	120
125	19.4	19.1	36.5	31.0	341	27.6	32.1	18.9	238					341	27.6	32.1	18.9	238	0.31	0.62	3.1	4.4	125
130	19.7	19.3	37.6	31.6	318	27.8	33.3	19.2	242					318	27.8	33.3	19.2	242	0.30	0.61	3.0	4.3	130
135	19.9	19.6	38.6	32.2	299	28.0	34.5	19.5	246					299	28.0	34.5	19.5	246	0.29	0.60	2.9	4.3	135
140	20.1	19.8	39.6	32.8	281	28.2	35.7	19.7	249					281	28.2	35.7	19.7	249	0.28	0.58	2.8	4.2	140
145	20.3	20.0	40.7	33.4	265	28.4	36.9	20.0	253					265	28.4	36.9	20.0	253	0.27	0.57	2.7	4.2	145
150	20.5	20.2	41.7	34.0	250	28.5	38.1	20.2	256					250	28.5	38.1	20.2	256	0.27	0.56	2.6	4.1	150

<b>GROVE DEN NEDERLAND</b> SCOTS PINE NETHERLANDS		<b>sterke laagduunning</b> heavy thinning from below										<b>Boniteit V, h70 = 11.8, P70 = 3.4</b> Site Class V, h70 = 11.8, P70 = 3.4												
<b>t</b>	<b>Opstandkenmerken</b> Stand characteristics			<b>Kenmerken voor duunning</b> Characteristics before thinning				<b>Dunning</b> Thinning			<b>Kenmerken na duunning</b> Characteristics after thinning				<b>Bijgroei</b> Increment									
	$h_{top}$	$h_{dom}$	$d_{dom}$	$S\%$	<b>N</b>	<b>G</b>	$d_g$	$h_g$	<b>V</b>	<b>N</b>	<b>G</b>	$d_g$	<b>V</b>	<b>N</b>	<b>G</b>	$d_g$	$h_g$	<b>V</b>	$lc_G$	$lm_G$	$lc_V$	$lm_V$	<b>t</b>	
5	0.4	0.4			5000			0						5000			0			0.0	0.0	0.0	0.0	5
10	1.2	1.1			5000			0						5000			0			0.0	0.0	0.0	0.0	10
15	2.1	1.9	1.8		5000	0.7	1.3	1.6	1					5000	0.7	1.3	1.6	1	0.30	0.05	0.4	0.1	15	
20	3.0	2.9	3.7		5000	2.8	2.7	2.5	4					5000	2.8	2.7	2.5	4	0.55	0.14	1.1	0.2	20	
25	4.0	3.9	5.4		5000	6.2	4.0	3.4	14					5000	6.2	4.0	3.4	14	0.76	0.25	2.2	0.6	25	
30	5.1	4.9	7.1		5000	10.4	5.2	4.3	26					5000	10.4	5.2	4.3	26	0.94	0.35	3.4	0.9	30	
35	6.1	5.9	8.6		5000	15.4	6.3	5.3	47					5000	15.4	6.3	5.3	47	1.06	0.44	4.7	1.3	35	
40	7.0	6.8	12.4	21.6	5000	21.0	7.3	6.2	74					5000	21.0	7.3	6.2	74	1.13	0.53	6.9	1.8	40	
45	7.9	7.7	14.0	22.0	5000	26.3	8.2	7.0	105	1221	4.3	6.7	16	3779	22.1	8.6	7.1	89	1.01	0.59	5.9	2.3	45	
50	8.8	8.6	15.4	22.0	3779	26.9	9.5	7.9	118	710	3.4	7.8	14	3069	23.5	9.9	7.9	103	0.92	0.62	5.8	2.7	50	
55	9.6	9.4	16.8	22.6	3069	27.9	10.8	8.7	132	635	4.1	9.0	18	2434	23.8	11.2	8.8	113	0.84	0.65	5.6	3.0	55	
60	10.4	10.2	18.1	23.2	2434	27.8	12.1	9.5	141	453	3.8	10.3	18	1981	24.0	12.4	9.5	122	0.75	0.66	5.3	3.2	60	
65	11.1	10.9	19.4	23.8	1981	27.6	13.3	10.2	148	334	3.5	11.5	18	1647	24.1	13.7	10.3	130	0.68	0.66	5.0	3.3	65	
70	11.8	11.5	20.5	24.4	1647	27.3	14.5	10.9	155	254	3.2	12.8	18	1393	24.1	14.8	11.0	137	0.61	0.66	4.7	3.4	70	
75	12.4	12.2	21.6	25.0	1393	27.0	15.7	11.5	160	197	3.0	14.0	17	1196	24.0	16.0	11.6	142	0.54	0.66	4.3	3.5	75	
80	13.0	12.7	22.6	25.6	1196	26.5	16.8	12.1	163	156	2.8	15.2	17	1041	23.7	17.0	12.2	146	0.49	0.65	4.1	3.5	80	
85	13.6	13.3	23.6	26.2	1041	26.1	17.9	12.7	166	125	2.6	16.4	16	915	23.4	18.1	12.8	150	0.46	0.64	3.9	3.6	85	
90	14.1	13.8	24.7	26.8	915	25.7	18.9	13.2	169	103	2.2	16.4	14	813	23.5	19.2	13.3	155	0.44	0.63	3.7	3.6	90	
95	14.5	14.2	25.7	27.4	813	25.7	20.1	13.7	174	85	2.0	17.4	13	728	23.7	20.3	13.8	161	0.42	0.62	3.6	3.6	95	
100	15.0	14.7	26.7	28.0	728	25.7	21.2	14.2	178	71	1.9	18.4	13	656	23.8	21.5	14.3	166	0.40	0.61	3.5	3.6	100	
105	15.4	15.1	27.8	28.6	656	25.7	22.3	14.6	183	61	1.8	19.4	12	596	24.0	22.6	14.8	171	0.38	0.60	3.4	3.6	105	
110	15.8	15.5	28.8	29.2	596	25.8	23.5	15.1	187	52	1.7	20.3	12	544	24.1	23.8	15.2	175	0.36	0.59	3.2	3.6	110	
115	16.1	15.8	29.8	29.8	544	25.9	24.6	15.5	191	45	1.6	21.3	11	499	24.3	24.9	15.6	180	0.35	0.58	3.1	3.5	115	
120	16.5	16.2	30.8	30.4	499	26.0	25.8	15.8	195	39	1.5	22.3	11	460	24.5	26.0	15.9	184	0.34	0.57	3.0	3.5	120	
125	16.8	16.5	31.8	31.0	460	26.2	26.9	16.2	199	34	1.5	23.3	11	426	24.7	27.2	16.3	188	0.32	0.56	2.9	3.5	125	
130	17.1	16.8	32.8	31.6	426	26.3	28.0	16.5	203	30	1.4	24.3	10	396	24.9	28.3	16.6	193	0.31	0.55	2.8	3.5	130	
135	17.4	17.0	33.8	32.2	396	26.4	29.2	16.8	206	27	1.3	25.2	10	369	25.1	29.4	17.0	196	0.30	0.54	2.7	3.5	135	
140	17.6	17.3	34.7	32.8	369	26.6	30.3	17.1	210	24	1.3	26.2	10	345	25.3	30.5	17.3	200	0.29	0.53	2.7	3.4	140	
145	17.9	17.5	35.7	33.4	345	26.7	31.4	17.4	213	21	1.2	27.1	10	324	25.5	31.6	17.5	204	0.28	0.52	2.6	3.4	145	
150	18.1	17.8	36.7	34.0	324	26.9	32.5	17.7	216	19	1.2	28.1	9	305	25.7	32.8	17.8	207	0.27	0.51	2.5	3.4	150	

GROVE DEN NEDERLAND SCOTS PINE NETHERLANDS										zeer sterke laagduunning very heavy thinning from below										Boniteit I, h70 = 23.8, P70 = 8.2 Site Class I, h70 = 23.8, P70 = 8.2									
		Opstandkenmerken Stand characteristics			Kenmerken voor duunning Characteristics before thinning			Dunning Thinning			Kenmerken na duunning Characteristics after thinning			Bijgroei Increment															
t	$h_{top}$	$h_{dbm}$	$d_{dbm}$	S%	N	G	$d_g$	$h_g$	V	N	G	$d_g$	$h_g$	V	$lc_G$	$lm_G$	$lc_V$	$lm_V$	t										
5	2.0	1.9	1.7		5000	0.6	1.3	1.6	1						0.83	0.12	1.1	0.1	5										
10	5.1	4.9	7.1		5000	10.5	5.2	4.3	26						2.96	1.05	10.7	2.6	10										
15	8.2	8.0	13.5	25.0	5000	24.7	7.9	7.2	103	2257	7.8	6.6	31	2743	16.9	8.9	7.2	71	15										
20	11.0	10.8	16.9	25.0	2743	25.0	10.8	9.9	136	1226	8.0	9.1	42	1517	17.0	12.0	10.0	94	20										
25	13.5	13.2	19.9	25.0	1517	23.0	13.9	12.3	150	499	5.5	11.8	34	1017	17.6	14.8	12.4	115	25										
30	15.5	15.2	22.6	25.0	1017	22.4	16.8	14.4	166	252	4.1	14.4	29	765	18.3	17.5	14.5	137	30										
35	17.3	16.9	25.1	25.0	765	22.6	19.4	16.1	183	145	3.2	16.8	25	620	19.4	20.0	16.2	158	35										
40	18.7	18.4	27.3	25.0	620	23.2	21.8	17.6	202	92	2.6	19.1	22	528	20.5	22.3	17.7	180	40										
45	19.9	19.6	29.3	25.0	528	24.0	24.1	18.8	220	63	2.2	21.3	20	465	21.8	24.4	19.0	200	45										
50	21.0	20.6	31.2	25.0	465	24.9	26.1	19.9	239	45	1.9	23.4	18	420	23.0	26.4	20.0	221	50										
55	21.8	21.5	33.0	25.6	420	26.0	28.0	20.8	257	51	2.6	25.5	25	369	23.3	28.4	21.0	232	55										
60	22.6	22.2	34.7	26.2	369	26.1	30.0	21.6	265	40	2.4	27.6	23	330	23.7	30.2	21.7	242	60										
65	23.2	22.9	36.2	26.8	330	26.2	31.8	22.3	273	32	2.2	29.7	22	298	24.0	32.0	22.4	251	65										
70	23.8	23.4	37.8	27.4	298	26.3	33.6	22.9	279	26	2.1	31.8	21	272	24.3	33.7	23.0	258	70										
75	24.3	23.9	39.2	28.0	272	26.5	35.2	23.4	285	22	2.0	33.8	20	250	24.5	35.4	23.6	265	75										
80	24.7	24.3	40.6	28.6	250	26.6	36.8	23.9	291	19	1.9	35.8	20	231	24.7	36.9	24.1	271	80										
85	25.1	24.8	41.9	29.2	231	26.7	38.4	24.3	295	16	1.8	37.7	19	215	24.9	38.4	24.5	276	85										
90	25.4	25.1	43.5	29.8	215	26.8	39.9	24.7	299	14	1.3	34.5	14	201	25.5	40.2	24.9	285	90										
95	25.7	25.5	45.1	30.4	201	27.3	41.6	25.0	307	12	1.3	36.0	14	189	26.1	41.9	25.2	294	95										
100	26.0	25.8	46.6	31.0	189	27.8	43.3	25.4	314	11	1.2	37.5	13	178	26.6	43.6	25.6	301	100										
105	26.3	26.0	48.1	31.6	178	28.2	45.0	25.7	321	10	1.2	38.9	13	168	27.1	45.3	25.8	308	105										
110	26.5	26.3	49.6	32.2	168	28.7	46.6	25.9	328	9	1.1	40.3	12	159	27.5	47.0	26.1	315	110										
115	26.7	26.5	51.0	32.8	159	29.1	48.3	26.2	333	8	1.1	41.7	12	151	28.0	48.6	26.4	321	115										
120	26.9	26.7	52.5	33.4	151	29.4	49.8	26.4	339	7	1.1	43.1	12	144	28.4	50.2	26.6	327	120										
125	27.0	26.9	53.9	34.0	144	29.8	51.4	26.6	344	7	1.0	44.4	12	137	28.8	51.7	26.8	332	125										
130	27.2	27.1	55.3	34.6	137	30.2	53.0	26.8	349	6	1.0	45.8	11	131	29.1	53.3	27.0	337	130										
135	27.3	27.2	56.7	35.2	131	30.5	54.5	27.0	353	6	1.0	47.1	11	125	29.5	54.8	27.2	342	135										
140	27.4	27.4	58.1	35.8	125	30.8	56.0	27.2	357	5	1.0	48.4	11	120	29.8	56.3	27.4	346	140										
145	27.5	27.5	57.8	36.4	120	31.1	57.5	27.4	361	5	0.9	49.7	11	115	30.1	57.8	27.6	350	145										
150	27.7	27.6	59.3	37.0	115	31.4	58.9	27.5	364	5	0.9	51.0	10	110	30.4	59.3	27.7	354	150										

GROVE DEN NEDERLAND														zeer sterke laagduunning														Boniteit II, h70 = 20.8, P70 = 6.9													
SCOTS PINE NETHERLANDS														very heavy thinning from below														Site Class II, h70 = 20.8, P70 = 6.9													
t	Opstandkenmerken						Kenmerken voor duunning						Dunning						Kenmerken na duunning						Bijgroei																
	h <sub>top</sub>	h <sub>dom</sub>	h <sub>dom</sub>	d <sub>dom</sub>	S%		N	G	d <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	V	N	G	d <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	V	N	G	d <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	V	lc <sub>G</sub>	lm <sub>G</sub>	lc <sub>V</sub>	lm <sub>V</sub>	t															
5	1.4	1.3	0.4			5000	0.0	0.3	1.1	0							5000	0.0	0.3	1.1	0	0.20	0.01	0.2	0.0	5															
10	3.7	3.6	4.9			5000	4.9	3.5	3.0	9							5000	4.9	3.5	3.0	9	1.67	0.49	4.3	0.9	10															
15	6.2	6.0	8.7			5000	16.0	6.4	5.3	49							5000	16.0	6.4	5.3	49	2.66	1.06	11.9	3.2	15															
20	8.5	8.3	14.0	25.0		5000	26.2	8.2	7.5	112							2442	8.9	6.8	37																					
25	10.6	10.4	16.9	25.0		2558	24.1	11.0	9.5	126							919	6.1	9.2	31																					
30	12.5	12.2	19.4	25.0		1639	23.5	13.5	11.4	142							454	4.6	11.4	27																					
35	14.1	13.8	21.6	25.0		1185	23.3	15.8	13.0	157							257	3.7	13.5	24																					
40	15.5	15.2	23.7	25.0		928	23.5	18.0	14.4	173							161	3.0	15.5	21																					
45	16.7	16.4	25.6	25.0		767	24.1	20.0	15.7	189							107	2.6	17.4	19																					
50	17.8	17.5	27.3	25.0		660	24.8	21.9	16.7	204							76	2.2	19.3	18																					
55	18.7	18.4	29.0	25.6		584	25.6	23.6	17.7	220							80	2.8	21.1	23																					
60	19.5	19.1	30.5	26.2		504	25.6	25.4	18.5	228							61	2.6	23.1	22																					
65	20.2	19.8	32.0	26.8		443	25.6	27.1	19.2	235							48	2.4	25.0	21																					
70	20.8	20.4	33.5	27.4		394	25.6	28.8	19.9	241							39	2.2	26.8	20																					
75	21.3	21.0	34.8	28.0		356	25.7	30.3	20.5	247							32	2.1	28.7	19																					
80	21.8	21.5	36.1	28.6		323	25.8	31.9	21.0	252							27	2.0	30.5	18																					
85	22.2	21.9	37.4	29.2		297	25.9	33.3	21.4	257							23	1.9	32.3	18																					
90	22.6	22.3	38.9	29.8		274	25.9	34.7	21.9	261							20	1.4	30.0	14																					
95	23.0	22.6	40.3	30.4		254	26.4	36.3	22.3	268							17	1.3	31.5	13																					
100	23.3	22.9	41.7	31.0		237	26.8	37.9	22.6	275							15	1.3	32.8	13																					
105	23.6	23.2	43.1	31.6		222	27.2	39.5	22.9	281							13	1.2	34.2	12																					
110	23.8	23.5	44.5	32.2		208	27.6	41.1	23.2	287							12	1.2	35.5	12																					
115	24.0	23.8	45.8	32.8		197	28.0	42.6	23.5	293							11	1.1	36.8	12																					
120	24.2	24.0	47.1	33.4		186	28.3	44.1	23.8	298							10	1.1	38.1	11																					
125	24.4	24.2	48.5	34.0		176	28.7	45.5	24.0	303							9	1.1	39.4	11																					
130	24.6	24.4	49.8	34.6		167	29.0	47.0	24.2	308							8	1.0	40.6	11																					
135	24.8	24.6	51.0	35.2		159	29.3	48.4	24.4	312							7	1.0	41.9	10																					
140	24.9	24.8	52.3	35.8		152	29.6	49.8	24.6	316							7	1.0	43.1	10																					
145	25.1	25.0	53.6	36.4		145	29.9	51.2	24.8	320							6	1.0	44.3	10																					
150	25.2	25.1	54.9	37.0		139	30.2	52.6	25.0	323							6	0.9	45.5	10																					

<b>GROVE DEN NEDERLAND</b>		<b>zeer sterke laagduunning</b>											<b>Boniteit III, h70 = 17.8, P70 = 5.7</b>						
SCOTS PINE NETHERLANDS		very heavy thinning from below											Site Class III, h70 = 17.8, P70 = 5.7						
t	<b>Opstandkenmerken</b>			<b>Kenmerken voor duunning</b>				<b>Dunning</b>			<b>Kenmerken na duunning</b>				<b>Bijgroei</b>				
	h <sub>top</sub>	h <sub>dom</sub>	d <sub>dom</sub>	S%	N	G	d <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	V	N	G	d <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	V	lc <sub>G</sub>	lm <sub>G</sub>	lc <sub>V</sub>	lm <sub>V</sub>	t
5	1.0	0.9			5000				0										5
10	2.6	2.5	2.9		5000	1.8	2.1	2.1	2						0.80	0.18	1.4	0.2	10
15	4.4	4.3	6.1		5000	7.7	4.4	3.7	17						1.53	0.51	4.8	1.1	15
20	6.3	6.1	8.9		5000	16.7	6.5	5.4	52						2.03	0.83	9.3	2.6	20
25	8.0	7.8	13.7	25.0	5000	25.1	8.0	7.1	102	2143	7.3	6.6	29		1.33	1.00	8.5	4.1	25
30	9.7	9.4	16.1	25.0	2857	23.9	10.3	8.6	115	877	5.0	8.6	23		1.12	1.04	8.1	4.8	30
35	11.1	10.9	18.2	25.0	1980	24.0	12.4	10.1	131	487	4.1	10.4	22		0.96	1.04	7.7	5.2	35
40	12.4	12.2	20.2	25.0	1492	24.3	14.4	11.4	146	299	3.5	12.2	20		0.79	1.02	7.0	5.5	40
45	13.6	13.3	21.9	25.0	1194	24.5	16.2	12.6	159	197	3.0	13.8	19		0.70	0.99	6.5	5.6	45
50	14.7	14.4	23.5	25.0	997	24.9	17.8	13.6	172	137	2.6	15.5	17		0.65	0.96	6.3	5.7	50
55	15.6	15.3	25.1	25.6	860	25.4	19.4	14.6	186	135	3.1	17.1	22		0.60	0.93	5.9	5.7	55
60	16.4	16.1	26.5	26.2	726	25.2	21.0	15.4	193	101	2.8	18.8	21		0.55	0.90	5.6	5.7	60
65	17.1	16.8	27.9	26.8	625	25.1	22.6	16.2	199	78	2.6	20.5	20		0.52	0.87	5.3	5.7	65
70	17.8	17.5	29.3	27.4	547	25.0	24.1	16.9	205	62	2.4	22.2	19		0.48	0.84	5.0	5.7	70
75	18.4	18.1	30.5	28.0	485	25.0	25.6	17.5	211	50	2.2	23.8	18		0.45	0.82	4.7	5.6	75
80	18.9	18.6	31.8	28.6	436	25.0	27.0	18.1	215	41	2.1	25.5	17		0.43	0.79	4.5	5.5	80
85	19.4	19.1	33.0	29.2	395	25.0	28.4	18.6	220	34	2.0	27.1	17		0.41	0.77	4.2	5.5	85
90	19.8	19.5	34.3	29.8	360	25.0	29.7	19.0	224	29	1.5	25.7	13		0.39	0.75	4.0	5.4	90
95	20.2	19.9	35.7	30.4	331	25.3	31.2	19.5	230	25	1.4	27.0	13		0.37	0.73	3.9	5.3	95
100	20.6	20.2	37.0	31.0	306	25.7	32.7	19.9	237	22	1.4	28.3	12		0.35	0.71	3.7	5.2	100
105	20.9	20.5	38.3	31.6	284	26.1	34.2	20.2	243	19	1.3	29.6	12		0.34	0.70	3.6	5.2	105
110	21.2	20.8	39.5	32.2	265	26.4	35.6	20.6	248	17	1.3	30.8	11		0.32	0.68	3.4	5.1	110
115	21.5	21.1	40.8	32.8	248	26.7	37.0	20.9	254	15	1.2	32.0	11		0.31	0.66	3.3	5.0	115
120	21.7	21.4	42.0	33.4	233	27.1	38.5	21.2	259	13	1.2	33.3	11		0.30	0.65	3.2	4.9	120
125	21.9	21.6	43.2	34.0	220	27.4	39.8	21.4	264	12	1.1	34.5	10		0.29	0.63	3.0	4.9	125
130	22.1	21.9	44.5	34.6	208	27.7	41.2	21.7	268	11	1.1	35.6	10		0.28	0.62	2.9	4.8	130
135	22.3	22.1	45.7	35.2	197	28.0	42.6	21.9	272	10	1.1	36.8	10		0.27	0.61	2.8	4.7	135
140	22.5	22.3	46.9	35.8	187	28.3	43.9	22.2	276	9	1.0	38.0	10		0.26	0.60	2.7	4.7	140
145	22.7	22.5	48.0	36.4	178	28.5	45.2	22.4	280	8	1.0	39.1	9		0.26	0.58	2.6	4.6	145
150	22.8	22.7	49.2	37.0	169	28.8	46.5	22.6	284	8	1.0	40.2	9		0.25	0.57	2.6	4.5	150

GROVE DEN NEDERLAND SCOTS PINE NETHERLANDS				zeer sterke laagduunning very heavy thinning from below												Boniteit IV, h70 = 14.8, P70 = 4.5 Site Class IV, h70 = 14.8, P70 = 4.5								
Opstandenkenmerken Stand characteristics		Kenmerken voor duunning Characteristics before thinning				Dunning Thinning				Kenmerken na duunning Characteristics after thinning				Bijgroei Increment										
t	h <sub>top</sub>	h <sub>dom</sub>	d <sub>dom</sub>	S%	N	G	d <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	V	N	G	d <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	V	lc <sub>G</sub>	lm <sub>G</sub>	lc <sub>V</sub>	lm <sub>V</sub>	t					
5	0.6	0.6			5000	0.3	0.9	1.4	0						5000	0.3	0.9	1.4	0	0.28	0.03	0.3	0.0	5
10	1.8	1.7	1.2		5000	0.3	0.9	1.4	0						5000	0.3	0.9	1.4	0	0.76	0.20	1.6	0.3	10
15	3.1	2.9	3.8		5000	3.0	2.8	2.5	5						5000	3.0	2.8	2.5	5	1.14	0.39	3.6	0.9	15
20	4.5	4.3	6.1		5000	7.8	4.5	3.7	17						5000	7.8	4.5	3.7	17	1.42	0.57	6.0	1.7	20
25	5.8	5.7	8.3		5000	14.3	6.0	5.0	41						5000	14.3	6.0	5.0	41	1.28	0.72	8.5	2.6	25
30	7.2	7.0	12.1	21.2	5000	21.6	7.4	6.3	77						5000	21.6	7.4	6.3	77	1.06	0.78	6.8	3.3	30
35	8.4	8.2	14.4	25.0	5000	27.3	8.3	7.5	115	2393	9.1	7.0	37	37	2607	18.2	9.4	7.5	78	0.94	0.81	6.4	3.7	35
40	9.6	9.3	16.3	25.0	2607	23.2	10.7	8.6	110	595	3.7	8.9	17	17	2012	19.6	11.1	8.7	94	0.84	0.82	6.2	4.0	40
45	10.7	10.4	18.1	25.0	2012	24.0	12.3	9.7	125	385	3.3	10.4	16	16	1627	20.7	12.7	9.7	109	0.74	0.81	5.9	4.2	45
50	11.6	11.4	19.7	25.0	1627	24.7	13.9	10.6	139	264	2.9	11.8	16	16	1363	21.8	14.3	10.7	123	0.63	0.80	5.4	4.3	50
55	12.5	12.3	21.2	25.6	1363	25.2	15.4	11.6	152	243	3.4	13.3	20	20	1120	21.8	15.8	11.6	132	0.57	0.79	5.0	4.4	55
60	13.4	13.1	22.5	26.2	1120	24.8	16.8	12.4	158	178	3.1	14.8	19	19	942	21.8	17.2	12.5	139	0.54	0.77	4.8	4.4	60
65	14.1	13.8	23.8	26.8	942	24.6	18.2	13.2	164	135	2.8	16.2	18	18	807	21.8	18.5	13.3	146	0.50	0.75	4.6	4.5	65
70	14.8	14.5	25.1	27.4	807	24.3	19.6	13.9	169	105	2.6	17.7	17	17	702	21.8	19.9	14.0	152	0.47	0.73	4.4	4.5	70
75	15.4	15.1	26.3	28.0	702	24.2	20.9	14.5	174	83	2.4	19.2	17	17	619	21.8	21.2	14.6	158	0.44	0.72	4.2	4.4	75
80	16.0	15.7	27.4	28.6	619	24.1	22.2	15.1	179	67	2.3	20.7	16	16	552	21.8	22.4	15.2	163	0.42	0.70	4.0	4.4	80
85	16.5	16.2	28.5	29.2	552	24.0	23.5	15.7	183	55	2.1	22.1	16	16	497	21.8	23.7	15.8	167	0.40	0.68	3.8	4.4	85
90	17.0	16.7	29.8	29.8	497	23.9	24.8	16.2	187	46	1.7	21.4	13	13	450	22.2	25.1	16.3	174	0.38	0.67	3.7	4.4	90
95	17.4	17.1	31.0	30.4	450	24.2	26.1	16.7	193	39	1.6	22.6	12	12	411	22.6	26.5	16.8	181	0.36	0.65	3.5	4.3	95
100	17.8	17.5	32.3	31.0	411	24.5	27.5	17.1	199	33	1.5	23.8	12	12	378	23.0	27.8	17.2	187	0.35	0.64	3.4	4.3	100
105	18.2	17.9	33.5	31.6	378	24.8	28.9	17.5	204	29	1.4	25.0	11	11	349	23.3	29.2	17.6	193	0.33	0.62	3.3	4.2	105
110	18.5	18.2	34.6	32.2	349	25.0	30.2	17.9	210	25	1.4	26.2	11	11	324	23.7	30.5	18.0	199	0.32	0.61	3.1	4.2	110
115	18.9	18.5	35.8	32.8	324	25.3	31.6	18.2	215	22	1.3	27.3	11	11	302	24.0	31.8	18.4	204	0.31	0.60	3.0	4.1	115
120	19.2	18.8	37.0	33.4	302	25.6	32.9	18.6	220	20	1.2	28.4	10	10	282	24.4	33.2	18.7	209	0.30	0.59	2.9	4.1	120
125	19.4	19.1	38.1	34.0	282	25.9	34.2	18.9	224	17	1.2	29.6	10	10	265	24.7	34.5	19.0	214	0.29	0.58	2.8	4.0	125
130	19.7	19.3	39.2	34.6	265	26.1	35.5	19.2	229	16	1.2	30.7	10	10	249	25.0	35.7	19.3	219	0.28	0.57	2.7	4.0	130
135	19.9	19.6	40.4	35.2	249	26.4	36.7	19.5	233	14	1.1	31.8	9	9	235	25.3	37.0	19.6	223	0.27	0.56	2.6	4.0	135
140	20.1	19.8	41.5	35.8	235	26.7	38.0	19.7	237	13	1.1	32.9	9	9	222	25.6	38.3	19.9	227	0.26	0.55	2.5	3.9	140
145	20.3	20.1	42.6	36.4	222	26.9	39.3	20.0	240	12	1.0	34.0	9	9	211	25.9	39.5	20.1	231	0.25	0.54	2.5	3.9	145
150	20.5	20.3	43.7	37.0	211	27.1	40.5	20.2	244	11	1.0	35.0	9	9	200	26.1	40.8	20.3	235	0.25	0.54	2.5	3.9	150

<b>GROVE DEN NEDERLAND</b>		<b>zeer sterke laagduunning</b>										<b>Boniteit V, h70 = 11.8, P70 = 3.2</b>											
SCOTS PINE NETHERLANDS		very heavy thinning from below										Site Class V, h70 = 11.8, P70 = 3.2											
<i>t</i>	<b>Opstandkenmerken</b>		<b>Kenmerken voor duunning</b>					<b>Dunning</b>					<b>Kenmerken na duunning</b>					<b>Bijgroei</b>					
	<i>h<sub>top</sub></i>	<i>h<sub>dom</sub></i>	<i>d<sub>dom</sub></i>	<i>S%</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>d<sub>g</sub></i>	<i>h<sub>g</sub></i>	<i>V</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>d<sub>g</sub></i>	<i>V</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>d<sub>g</sub></i>	<i>h<sub>g</sub></i>	<i>V</i>	<i>lc<sub>G</sub></i>	<i>lm<sub>G</sub></i>	<i>lc<sub>V</sub></i>	<i>lm<sub>V</sub></i>	<i>t</i>
5	0.4	0.4			5000			0										0					5
10	1.2	1.1			5000			0										0					10
15	2.1	1.9	1.8		5000	0.7	1.3	1.6	1									1	0.30	0.05	0.4	0.1	15
20	3.0	2.9	3.7		5000	2.8	2.7	2.5	4									4	0.55	0.14	1.1	0.2	20
25	4.0	3.9	5.4		5000	6.2	4.0	3.4	14									14	0.76	0.25	2.2	0.6	25
30	5.1	4.9	7.1		5000	10.4	5.2	4.3	26									26	0.94	0.35	3.4	0.9	30
35	6.1	5.9	8.6		5000	15.4	6.3	5.3	47									47	1.06	0.44	4.7	1.3	35
40	7.0	6.8	12.1	21.6	5000	21.0	7.3	6.2	74									74	1.08	0.52	6.7	1.8	40
45	7.9	7.7	14.0	25.0	5000	25.9	8.1	7.0	103	2074	7.5	6.8	29					29	0.93	0.58	5.4	2.3	45
50	8.8	8.6	15.6	25.0	2926	22.8	10.0	7.9	100	550	3.0	8.3	13					13	0.85	0.61	5.2	2.6	50
55	9.6	9.4	17.1	25.6	2377	23.9	11.3	8.7	114	480	3.5	9.6	16					16	0.77	0.63	5.1	2.8	55
60	10.4	10.2	18.5	26.2	1897	24.0	12.7	9.5	122	344	3.3	11.0	16					16	0.70	0.63	4.9	3.0	60
65	11.1	10.9	19.8	26.8	1553	24.1	14.1	10.2	130	255	3.0	12.3	16					16	0.63	0.64	4.6	3.1	65
70	11.8	11.5	21.0	27.4	1299	24.1	15.4	10.9	137	194	2.8	13.7	16					16	0.57	0.63	4.4	3.2	70
75	12.4	12.2	22.2	28.0	1105	23.9	16.6	11.5	142	151	2.7	15.0	15					15	0.50	0.63	4.0	3.3	75
80	13.0	12.7	23.2	28.6	954	23.6	17.8	12.1	146	120	2.5	16.2	15					15	0.46	0.62	3.8	3.3	80
85	13.6	13.3	24.3	29.2	834	23.4	18.9	12.7	150	97	2.3	17.5	14					14	0.44	0.61	3.6	3.4	85
90	14.1	13.8	25.4	29.8	737	23.2	20.0	13.2	153	80	1.9	17.3	12					12	0.41	0.60	3.5	3.4	90
95	14.5	14.2	26.5	30.4	657	23.3	21.3	13.7	159	66	1.8	18.4	12					12	0.40	0.59	3.4	3.4	95
100	15.0	14.7	27.7	31.0	591	23.5	22.5	14.2	164	56	1.7	19.5	11					11	0.38	0.58	3.3	3.4	100
105	15.4	15.1	28.8	31.6	535	23.7	23.7	14.6	169	47	1.6	20.5	11					11	0.36	0.57	3.2	3.4	105
110	15.8	15.5	29.8	32.2	488	23.9	25.0	15.1	173	41	1.5	21.6	10					10	0.35	0.56	3.1	3.4	110
115	16.1	15.8	30.9	32.8	447	24.1	26.2	15.5	178	35	1.4	22.7	10					10	0.33	0.55	3.0	3.3	115
120	16.5	16.2	32.0	33.4	412	24.3	27.4	15.8	183	31	1.4	23.7	10					10	0.32	0.54	2.9	3.3	120
125	16.8	16.5	33.1	34.0	381	24.5	28.6	16.2	187	27	1.3	24.7	10					10	0.31	0.53	2.8	3.3	125
130	17.1	16.8	34.1	34.6	354	24.7	29.8	16.5	191	24	1.2	25.8	9					9	0.30	0.52	2.7	3.3	130
135	17.4	17.0	35.2	35.2	330	24.9	31.0	16.8	195	21	1.2	26.8	9					9	0.29	0.51	2.6	3.3	135
140	17.6	17.3	36.2	35.8	309	25.1	32.2	17.1	199	19	1.2	27.8	9					9	0.28	0.50	2.5	3.2	140
145	17.9	17.5	37.2	36.4	290	25.3	33.3	17.4	202	17	1.1	28.8	9					9	0.27	0.50	2.5	3.2	145
150	18.1	17.8	38.2	37.0	273	25.5	34.5	17.7	206	15	1.1	29.9	8					8	0.26	0.49	2.4	3.2	150

<b>GROVE DEN NEDERLAND</b>		<b>open stand</b>										<b>Boniteit I, h70 = 23.8, P70 = 7.4</b>													
SCOTS PINE NETHERLANDS		open stand										Site Class I, h70 = 23.8, P70 = 7.4													
t	<b>Opstandkenmerken</b>					<b>Kenmerken voor dunning</b>					<b>Dunning</b>					<b>Kenmerken na dunning</b>					<b>Bijgroei</b>				
	h <sub>top</sub>	h <sub>dbm</sub>	d <sub>dbm</sub>	S%		N	G	d <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	V	N	G	d <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	V	lc <sub>g</sub>	lm <sub>g</sub>	lc <sub>v</sub>	lm <sub>v</sub>	t					
5	2.0	1.9	1.9	8.0	28.0	3000	0.5	1.4	1.6	1						0.63	0.09	0.8	0.1	5					
10	5.1	4.9	8.0	14.0	28.0	3000	8.0	5.8	4.3	20						2.25	0.80	8.0	2.0	10					
15	8.2	8.0	17.5	28.0	28.0	3000	19.5	9.1	7.2	82	814	3.7	7.6	15		1.74	1.30	14.0	5.4	15					
20	11.0	10.8	20.7	28.0	28.0	2186	23.3	11.7	9.9	127	977	7.7	10.0	40		1.32	1.35	11.5	7.1	20					
25	13.5	13.2	20.7	28.0	28.0	1209	21.3	15.0	12.3	139	398	5.2	12.9	33		0.99	1.31	9.9	7.8	25					
30	15.5	15.2	23.5	28.0	28.0	811	20.7	18.0	14.4	153	201	3.9	15.7	28		0.85	1.24	9.1	8.1	30					
35	17.3	16.9	26.1	28.0	28.0	610	20.8	20.8	16.1	169	116	3.1	18.3	24		0.76	1.18	8.5	8.2	35					
40	18.7	18.4	28.5	28.0	28.0	494	21.3	23.4	17.6	186	74	2.5	20.8	21		0.68	1.12	7.9	8.2	40					
45	19.9	19.6	30.7	28.0	28.0	421	22.1	25.9	18.8	203	50	2.1	23.2	19		0.62	1.07	7.4	8.1	45					
50	21.0	20.6	32.7	28.0	28.0	371	22.9	28.1	19.9	220	36	1.8	25.5	17		0.57	1.02	6.9	8.0	50					
55	21.8	21.5	34.6	28.6	28.6	335	23.9	30.1	20.8	237	39	2.4	27.7	23		0.53	0.98	6.5	7.9	55					
60	22.6	22.2	36.4	29.2	29.2	296	24.1	32.2	21.6	246	31	2.2	30.0	21		0.49	0.94	6.0	7.7	60					
65	23.2	22.9	38.1	29.8	29.8	265	24.3	34.1	22.3	254	25	2.0	32.3	20		0.46	0.90	5.7	7.6	65					
70	23.8	23.4	39.7	30.4	30.4	241	24.5	36.0	22.9	261	20	1.9	34.4	19		0.43	0.87	5.3	7.4	70					
75	24.3	24.0	41.3	31.0	31.0	221	24.7	37.8	23.4	267	17	1.8	36.6	19		0.41	0.84	5.0	7.3	75					
80	24.7	24.5	43.0	31.6	31.6	204	24.9	39.5	23.9	273	14	1.3	34.2	14		0.39	0.81	4.7	7.1	80					
85	25.1	24.9	44.8	32.2	32.2	189	25.5	41.4	24.3	282	12	1.3	35.8	13		0.37	0.79	4.5	7.0	85					
90	25.4	25.2	46.5	32.8	32.8	177	26.0	43.3	24.7	291	11	1.2	37.5	13		0.35	0.76	4.3	6.9	90					
95	25.7	25.6	48.1	33.4	33.4	166	26.5	45.1	25.0	299	10	1.2	39.0	12		0.34	0.74	4.1	6.7	95					
100	26.0	25.9	49.7	34.0	34.0	156	27.0	46.9	25.4	306	9	1.1	40.6	12		0.32	0.72	3.9	6.6	100					
105	26.3	26.1	51.3	34.6	34.6	148	27.5	48.7	25.7	313	8	1.1	42.1	12		0.31	0.70	3.7	6.4	105					
110	26.5	26.4	52.9	35.2	35.2	140	28.0	50.4	25.9	320	7	1.0	43.6	11		0.30	0.68	3.6	6.3	110					
115	26.7	26.6	54.4	35.8	35.8	133	28.4	52.1	26.2	326	6	1.0	45.1	11		0.29	0.67	3.4	6.2	115					
120	26.9	26.8	56.0	36.4	36.4	127	28.8	53.8	26.4	331	6	1.0	46.5	11		0.28	0.65	3.3	6.1	120					
125	27.0	27.0	57.5	37.0	37.0	121	29.2	55.4	26.6	337	5	1.0	47.9	11		0.27	0.64	3.2	6.0	125					
130	27.2	27.1	57.3	37.6	37.6	116	29.5	57.0	26.8	342	5	0.9	49.3	10		0.26	0.62	3.1	5.9	130					
135	27.3	27.3	58.9	38.2	38.2	111	29.9	58.6	27.0	346	5	0.9	50.7	10		0.25	0.61	2.9	5.7	135					
140	27.4	27.4	60.5	38.8	38.8	106	30.2	60.2	27.2	351	4	0.9	52.0	10		0.24	0.60	2.8	5.6	140					
145	27.5	27.5	62.0	39.4	39.4	102	30.5	61.7	27.4	355	4	0.9	53.4	10		0.24	0.58	2.7	5.5	145					
150	27.7	27.7	63.6	40.0	40.0	98	30.8	63.3	27.5	358	4	0.9	54.7	10		0.23	0.57	2.7	5.5	150					



GROVE DEN NEDERLAND										open stand										Boniteit II, h70 = 20.8, P70 = 6.3									
SCOTS PINE NETHERLANDS										open stand										Site Class II, h70 = 20.8, P70 = 6.3									
Opstandkenmerken		Kenmerken voor dunning				Dunning				Kenmerken na dunning				Bijgroei															
Stand characteristics		Characteristics before thinning				Thinning				Characteristics after thinning				Increment															
t	h <sub>top</sub>	h <sub>dom</sub>	d <sub>dom</sub>	S%	N	G	d <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	V	N	G	d <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	V	lc <sub>G</sub>	lm <sub>G</sub>	lc <sub>V</sub>	lm <sub>V</sub>	t										
5	1.4	1.3	0.4		3000	0.0	0.3	1.1	0						0.15	0.00	0.2	0.0	5										
10	3.7	3.6	5.5		3000	3.7	4.0	3.0	7						1.26	0.37	3.2	0.7	10										
15	6.2	6.0	9.8		3000	12.1	7.2	5.3	36						2.02	0.81	8.8	2.4	15										
20	8.5	8.3	14.6	28.0	3000	20.8	9.4	7.5	90	961	4.7	7.9			1.42	1.04	9.7	4.5	20										
25	10.6	10.4	17.5	28.0	2039	22.6	11.9	9.5	118	733	5.8	10.1	30	19	1.15	1.09	9.3	5.5	25										
30	12.5	12.2	20.2	28.0	1306	21.9	14.6	11.4	133	362	4.4	12.5	26	30	0.90	1.08	8.3	6.1	30										
35	14.1	13.8	22.5	28.0	945	21.5	17.0	13.0	146	205	3.5	14.7	23	23	0.78	1.04	7.6	6.3	35										
40	15.5	15.2	24.7	28.0	740	21.7	19.3	14.4	160	128	2.9	16.9	20	20	0.70	1.00	7.2	6.4	40										
45	16.7	16.4	26.7	28.0	612	22.2	21.5	15.7	175	86	2.4	19.0	18	18	0.64	0.97	6.8	6.5	45										
50	17.8	17.5	28.6	28.0	526	22.8	23.5	16.7	189	60	2.1	21.0	17	17	0.59	0.93	6.4	6.5	50										
55	18.7	18.4	30.3	28.6	466	23.6	25.4	17.7	204	62	2.6	23.0	21	21	0.55	0.90	6.0	6.5	55										
60	19.5	19.1	32.0	29.2	404	23.6	27.3	18.5	211	47	2.3	25.1	20	20	0.51	0.87	5.7	6.4	60										
65	20.2	19.8	33.6	29.8	356	23.7	29.1	19.2	219	37	2.2	27.1	19	19	0.47	0.84	5.3	6.4	65										
70	20.8	20.4	35.1	30.4	319	23.9	30.9	19.9	225	30	2.0	29.1	18	18	0.44	0.81	5.0	6.3	70										
75	21.3	21.0	36.5	31.0	289	24.0	32.5	20.5	231	25	1.9	31.1	18	18	0.42	0.79	4.7	6.2	75										
80	21.8	21.5	38.2	31.6	264	24.2	34.1	21.0	237	21	1.4	29.5	14	14	0.40	0.76	4.5	6.1	80										
85	22.2	21.9	39.8	32.2	243	24.6	35.9	21.4	245	18	1.4	31.1	13	13	0.38	0.74	4.3	6.0	85										
90	22.6	22.3	41.3	32.8	225	25.1	37.7	21.9	253	15	1.3	32.6	12	12	0.36	0.72	4.1	5.9	90										
95	23.0	22.7	42.9	33.4	210	25.6	39.4	22.3	260	13	1.2	34.1	12	12	0.34	0.70	3.9	5.8	95										
100	23.3	23.0	44.4	34.0	196	26.0	41.1	22.6	267	12	1.2	35.5	12	12	0.33	0.68	3.7	5.7	100										
105	23.6	23.3	45.9	34.6	184	26.5	42.7	22.9	274	11	1.1	37.0	11	11	0.31	0.66	3.6	5.6	105										
110	23.8	23.6	47.3	35.2	174	26.9	44.4	23.2	280	9	1.1	38.4	11	11	0.30	0.65	3.4	5.5	110										
115	24.0	23.9	48.7	35.8	164	27.3	46.0	23.5	286	8	1.1	39.7	11	11	0.29	0.63	3.3	5.4	115										
120	24.2	24.1	50.1	36.4	156	27.7	47.5	23.8	291	8	1.0	41.1	10	10	0.28	0.62	3.1	5.3	120										
125	24.4	24.3	51.5	37.0	148	28.0	49.1	24.0	296	7	1.0	42.4	10	10	0.27	0.60	3.0	5.2	125										
130	24.6	24.5	52.9	37.6	141	28.4	50.6	24.2	301	6	1.0	43.7	10	10	0.26	0.59	2.9	5.1	130										
135	24.8	24.7	54.3	38.2	135	28.7	52.1	24.4	306	6	0.9	45.0	10	10	0.26	0.58	2.8	5.0	135										
140	24.9	24.9	55.6	38.8	129	29.0	53.5	24.6	310	5	0.9	46.3	9	9	0.25	0.57	2.7	5.0	140										
145	25.1	25.0	57.0	39.4	123	29.3	55.0	24.8	314	5	0.9	47.5	9	9	0.24	0.56	2.6	4.9	145										
150	25.2	25.2	56.7	40.0	118	29.6	56.4	25.0	318	5	0.9	48.8	9	9	0.23	0.55	2.5	4.8	150										

<b>GROVE DEN NEDERLAND</b> SCOTS PINE NETHERLANDS		<b>open stand</b> open stand													<b>Boniteit III, h70 = 17.8, P70 = 5.1</b> Site Class III, h70 = 17.8, P70 = 5.1									
<b>Opstandkenmerken</b> Stand characteristics		<b>Kenmerken voor dunning</b> Characteristics before thinning					<b>Dunning</b> Thinning					<b>Kenmerken na dunning</b> Characteristics after thinning					<b>Bijgroei</b> Increment							
t	h <sub>top</sub>	h <sub>dom</sub>	d <sub>dom</sub>	S%	N	G	d <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	V	N	G	d <sub>g</sub>	V	N	G	d <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	V	lc <sub>G</sub>	lm <sub>G</sub>	lc <sub>V</sub>	lm <sub>V</sub>	t	
5	1.0	0.9			3000				0														5	
10	2.6	2.5	3.3		3000	1.3	2.4	2.1	2											0.61	0.13	1.0	0.2	10
15	4.4	4.3	6.8		3000	5.8	5.0	3.7	13											1.16	0.39	3.6	0.8	15
20	6.3	6.1	10.0		3000	12.7	7.3	5.4	39											1.54	0.63	6.9	1.9	20
25	8.0	7.8	14.2	28.0	3000	19.8	9.2	7.1	81	722	3.3	7.6	13	2278	16.5	9.6	7.1	68	1.25	0.79	7.8	3.2	25	
30	9.7	9.4	16.7	28.0	2278	22.3	11.2	8.6	107	699	4.8	9.4	23	1578	17.4	11.9	8.7	85	1.05	0.85	7.6	4.0	30	
35	11.1	10.9	18.9	28.0	1578	22.3	13.4	10.1	122	389	4.0	11.4	21	1190	18.3	14.0	10.2	101	0.90	0.87	7.2	4.5	35	
40	12.4	12.2	21.0	28.0	1190	22.5	15.5	11.4	135	238	3.3	13.3	19	952	19.1	16.0	11.5	116	0.74	0.86	6.5	4.8	40	
45	13.6	13.3	22.8	28.0	952	22.6	17.4	12.6	147	157	2.8	15.1	18	795	19.8	17.8	12.7	130	0.66	0.84	6.1	5.0	45	
50	14.7	14.4	24.5	28.0	795	22.9	19.2	13.6	160	109	2.4	16.9	16	686	20.5	19.5	13.7	143	0.61	0.82	5.9	5.1	50	
55	15.6	15.3	26.1	28.6	686	23.4	20.9	14.6	172	104	2.8	18.6	20	581	20.6	21.2	14.7	152	0.56	0.80	5.6	5.1	55	
60	16.4	16.1	27.7	29.2	581	23.3	22.6	15.4	179	78	2.6	20.4	19	503	20.7	22.9	15.5	160	0.52	0.78	5.2	5.1	60	
65	17.1	16.8	29.2	29.8	503	23.3	24.3	16.2	185	61	2.4	22.3	18	442	20.9	24.5	16.3	167	0.49	0.76	5.0	5.1	65	
70	17.8	17.5	30.6	30.4	442	23.3	25.9	16.9	191	48	2.2	24.0	17	394	21.1	26.1	17.0	174	0.46	0.74	4.7	5.1	70	
75	18.4	18.1	31.9	31.0	394	23.3	27.4	17.5	197	39	2.0	25.8	17	355	21.3	27.6	17.6	180	0.43	0.72	4.5	5.1	75	
80	18.9	18.6	33.4	31.6	355	23.4	28.9	18.1	202	32	1.6	25.0	13	323	21.8	29.3	18.2	189	0.41	0.70	4.2	5.0	80	
85	19.4	19.1	34.9	32.2	323	23.8	30.6	18.6	209	27	1.5	26.5	13	296	22.3	30.9	18.7	197	0.39	0.68	4.0	5.0	85	
90	19.8	19.5	36.4	32.8	296	24.1	32.2	19.0	217	23	1.4	27.9	12	273	22.7	32.6	19.2	204	0.37	0.67	3.9	4.9	90	
95	20.2	19.9	37.8	33.4	273	24.5	33.8	19.5	223	20	1.3	29.3	12	253	23.2	34.2	19.6	212	0.35	0.65	3.7	4.9	95	
100	20.6	20.2	39.2	34.0	253	24.9	35.4	19.9	230	17	1.3	30.6	11	236	23.7	35.7	20.0	219	0.34	0.63	3.5	4.8	100	
105	20.9	20.6	40.5	34.6	236	25.3	36.9	20.2	236	15	1.2	32.0	11	221	24.1	37.3	20.4	225	0.32	0.62	3.4	4.7	105	
110	21.2	20.9	41.9	35.2	221	25.7	38.5	20.6	242	13	1.2	33.3	11	208	24.5	38.8	20.7	231	0.31	0.61	3.3	4.7	110	
115	21.5	21.2	43.2	35.8	208	26.0	39.9	20.9	247	12	1.1	34.6	10	196	24.9	40.3	21.0	237	0.30	0.59	3.1	4.6	115	
120	21.7	21.5	44.5	36.4	196	26.4	41.4	21.2	252	11	1.1	35.8	10	185	25.3	41.7	21.3	242	0.29	0.58	3.0	4.5	120	
125	21.9	21.7	45.8	37.0	185	26.7	42.9	21.4	257	10	1.0	37.1	10	175	25.7	43.2	21.6	248	0.28	0.57	2.9	4.5	125	
130	22.1	22.0	47.1	37.6	175	27.0	44.3	21.7	262	9	1.0	38.3	9	167	26.0	44.6	21.9	252	0.27	0.56	2.8	4.4	130	
135	22.3	22.2	48.4	38.2	167	27.3	45.7	21.9	266	8	1.0	39.5	9	159	26.4	46.0	22.1	257	0.26	0.55	2.7	4.4	135	
140	22.5	22.4	49.6	38.8	159	27.6	47.1	22.2	270	7	1.0	40.7	9	151	26.7	47.4	22.3	261	0.25	0.54	2.6	4.3	140	
145	22.7	22.6	50.9	39.4	151	27.9	48.5	22.4	274	7	0.9	41.9	9	145	27.0	48.8	22.5	266	0.24	0.53	2.5	4.2	145	
150	22.8	22.7	52.1	40.0	145	28.2	49.8	22.6	278	6	0.9	43.1	9	138	27.3	50.1	22.7	269	0.24	0.52	2.4	4.2	150	

GROVE DEN NEDERLAND													open stand													Boniteit IV, h70 = 14.8, P70 = 4.0					
SCOTS PINE NETHERLANDS													open stand													Site Class IV, h70 = 14.8, P70 = 4.0					
t		Opstandkenmerken					Kenmerken voor dunning					Dunning					Kenmerken na dunning					Bijgroei									
Stand characteristics		Characteristics before thinning					Thinning					Characteristics after thinning					Increment														
$h_{top}$	$h_{dom}$	$d_{dom}$	S%	N	G	$d_g$	$h_g$	V	N	G	$d_g$	V	N	G	$d_g$	$h_g$	V	$lc_G$	$lm_G$	$lc_V$	$lm_V$	t									
5	0.6	0.6		3000	0.2	1.0	1.4	0					3000	0.2	1.0	1.4	0	0.21	0.02	0.0	0.0	5									
10	1.8	1.7	1.4	3000	0.2	1.0	1.4	0					3000	0.2	1.0	1.4	0	0.21	0.02	0.2	0.0	10									
15	3.1	2.9	4.2	3000	2.3	3.1	2.5	3					3000	2.3	3.1	2.5	3	0.58	0.15	1.2	0.2	15									
20	4.5	4.3	6.9	3000	5.9	5.0	3.7	15					3000	5.9	5.0	3.7	15	0.87	0.30	2.7	0.7	20									
25	5.8	5.7	9.3	3000	10.8	6.8	5.0	31					3000	10.8	6.8	5.0	31	1.08	0.43	4.5	1.2	25									
30	7.2	7.0	12.9	3000	16.6	8.4	6.3	58					3000	16.6	8.4	6.3	58	1.15	0.55	8.0	1.9	30									
35	8.4	8.2	15.1	3000	21.9	9.6	7.5	93	922	4.7	8.1	19	2078	17.2	10.3	7.5	74	1.00	0.63	6.2	2.7	35									
40	9.6	9.3	17.0	2078	21.9	11.6	8.6	104	474	3.6	9.8	16	1604	18.3	12.1	8.7	88	0.88	0.67	6.1	3.1	40									
45	10.7	10.4	18.9	1604	22.5	13.4	9.7	118	307	3.1	11.4	16	1297	19.3	13.8	9.7	102	0.79	0.68	5.8	3.4	45									
50	11.6	11.4	20.5	1297	23.0	15.0	10.6	130	210	2.8	13.0	15	1087	20.3	15.4	10.7	115	0.70	0.69	5.5	3.6	50									
55	12.5	12.3	22.1	1087	23.5	16.6	11.6	142	189	3.2	14.6	18	897	20.3	17.0	11.6	123	0.59	0.69	5.0	3.8	55									
60	13.4	13.1	23.5	897	23.2	18.1	12.4	148	139	2.8	16.1	18	758	20.3	18.5	12.5	130	0.54	0.68	4.8	3.9	60									
65	14.1	13.8	24.8	758	22.9	19.6	13.2	153	105	2.6	17.7	17	653	20.3	19.9	13.3	137	0.51	0.66	4.5	3.9	65									
70	14.8	14.5	26.1	653	22.8	21.1	13.9	159	82	2.4	19.3	16	570	20.4	21.3	14.0	143	0.47	0.65	4.3	4.0	70									
75	15.4	15.1	27.4	570	22.7	22.5	14.5	164	65	2.2	20.9	16	505	20.4	22.7	14.6	148	0.45	0.64	4.1	4.0	75									
80	16.0	15.7	28.8	505	22.6	23.9	15.1	168	53	1.8	20.7	13	452	20.8	24.2	15.2	156	0.42	0.63	3.9	4.0	80									
85	16.5	16.2	30.1	452	22.9	25.4	15.7	175	44	1.7	22.0	12	408	21.2	25.7	15.8	163	0.40	0.61	3.8	4.0	85									
90	17.0	16.7	31.5	408	23.2	26.9	16.2	181	37	1.6	23.3	12	372	21.6	27.2	16.3	170	0.38	0.60	3.6	4.0	90									
95	17.4	17.1	32.8	372	23.5	28.3	16.7	187	31	1.5	24.5	11	341	22.0	28.7	16.8	176	0.36	0.59	3.5	3.9	95									
100	17.8	17.5	34.1	341	23.8	29.8	17.1	193	27	1.4	25.8	11	314	22.4	30.1	17.2	182	0.35	0.58	3.4	3.9	100									
105	18.2	17.9	35.4	314	24.1	31.2	17.5	199	23	1.3	27.0	11	291	22.7	31.5	17.6	188	0.33	0.57	3.2	3.9	105									
110	18.5	18.2	36.6	291	24.4	32.6	17.9	204	20	1.3	28.3	10	271	23.1	33.0	18.0	194	0.32	0.55	3.1	3.9	110									
115	18.9	18.5	37.8	271	24.7	34.0	18.2	209	18	1.2	29.5	10	253	23.5	34.3	18.4	200	0.31	0.54	3.0	3.8	115									
120	19.2	18.8	39.1	253	25.0	35.4	18.6	214	16	1.2	30.6	10	237	23.8	35.7	18.7	205	0.30	0.53	2.9	3.8	120									
125	19.4	19.1	40.3	237	25.3	36.8	18.9	219	14	1.1	31.8	9	223	24.1	37.1	19.0	210	0.28	0.52	2.8	3.8	125									
130	19.7	19.4	41.5	223	25.5	38.1	19.2	223	13	1.1	33.0	9	211	24.5	38.4	19.3	214	0.28	0.51	2.7	3.7	130									
135	19.9	19.7	42.7	211	25.8	39.5	19.5	228	11	1.0	34.1	9	200	24.8	39.8	19.6	219	0.27	0.51	2.6	3.7	135									
140	20.1	19.9	43.8	200	26.1	40.8	19.7	232	10	1.0	35.3	9	189	25.1	41.1	19.9	223	0.26	0.50	2.5	3.6	140									
145	20.3	20.1	45.0	189	26.3	42.1	20.0	236	9	1.0	36.4	8	180	25.4	42.4	20.1	227	0.25	0.49	2.4	3.6	145									
150	20.5	20.3	46.1	180	26.6	43.4	20.2	239	9	0.9	37.5	8	171	25.6	43.7	20.3	231	0.24	0.48	2.4	3.6	150									

<b>GROVE DEN NEDERLAND</b>				<b>open stand</b>												<b>Boniteit V, h70 = 11.8, P70 = 2.8</b>				
SCOTS PINE NETHERLANDS				open stand												Site Class V, h70 = 11.8, P70 = 2.8				
t	Opstandenkenmerken			Kenmerken voor dunning				Dunning				Kenmerken na dunning				Bijgroei				
	h <sub>top</sub>	h <sub>dom</sub>	d <sub>dom</sub>	S%	N	G	d <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	V	N	G	d <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	V	lc <sub>G</sub>	lm <sub>G</sub>	lc <sub>V</sub>	lm <sub>V</sub>	t	
5	0.4	0.4			3000				0								0.0	0.0	5	
10	1.2	1.1			3000				0										10	
15	2.1	1.9	2.1		3000	0.5	1.5	1.6	1						0.23	0.04	0.3	0.0	15	
20	3.0	2.9	4.2		3000	2.2	3.0	2.5	4						0.42	0.11	0.8	0.2	20	
25	4.0	3.9	6.1		3000	4.7	4.5	3.4	9						0.58	0.19	1.6	0.4	25	
30	5.1	4.9	7.9		3000	7.9	5.8	4.3	20						0.71	0.26	2.5	0.7	30	
35	6.1	5.9	9.7		3000	11.7	7.1	5.3	35						0.81	0.34	3.5	1.0	35	
40	7.0	6.8	12.9	27.9	3000	16.0	8.2	6.2	55						0.92	0.40	6.4	1.4	40	
45	7.9	7.7	14.6	28.0	3000	20.6	9.3	7.0	83	667	3.2	7.9	13	13	2333	17.3	9.7	7.1	70	
50	8.8	8.6	16.2	28.0	2333	21.5	10.8	7.9	95	438	2.9	9.2	12	12	1895	18.6	11.2	7.9	83	
55	9.6	9.4	17.8	28.6	1895	22.4	12.3	8.7	107	375	3.3	10.6	15	15	1520	19.1	12.6	8.8	92	
60	10.4	10.2	19.2	29.2	1520	22.5	13.7	9.5	115	270	3.1	12.0	15	15	1251	19.5	14.1	9.5	100	
65	11.1	10.9	20.6	29.8	1251	22.6	15.2	10.2	122	200	2.9	13.5	15	15	1050	19.7	15.5	10.3	107	
70	11.8	11.5	21.9	30.4	1050	22.6	16.5	10.9	129	153	2.7	14.9	15	15	897	19.9	16.8	11.0	114	
75	12.4	12.2	23.1	31.0	897	22.5	17.9	11.5	134	119	2.5	16.3	14	14	778	20.0	18.1	11.6	120	
80	13.0	12.7	24.3	31.6	778	22.2	19.1	12.1	138	95	2.0	16.5	12	12	683	20.2	19.4	12.2	126	
85	13.6	13.3	25.5	32.2	683	22.3	20.4	12.7	143	77	1.9	17.7	12	12	606	20.4	20.7	12.8	132	
90	14.1	13.8	26.7	32.8	606	22.5	21.7	13.2	149	63	1.8	18.8	11	11	543	20.7	22.0	13.3	137	
95	14.5	14.2	27.9	33.4	543	22.6	23.0	13.7	154	53	1.7	20.0	11	11	490	21.0	23.3	13.8	143	
100	15.0	14.7	29.1	34.0	490	22.8	24.4	14.2	159	45	1.6	21.1	10	10	445	21.2	24.7	14.3	149	
105	15.4	15.1	30.3	34.6	445	23.0	25.7	14.6	164	38	1.5	22.2	10	10	407	21.5	26.0	14.8	154	
110	15.8	15.5	31.4	35.2	407	23.2	26.9	15.1	169	33	1.4	23.3	10	10	374	21.8	27.2	15.2	159	
115	16.1	15.8	32.5	35.8	374	23.4	28.2	15.5	174	28	1.3	24.4	9	9	346	22.1	28.5	15.6	164	
120	16.5	16.2	33.7	36.4	346	23.7	29.5	15.8	178	25	1.3	25.5	9	9	321	22.4	29.8	15.9	169	
125	16.8	16.5	34.8	37.0	321	23.9	30.8	16.2	182	22	1.2	26.6	9	9	299	22.7	31.1	16.3	173	
130	17.1	16.8	35.9	37.6	299	24.1	32.0	16.5	187	19	1.2	27.7	9	9	280	22.9	32.3	16.6	178	
135	17.4	17.0	37.0	38.2	280	24.3	33.3	16.8	191	17	1.1	28.8	8	8	262	23.2	33.6	17.0	182	
140	17.6	17.3	38.1	38.8	262	24.5	34.5	17.1	194	16	1.1	29.9	8	8	247	23.5	34.8	17.3	186	
145	17.9	17.6	39.2	39.4	247	24.8	35.7	17.4	198	14	1.1	30.9	8	8	233	23.7	36.0	17.5	190	
150	18.1	17.8	40.2	40.0	233	25.0	37.0	17.7	202	13	1.0	32.0	8	8	220	24.0	37.2	17.8	194	

GROVE DEN NEDERLAND SCOTS PINE NETHERLANDS		vrije groei free growth											Boniteit I, h70 = 23.8, P70 = 7.2 Site Class I, h70 = 23.8, P70 = 7.2												
t	Opstandkenmerken Stand characteristics					Kenmerken voor dunning Characteristics before thinning					Dunning Thinning					Kenmerken na dunning Characteristics after thinning					Bijgroei Increment				
	h <sub>top</sub>	h <sub>dbm</sub>	d <sub>dbm</sub>	S%	N	G	d <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	V	N	G	d <sub>g</sub>	V	N	G	d <sub>g</sub>	h <sub>g</sub>	V	lc <sub>g</sub>	lm <sub>g</sub>	lc <sub>v</sub>	lm <sub>v</sub>	t		
5	2.0	1.9	1.9	8.0	3000	0.5	1.4	1.6	1										0.63	0.09	0.8	0.1	5		
10	5.1	4.9	8.0	23.9	3000	8.0	5.8	4.3	20										2.25	0.80	8.0	2.0	10		
15	8.2	8.0	13.9	23.9	3000	19.3	9.0	7.2	81										1.83	1.29	14.8	5.4	15		
20	11.0	10.8	17.0	22.0	3000	28.1	10.9	9.9	151	1042	6.7	9.0	35						1.53	1.40	13.7	7.6	20		
25	13.5	13.2	19.8	22.0	1958	28.0	13.5	12.3	181	645	6.4	11.3	40						1.14	1.39	11.9	8.6	25		
30	15.5	15.2	22.6	25.0	1314	26.8	16.1	14.4	197	548	8.4	14.0	60						0.95	1.33	10.3	9.1	30		
35	17.3	16.9	25.3	28.0	765	22.7	19.4	16.1	184	271	6.3	17.2	49						0.78	1.26	8.7	9.1	35		
40	18.7	18.4	28.5	34.0	494	20.0	22.7	17.6	175	209	6.5	19.9	55						0.65	1.19	7.3	9.0	40		
45	19.9	19.6	32.5	44.0	285	16.4	27.1	18.8	153	135	6.0	23.8	54						0.52	1.13	5.9	8.7	45		
50	21.0	20.8	34.7	51.3	150	12.7	32.8	19.9	125	50	3.2	28.7	31						0.43	1.06	4.9	8.4	50		
55	21.8	21.8	38.1	49.2	100	11.4	38.1	21.0	117										0.38	1.00	4.5	8.0	55		
60	22.6	22.6	41.2	47.6	100	13.3	41.2	21.7	139										0.37	0.95	4.4	7.7	60		
65	23.2	23.2	43.9	46.2	100	15.1	43.9	22.4	161										0.36	0.90	4.3	7.5	65		
70	23.8	23.8	46.3	45.2	100	16.9	46.3	23.0	182										0.34	0.86	4.2	7.2	70		
75	24.3	24.3	48.6	44.2	100	18.5	48.6	23.6	203										0.33	0.83	4.1	7.0	75		
80	24.7	24.7	50.7	43.5	100	20.2	50.7	24.1	223										0.32	0.80	4.0	6.8	80		
85	25.1	25.1	52.6	42.8	100	21.8	52.6	24.5	242										0.31	0.77	3.8	6.7	85		
90	25.4	25.4	54.5	42.2	100	23.3	54.5	24.9	261										0.30	0.74	3.7	6.5	90		
95	25.7	25.7	56.2	41.7	100	24.8	56.2	25.2	280										0.29	0.72	3.6	6.4	95		
100	26.0	26.0	57.8	41.3	100	26.2	57.8	25.6	298										0.29	0.70	3.5	6.2	100		
105	26.3	26.3	59.3	40.9	100	27.7	59.3	25.8	315										0.28	0.68	3.4	6.1	105		
110	26.5	26.5	60.8	40.6	100	29.0	60.8	26.1	332										0.27	0.66	3.3	6.0	110		
115	26.7	26.7	62.2	40.3	100	30.4	62.2	26.4	348										0.27	0.64	3.2	5.8	115		
120	26.9	26.9	63.5	40.0	100	31.7	63.5	26.6	364										0.26	0.63	3.1	5.7	120		
125	27.0	27.0	64.8	39.8	100	33.0	64.8	26.8	379										0.26	0.61	3.0	5.6	125		
130	27.2	27.2	66.1	39.6	100	34.3	66.1	27.0	394										0.25	0.60	3.0	5.5	130		
135	27.3	27.3	67.3	39.4	100	35.5	67.3	27.2	409										0.25	0.59	2.9	5.4	135		
140	27.4	27.4	68.4	39.2	100	36.7	68.4	27.4	423										0.24	0.57	2.8	5.3	140		
145	27.5	27.5	69.5	39.0	100	37.9	69.5	27.6	437										0.24	0.56	2.7	5.3	145		
150	27.7	27.7	70.6	38.9	100	39.1	70.6	27.7	451										0.23	0.55	2.7	5.2	150		

<b>GROVE DEN NEDERLAND</b> SCOTS PINE NETHERLANDS				<b>Boniteit II, h70 = 20.8, P70 = 5.8</b> Site Class II, h70 = 20.8, P70 = 5.8															
				<b>vrije groei</b> free growth						<b>Bijgroei</b> Increment									
<b>Opstandenkenmerken</b> Stand characteristics				<b>Kenmerken voor dunning</b> Characteristics before thinning						<b>Kenmerken na dunning</b> Characteristics after thinning									
<i>t</i>	<i>h<sub>top</sub></i>	<i>h<sub>dom</sub></i>	<i>d<sub>dom</sub></i>	<i>S%</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>d<sub>g</sub></i>	<i>h<sub>g</sub></i>	<i>V</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>d<sub>g</sub></i>	<i>h<sub>g</sub></i>	<i>V</i>	<i>lc<sub>G</sub></i>	<i>lm<sub>G</sub></i>	<i>lc<sub>V</sub></i>	<i>lm<sub>V</sub></i>	<i>t</i>
5	1.4	1.3	0.4		3000	0.0	0.3	1.1	0	3000	0.0	0.3	1.1	0	0.15	0.00	0.2	0.0	5
10	3.7	3.6	5.5		3000	3.7	4.0	3.0	7	3000	3.7	4.0	3.0	7	1.26	0.37	3.2	0.7	10
15	6.2	6.0	9.8		3000	12.1	7.2	5.3	36	3000	12.1	7.2	5.3	36	2.02	0.81	8.8	2.4	15
20	8.5	8.3	14.4	23.1	3000	20.6	9.3	7.5	89	3000	20.6	9.3	7.5	89	1.50	1.03	10.4	4.4	20
25	10.6	10.4	16.9	22.0	3000	28.0	10.9	9.5	145	2116	22.4	11.6	9.6	118	1.33	1.12	11.1	5.8	25
30	12.5	12.2	19.6	25.0	2116	28.4	13.1	11.4	171	1185	19.3	14.4	11.5	118	1.00	1.13	9.4	6.6	30
35	14.1	13.8	22.0	28.0	1185	23.7	16.0	13.0	160	740	17.0	17.1	13.1	116	0.80	1.09	7.9	6.9	35
40	15.5	15.2	24.7	34.0	740	20.6	18.9	14.4	152	415	13.6	20.5	14.5	102	0.67	1.05	6.6	6.9	40
45	16.7	16.4	27.9	44.0	415	16.7	22.6	15.7	132	213	10.4	24.9	15.8	84	0.54	1.00	5.4	6.8	45
50	17.8	17.5	31.6	54.0	213	12.8	27.6	16.7	108	125	8.7	29.8	16.8	75	0.43	0.95	4.4	6.6	50
55	18.7	18.6	33.9	57.5	125	10.7	32.9	17.7	95	100	9.0	33.9	17.8	81	0.37	0.90	3.8	6.4	55
60	19.5	19.5	37.0	55.1	100	10.8	37.0	18.6	99	100	10.8	37.0	18.6	99	0.34	0.85	3.7	6.2	60
65	20.2	20.2	39.8	53.2	100	12.5	39.8	19.4	118	100	12.5	39.8	19.4	118	0.33	0.81	3.6	6.0	65
70	20.8	20.8	42.3	51.7	100	14.1	42.3	20.0	136	100	14.1	42.3	20.0	136	0.32	0.78	3.6	5.8	70
75	21.3	21.3	44.7	50.4	100	15.7	44.7	20.6	154	100	15.7	44.7	20.6	154	0.31	0.75	3.5	5.7	75
80	21.8	21.8	46.8	49.2	100	17.2	46.8	21.1	171	100	17.2	46.8	21.1	171	0.30	0.72	3.5	5.5	80
85	22.2	22.2	48.8	48.3	100	18.7	48.8	21.6	188	100	18.7	48.8	21.6	188	0.29	0.69	3.4	5.4	85
90	22.6	22.6	50.7	47.5	100	20.2	50.7	22.0	205	100	20.2	50.7	22.0	205	0.29	0.67	3.3	5.3	90
95	23.0	23.0	52.4	46.8	100	21.6	52.4	22.4	221	100	21.6	52.4	22.4	221	0.28	0.65	3.2	5.2	95
100	23.3	23.3	54.1	46.2	100	23.0	54.1	22.8	237	100	23.0	54.1	22.8	237	0.27	0.63	3.1	5.1	100
105	23.6	23.6	55.6	45.6	100	24.3	55.6	23.1	253	100	24.3	55.6	23.1	253	0.27	0.62	3.1	5.0	105
110	23.8	23.8	57.1	45.1	100	25.6	57.1	23.4	268	100	25.6	57.1	23.4	268	0.26	0.60	3.0	4.9	110
115	24.0	24.0	58.5	44.7	100	26.9	58.5	23.7	282	100	26.9	58.5	23.7	282	0.26	0.58	2.9	4.8	115
120	24.2	24.2	59.9	44.3	100	28.2	59.9	23.9	297	100	28.2	59.9	23.9	297	0.25	0.57	2.8	4.7	120
125	24.4	24.4	61.2	44.0	100	29.4	61.2	24.2	311	100	29.4	61.2	24.2	311	0.25	0.56	2.8	4.6	125
130	24.6	24.6	62.5	43.6	100	30.6	62.5	24.4	324	100	30.6	62.5	24.4	324	0.24	0.55	2.7	4.6	130
135	24.8	24.8	63.7	43.4	100	31.8	63.7	24.6	338	100	31.8	63.7	24.6	338	0.24	0.53	2.6	4.5	135
140	24.9	24.9	64.8	43.1	100	33.0	64.8	24.8	351	100	33.0	64.8	24.8	351	0.23	0.52	2.6	4.4	140
145	25.1	25.1	65.9	42.9	100	34.1	65.9	25.0	363	100	34.1	65.9	25.0	363	0.23	0.51	2.5	4.4	145
150	25.2	25.2	67.0	42.6	100	35.3	67.0	25.2	376	100	35.3	67.0	25.2	376	0.22	0.50	2.4	4.3	150

<b>GROVE DEN NEDERLAND</b> SCOTS PINE NETHERLANDS				<b>vrije groei</b> free growth												<b>Boniteit III, h70 = 17.8, P70 = 4.5</b> Site Class III, h70 = 17.8, P70 = 4.5			
<b>Opstandkenmerken</b> Stand characteristics		<b>Kenmerken voor dunning</b> Characteristics before thinning				<b>Dunning</b> Thinning				<b>Kenmerken na dunning</b> Characteristics after thinning				<b>Bijgroei</b> Increment					
<i>t</i>	<i>h<sub>top</sub></i>	<i>h<sub>dom</sub></i>	<i>d<sub>dom</sub></i>	<i>S%</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>d<sub>g</sub></i>	<i>h<sub>g</sub></i>	<i>V</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>d<sub>g</sub></i>	<i>h<sub>g</sub></i>	<i>V</i>	<i>lc<sub>G</sub></i>	<i>lm<sub>G</sub></i>	<i>lc<sub>V</sub></i>	<i>lm<sub>V</sub></i>	<i>t</i>
5	1.0	0.9			3000				0	3000				0					5
10	2.6	2.5	3.3		3000	1.3	2.4	2.1	2	3000	1.3	2.4	2.1	2	0.61	0.13	1.0	0.2	10
15	4.4	4.3	6.8		3000	5.8	5.0	3.7	13	3000	5.8	5.0	3.7	13	1.16	0.39	3.6	0.8	15
20	6.3	6.1	10.0		3000	12.7	7.3	5.4	39	3000	12.7	7.3	5.4	39	1.54	0.63	6.9	1.9	20
25	8.0	7.8	14.2	24.4	3000	19.6	9.1	7.1	80	3000	19.6	9.1	7.1	80	1.31	0.78	8.2	3.2	25
30	9.7	9.4	16.5	25.0	3000	26.2	10.6	8.6	125	1020	6.2	8.8	8.7	97	1.17	0.87	8.6	4.2	30
35	11.1	10.9	18.8	28.0	1980	25.3	12.7	10.1	137	790	7.4	10.9	10.2	98	0.93	0.90	7.5	4.7	35
40	12.4	12.2	21.1	34.0	1190	22.0	15.3	11.4	133	544	7.8	13.5	11.5	87	0.71	0.89	6.1	5.0	40
45	13.6	13.3	23.7	44.0	645	17.3	18.5	12.6	114	324	6.8	16.3	12.7	71	0.56	0.86	4.9	5.0	45
50	14.7	14.4	26.6	54.0	322	13.0	22.7	13.6	93	137	4.3	20.0	13.7	63	0.45	0.82	4.0	5.0	50
55	15.6	15.4	30.0	64.0	184	10.8	27.2	14.6	81	68	3.1	23.9	14.7	59	0.36	0.78	3.3	4.9	55
60	16.4	16.4	32.9	60.8	116	9.3	32.0	15.5	74	16	1.1	30.0	15.5	74	0.32	0.75	3.0	4.7	60
65	17.1	17.1	35.2	62.7	116	10.9	34.6	16.2	89						0.30	0.71	3.0	4.6	65
70	17.8	17.8	37.8	60.4	100	11.2	37.8	17.0	95						0.29	0.68	3.0	4.5	70
75	18.4	18.4	40.2	58.4	100	12.7	40.2	17.6	110						0.29	0.66	2.9	4.4	75
80	18.9	18.9	42.4	56.8	100	14.1	42.4	18.2	125						0.28	0.63	2.9	4.3	80
85	19.4	19.4	44.5	55.4	100	15.5	44.5	18.7	139						0.28	0.61	2.9	4.2	85
90	19.8	19.8	46.4	54.2	100	16.9	46.4	19.2	154						0.27	0.59	2.9	4.1	90
95	20.2	20.2	48.2	53.2	100	18.2	48.2	19.6	168						0.26	0.58	2.8	4.0	95
100	20.6	20.6	49.9	52.2	100	19.5	49.9	20.0	182						0.26	0.56	2.8	4.0	100
105	20.9	20.9	51.5	51.4	100	20.8	51.5	20.4	195						0.25	0.55	2.7	3.9	105
110	21.2	21.2	53.0	50.7	100	22.0	53.0	20.7	209						0.25	0.53	2.7	3.9	110
115	21.5	21.5	54.4	50.1	100	23.3	54.4	21.0	222						0.24	0.52	2.6	3.8	115
120	21.7	21.7	55.8	49.5	100	24.5	55.8	21.3	235						0.24	0.51	2.5	3.8	120
125	21.9	21.9	57.1	49.0	100	25.6	57.1	21.6	247						0.23	0.50	2.5	3.7	125
130	22.1	22.1	58.4	48.5	100	26.8	58.4	21.9	260						0.23	0.49	2.4	3.7	130
135	22.3	22.3	59.6	48.1	100	27.9	59.6	22.1	272						0.23	0.48	2.4	3.6	135
140	22.5	22.5	60.8	47.7	100	29.1	60.8	22.3	284						0.22	0.47	2.3	3.6	140
145	22.7	22.7	62.0	47.4	100	30.2	62.0	22.5	295						0.22	0.46	2.3	3.5	145
150	22.8	22.8	63.1	47.0	100	31.2	63.1	22.7	307						0.21	0.45	2.2	3.5	150

<b>GROVE DEN NEDERLAND</b> SCOTS PINE NETHERLANDS		<b>vrije groei</b> free growth										<b>Boniteit IV, h70 = 14.8, P70 = 3.3</b> Site Class IV, h70 = 14.8, P70 = 3.3							
<b>t</b>	<b>Opstandenkenmerken</b> Stand characteristics			<b>Kenmerken voor dunning</b> Characteristics before thinning			<b>Dunning</b> Thinning			<b>Kenmerken na dunning</b> Characteristics after thinning			<b>Bijgroei</b> Increment						
	$h_{top}$	$h_{dom}$	$d_{dom}$	$S\%$	<b>N</b>	<b>G</b>	$d_g$	$h_g$	<b>V</b>	<b>N</b>	<b>G</b>	$d_g$	$h_g$	<b>V</b>	$lc_g$	$lm_g$	$lc_v$	$lm_v$	<b>t</b>
5	0.6	0.6			3000	0.2	1.0	1.4	0					0			0.0	0.0	5
10	1.8	1.7	1.4		3000	0.2	1.0	1.4	0					0	0.21	0.02	0.2	0.0	10
15	3.1	2.9	4.2		3000	2.3	3.1	2.5	3					3	0.58	0.15	1.2	0.2	15
20	4.5	4.3	6.9		3000	5.9	5.0	3.7	15					15	0.87	0.30	2.7	0.7	20
25	5.8	5.7	9.3		3000	10.8	6.8	5.0	31					31	1.08	0.43	4.5	1.2	25
30	7.2	7.0	13.2	27.4	3000	16.5	8.4	6.3	58					58	1.17	0.55	8.1	1.9	30
35	8.4	8.2	15.1	28.0	3000	22.2	9.7	7.5	94	922	4.8	8.1	20	2078	17.4	10.3	7.5	75	35
40	9.6	9.3	17.1	34.0	2078	22.1	11.6	8.6	105	990	8.2	10.3	38	1088	14.0	12.8	8.7	68	40
45	10.7	10.4	19.4	44.0	1088	17.7	14.4	9.7	94	563	7.1	12.7	37	525	10.6	16.0	9.7	57	45
50	11.6	11.4	21.9	54.0	525	13.5	18.1	10.6	78	233	4.6	15.9	26	292	8.8	19.6	10.7	52	50
55	12.5	12.3	24.6	64.0	292	11.1	22.0	11.6	69	113	3.3	19.3	20	179	7.8	23.5	11.6	49	55
60	13.4	13.2	27.4	64.0	179	9.5	26.0	12.4	63	21	0.9	22.5	5	158	8.6	26.4	12.5	57	60
65	14.1	14.0	30.2	64.0	158	10.2	28.8	13.2	71	16	0.8	24.9	5	141	9.5	29.2	13.3	65	65
70	14.8	14.7	32.4	61.0	141	11.0	31.4	14.0	79					141	11.0	31.4	14.0	79	70
75	15.4	15.3	35.1	64.0	141	12.4	33.4	14.5	92	23	1.5	29.0	11	118	10.9	34.2	14.6	81	75
80	16.0	16.0	37.2	61.7	118	12.3	36.3	15.2	94					118	12.3	36.3	15.2	94	80
85	16.5	16.5	39.1	65.1	118	13.6	38.2	15.7	106	18	1.6	33.1	12	100	12.0	39.1	15.8	94	85
90	17.0	17.0	41.0	63.2	100	13.2	41.0	16.3	106					100	13.2	41.0	16.3	106	90
95	17.4	17.4	42.9	61.6	100	14.4	42.9	16.8	118					100	14.4	42.9	16.8	118	95
100	17.8	17.8	44.6	60.2	100	15.6	44.6	17.2	129					100	15.6	44.6	17.2	129	100
105	18.2	18.2	46.3	59.0	100	16.8	46.3	17.6	141					100	16.8	46.3	17.6	141	105
110	18.5	18.5	47.9	57.9	100	18.0	47.9	18.0	153					100	18.0	47.9	18.0	153	110
115	18.9	18.9	49.4	57.0	100	19.1	49.4	18.4	164					100	19.1	49.4	18.4	164	115
120	19.2	19.2	50.8	56.1	100	20.3	50.8	18.7	175					100	20.3	50.8	18.7	175	120
125	19.4	19.4	52.2	55.3	100	21.4	52.2	19.0	187					100	21.4	52.2	19.0	187	125
130	19.7	19.7	53.5	54.6	100	22.5	53.5	19.3	197					100	22.5	53.5	19.3	197	130
135	19.9	19.9	54.7	54.0	100	23.5	54.7	19.6	208					100	23.5	54.7	19.6	208	135
140	20.1	20.1	56.0	53.4	100	24.6	56.0	19.9	219					100	24.6	56.0	19.9	219	140
145	20.3	20.3	57.1	52.8	100	25.6	57.1	20.1	229					100	25.6	57.1	20.1	229	145
150	20.5	20.5	58.3	52.3	100	26.7	58.3	20.3	240					100	26.7	58.3	20.3	240	150



<b>GROVE DEN NEDERLAND</b> SCOTS PINE NETHERLANDS				<b>Boniteit V, h70 = 11.8, P70 = 2.2</b> Site Class V, h70 = 11.8, P70 = 2.2															
				<b>vrije groei</b> free growth															
				<b>Dunning</b> Thinning					<b>Kenmerken na dunning</b> Characteristics after thinning										
<b>Opstandkenmerken</b> Stand characteristics				<b>Kenmerken voor dunning</b> Characteristics before thinning					<b>Bijgroei</b> Increment										
<i>t</i>	<i>h</i> <sub>top</sub>	<i>h</i> <sub>dom</sub>	<i>d</i> <sub>dom</sub>	<i>S</i> %	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>d</i> <sub>g</sub>	<i>h</i> <sub>g</sub>	<i>V</i>	<i>N</i>	<i>G</i>	<i>d</i> <sub>g</sub>	<i>h</i> <sub>g</sub>	<i>V</i>	<i>lc</i> <sub>G</sub>	<i>lm</i> <sub>G</sub>	<i>lc</i> <sub>V</sub>	<i>lm</i> <sub>V</sub>	<i>t</i>
5	0.4	0.4			3000				0	3000				0			0.0	0.0	5
10	1.2	1.1			3000				0	3000				0					10
15	2.1	1.9	2.1		3000	0.5	1.5	1.6	1	3000	0.5	1.5	1.6	1	0.23	0.04	0.3	0.0	15
20	3.0	2.9	4.2		3000	2.2	3.0	2.5	4	3000	2.2	3.0	2.5	4	0.42	0.11	0.8	0.2	20
25	4.0	3.9	6.1		3000	4.7	4.5	3.4	9	3000	4.7	4.5	3.4	9	0.58	0.19	1.6	0.4	25
30	5.1	4.9	7.9		3000	7.9	5.8	4.3	20	3000	7.9	5.8	4.3	20	0.71	0.26	2.5	0.7	30
35	6.1	5.9	9.7		3000	11.7	7.1	5.3	35	3000	11.7	7.1	5.3	35	0.81	0.34	3.5	1.0	35
40	7.0	6.8	12.3	27.9	3000	16.0	8.2	6.2	55	3000	16.0	8.2	6.2	55	0.87	0.40	6.2	1.4	40
45	7.9	7.7	14.4	44.0	3000	20.1	9.2	7.0	81	945	9.1	11.1	7.1	38	0.74	0.45	4.1	1.8	45
50	8.8	8.6	16.4	54.0	945	12.4	12.9	7.9	56	435	4.4	11.4	7.9	37	0.58	0.47	3.3	2.0	50
55	9.6	9.4	18.6	64.0	509	10.6	16.2	8.7	52	206	3.3	14.3	8.8	36	0.47	0.47	2.9	2.1	55
60	10.4	10.2	21.4	64.0	304	9.4	19.8	9.5	49	43	1.0	17.2	9.5	44	0.40	0.47	2.6	2.1	60
65	11.1	10.9	23.9	64.0	260	10.3	22.4	10.2	57	33	1.0	19.5	10.3	52	0.37	0.46	2.6	2.2	65
70	11.8	11.6	26.4	64.0	228	11.1	24.9	10.9	65	25	0.9	21.6	11.0	60	0.34	0.45	2.5	2.2	70
75	12.4	12.2	28.3	60.8	202	11.8	27.2	11.6	72	202	11.8	27.2	11.6	72	0.30	0.44	2.4	2.2	75
80	13.0	12.8	30.6	64.0	202	13.2	28.8	12.1	83	36	1.8	25.0	12.2	73	0.28	0.44	2.3	2.2	80
85	13.6	13.4	32.3	61.4	166	12.8	31.3	12.8	84	166	12.8	31.3	12.8	84	0.27	0.43	2.2	2.2	85
90	14.1	13.9	34.5	64.0	166	14.1	32.8	13.2	95	24	1.5	28.5	13.3	85	0.26	0.42	2.2	2.2	90
95	14.5	14.5	36.1	61.9	142	13.8	35.1	13.8	96	142	13.8	35.1	13.8	96	0.25	0.41	2.1	2.2	95
100	15.0	14.9	38.1	64.0	142	15.0	36.7	14.2	107	17	1.3	31.8	14.3	97	0.24	0.40	2.1	2.2	100
105	15.4	15.3	39.7	62.3	126	14.9	38.8	14.8	108	126	14.9	38.8	14.8	108	0.23	0.39	2.1	2.2	105
110	15.8	15.7	41.1	60.8	126	16.0	40.3	15.2	118	126	16.0	40.3	15.2	118	0.22	0.38	2.0	2.2	110
115	16.1	16.1	42.9	66.6	126	17.1	41.6	15.5	128	26	2.6	36.2	15.6	109	0.21	0.38	1.9	2.2	115
120	16.5	16.5	44.4	65.2	100	15.5	44.4	15.9	118	100	15.5	44.4	15.9	118	0.20	0.37	1.9	2.2	120
125	16.8	16.8	45.8	64.0	100	16.5	45.8	16.3	128	100	16.5	45.8	16.3	128	0.20	0.36	1.9	2.2	125
130	17.1	17.1	47.2	62.9	100	17.5	47.2	16.6	137	100	17.5	47.2	16.6	137	0.20	0.36	1.9	2.2	130
135	17.4	17.4	48.5	61.9	100	18.5	48.5	17.0	146	100	18.5	48.5	17.0	146	0.20	0.35	1.8	2.1	135
140	17.6	17.6	49.8	60.9	100	19.5	49.8	17.3	156	100	19.5	49.8	17.3	156	0.20	0.35	1.8	2.1	140
145	17.9	17.9	51.0	60.1	100	20.5	51.0	17.5	165	100	20.5	51.0	17.5	165	0.19	0.34	1.8	2.1	145
150	18.1	18.1	52.2	59.3	100	21.4	52.2	17.8	174	100	21.4	52.2	17.8	174	0.19	0.34	1.8	2.1	150