

NEDERLANDSCHE BOSCHBOUW VEREENIGING

OPBRENGSTTABELLEN
VOOR DE GROVEDEN
IN NEDERLAND

(Tables de production pour le pin sylvestre)

(Yield tables for Scots pine)

DOOR

A. J. GRANDJEAN en A. STOFFELS

Overdruk uit:

Nederlandsch Boschbouw Tijdschrift 27 (9), 1955 (215—231).

OPBRENGSTTABELLEN VOOR DE GROVEDEN IN NEDERLAND¹⁾

[566 : 174.7 *Pinus sylvestris* (492)]

(met een samenvatting in het Frans en Engels)

door

A. J. GRANDJEAN en A. STOFFELS

1. *Inleiding.*

In ons land maakt men nog steeds weinig gebruik van opbrengsttabellen, waarschijnlijk omdat men in het algemeen niet beschikt over tabellen, die van toepassing zijn op opstanden, opgegroeid onder de bij ons geldende omstandigheden. Voor de groveden kent men zowel de Duitse (21) als de Engelse tabellen (5). Zij voldoen echter voor onze opstanden niet. Op de grote verschillen van de opbrengsttabellen en hun bruikbaarheid in verschillende gebieden werd reeds meermalen de aandacht gevestigd (1, 7, 17, 20).

In Nederland werd in 1941 door de Nederlandsche Boschbouw-Vereeniging een commissie ingesteld voor het ontwerpen van richtlijnen voor het samenstellen van bedrijfsplannen. Houtzagers (22), één der leden van deze commissie, heeft daarbij een voorlopige opbrengsttabel voor de groveden ontworpen. Nadien heeft ter Hoeve (4) deze gegevens uitgebreid.

Het werk, dat thans ter hand is genomen, moet worden gezien als een stap in de reeds ingeslagen richting.

2. *Groei der bomen.*

Wanneer we de groei van een enkele boom beschouwen, dan vertoont deze een zeer ingewikkeld verloop. Bij onze klimatologische omstandigheden groeit een boom slechts gedurende een gedeelte van het jaar. Wanneer we een grafische voorstelling zouden maken van de hoogte van een boom, waarbij de leeftijd de abscis en de hoogte de ordinaat is, dan zou geenszins een vloeiende lijn ontstaan. Gedurende de rustperiode loopt de lijn practisch evenwijdig aan de abscis en tijdens de groeiperiode wordt de verbinding gevormd met een hoger niveau.

Daarenboven is de stijging tijdens de groeiperiode beïnvloed door de weersomstandigheden tijdens deze periode. Zijn deze voor de groei gunstig, dan zal de stijging groter zijn dan onder ongunstige omstandigheden. Het zijn deze twee omstandigheden, die de groeilijn een onregelmatig verloop geven.

Wij zullen ons bij onze beschouwingen los moeten maken van deze moeilijkheden door slechts de cijfers te beschouwen van de rustperioden en ons de groei daartussen continu voor te stellen.

De groei van een boom hangt voorts af van de bodem waarop hij staat. Is deze voor de boom gunstig dan zal de groeilijn hoger komen te liggen

¹⁾ Overdruk uit het Ned. Boschbouw Tijdschrift 27 (9), 1955 (215—231).

dan in het tegenovergestelde geval. Doch ook is de groei afhankelijk van de leeftijd van de boom. In de eerste jaren vertoont de groeilijn slechts een zwakke stijging; met toeneming van de leeftijd neemt de stijging toe, om tenslotte weer te verminderen. De groeilijnen vertonen hierdoor een langgerekte S-vorm met een buigpunt, dat meestal bij jonge leeftijd optreedt.

Noemen we in het algemeen het waar te nemen houtmeetkundige gegeven a , dan kunnen we de groeifunctie door

$$a = f(t)$$

weergeven, waarin t de leeftijd aanduidt.

Deze functie moet aan enkele eisen voldoen. Indien de leeftijd O is, dan moet ook $f(O)$ gelijk aan O zijn. Neemt de leeftijd toe dan zal de functie een positief getal moeten opleveren, dat bij steeds hoger worden van de leeftijd naar een bepaalde asymptotische waarde kan aangroeien. De stijging van de functie zal aanvankelijk gering moeten zijn, dan toenemen tot een bepaalde waarde en tenslotte weer afnemen. De afgeleide functie $f'(t)$ zal derhalve een maximum moeten vertonen. Dit betekent, dat het tweede differentiaalquotient van de oorspronkelijke functie dan $= 0$ is. Dit is het buigpunt van de groeilijn.

3. Groei der opstanden.

Wanneer we een opstand beschouwen, dan kunnen we deze zien als een verzameling van stammen. In een opstand is de afhankelijkheid van de houtmeetkundige gegevens van de leeftijd eveneens discontinu. Daarbij komen nog de dunningen, die niet elk jaar geschieden, maar op bepaalde tijdstippen, naar het inzicht van de beheerder. Hierdoor wordt de onregelmatigheid van de groeilijnen voor de opstand nog groter dan die van de enkele stam.

Voor ons onderzoek moeten we echter werken met een vloeiend verloop, dat we voor de opstand kunnen voorstellen door de functie

$$a = F(t)$$

Wanneer we spreken van de inhoud per hectare van de opstand, dan zal deze functie de lijn moeten voorstellen, die zo goed mogelijk de houtmassa's op verschillende leeftijden benadert, nadat de dunning heeft plaats gevonden.

4. Houtmeetkundige gegevens.

We moeten bij de samenstelling van opbrengsttabellen van te voren weten aan welke houtmeetkundige gegevens de praktijk behoefte heeft en die daarbij redelijkerwijs zijn te verschaffen. De volgende grootheden zijn gekozen:

A Gegevens van de opstand na dunning

- 1 gemiddelde hoogte
- 2 stamtal per hectare
- 3 gemiddelde diameter
- 4 totale grondvlak per hectare
- 5 vormgetal
- 6 spilinhoud per hectare met schors

B Gegevens van dunningen

- 7 gemiddelde lengte

- 8 aantal stammen per hectare
- 9 gemiddelde diameter
- 10 grondvlak per hectare
- 11 spilinhoud per hectare met schors.
- C *Som dunningen*
 - 12 grondvlak per hectare
 - 13 spilinhoud per hectare met schors.
- D *Totale productie*
 - 14 grondvlak per hectare
 - 15 spilinhoud per hectare met schors.
- E *Lopende aanwas*
 - 16 inhoud per hectare
 - 17 procentische aanwas
- F *Gemiddelde aanwas*
 - 18 inhoud per hectare

Hiermede is niet gezegd, dat met deze gegevens alles wordt omvat, wat de practijk aan productiegegevens nodig heeft. Het aangeven van een gemiddelde diameter is in wezen vrij vaag, evenals dat van een inhoud. En vermoedelijk zal men er in de toekomst wel behoefte aan hebben om een indruk te krijgen van de diameterverdeling in de opstanden en te weten hoe de dunningsopbrengst verdeeld is over de verschillende diametergroepen.

Aangezien het gebruik van opbrengsttabellen in Nederland beperkt is, meenden we onze eisen bij de thans ontworpen tabellen niet te hoog te moeten stellen. Voorts hebben wij ons beperkt tot het spilhout met schors. Ook hier kan men meer eisen stellen, bijvoorbeeld omtrent de werkhoutinhoud, zowel als de inhoud zonder schors.

5. *Gebruikt materiaal.*

Voor de samenstelling van de opbrengsttabellen stonden ons de gegevens ter beschikking van 4250 opstanden, ontleend aan de Nederlandse bosstatistiek. De opstanden bevonden zich op de Utrechtse heuvelrug en de Veluwe.

Deze opstanden moeten representatief worden geacht voor het betere Nederlandse grovedennenbos, daar zowel de dichte opstanden (met dunningsachterstand) als holle, onregelmatig bezette opstanden (gelicht, sterk gedund, dan wel beschadigd) buiten beschouwing zijn gelaten. De onderhavige opbrengsttabel geeft derhalve niet de normale, in ieder opzicht ideale toestand van de opstand weer, doch die toestand, waarin de betere grovedennenbossen in ons land gemiddeld verkeren.

In het bijzonder geldt dit „betere gemiddelde” voor de hogere boniteiten. Materiaal van lagere boniteiten is op zichzelf steeds minder volkomen dan dat van de beter groeiende opstanden, zodat de gemiddelde aanwas met dalende boniteit in deze tabellen dan ook sterker afneemt dan bij speciaal uitgezochte proefperken het geval zou zijn. Dit geldt vooral voor de laagste (5e) groeiklasse, waarin ook materiaal voorkwam, dat eigenlijk in een nog lagere groeiklasse thuis hoort.

Naast de gegevens van deze opstanden is gebruik gemaakt van de cijfers van 26 tijdelijke proefvlakten, waarbij ook aanwasmetingen waren verricht.

6. Boniteiten.

De vraag deed zich voor, welk gegeven het best geschikt was om de boniteit van de grond weer te geven. Hiervoor moest een gegeven worden genomen, dat allereerst eenvoudig aan de opstand te bepalen was en waarvan de spreiding niet abnormaal groot was. We kwamen tot de overtuiging, dat dit moest worden gevonden in de gemiddelde hoogte ten opzichte van de leeftijd van de opstand.

Voorts was het nodig te bepalen, hoeveel boniteiten moesten worden ingevoerd. De Engelse tabellen (5) maken een indeling in vier klassen; de Duitse hebben er vijf (21). In verband met de grote verscheidenheid, die de Nederlandse grovedennenbossen te zien geven, was het naar onze mening noodzakelijk het aantal boniteiten niet op minder dan vijf te stellen. In afwijking van de in de „Richtlijnen voor het samenstellen van een bedrijfsregeling voor boschbezit in Nederland” gegeven voorlopige tabellen (22,4) hebben wij gemeend aan vijf klassen te moeten vasthouden.

7. Vervaardiging der tabellen.

Het doel van het onderzoek was om op korte termijn tot opbrengst-tabellen voor de groveden te komen. Tot de opstelling van dergelijke tabellen kan men op de volgende wijzen geraken:

- a. door het eenmaal waarnemen van de houtmeetkundige gegevens van een groot aantal opstanden;
- b. door het op verschillende tijdstippen waarnemen van de gegevens van een beperkter aantal opstanden;
- c. door het eenmaal waarnemen van de gegevens van een groot aantal opstanden, zowel als het bepalen van deze gegevens van een kleiner aantal op verschillende tijdstippen.

Bij ons onderzoek moest hoofdzakelijk volgens de onder a) genoemde methode worden gewerkt. Dit betekent niet, dat wij de andere werkwijzen verwerpen; in het bijzonder zouden wij aan de onder c) genoemde methode de voorkeur willen geven. Teneinde toch in deze richting te werken, hebben wij onze resultaten getoetst aan de gegevens, die ons ten dienste stonden aangaande de groei van een 150-tal opstanden, welke in 1947 en 1948 waren gemeten voor het opstellen van een bedrijfsplan en in 1954 en 1955 werden hermeten voor de bosstatistiek.

Deze beoordeling heeft weliswaar de bruikbaarheid van de tabellen bewezen, doch wij zijn niettemin van mening, dat in de nabije toekomst een onderzoek, waarbij een aantal opstanden gedurende een aantal jaren zal worden waargenomen, nodig is. Een dergelijk onderzoek zal de tabellen in de toekomst zeker kunnen verbeteren.

8. Wiskundige bewerking van het materiaal.

Het belangrijkste werk bestond in de indeling van de 4250 opstanden in groeiklassen naar hun gemiddelde hoogte en hun leeftijd. We konden beschikken over een uitgebreid puntendiagram, waarin alle opstanden verwerkt waren en waarbij de abscis de leeftijd en de ordinaat de gemiddelde hoogte aangaf. De moeilijkheid was nu door dit puntenveld de lijnen te leggen, die de vijf boniteiten zouden bepalen.

Hiervoor werd allereerst de eis gesteld, dat de verdeling der boniteiten

zodanig zou zijn, dat voor de leeftijd van 55 jaar de verschillen tussen de hoogte-leeftijd-lijnen onderling gelijk zouden zijn, en bepaalde waarden zouden aannemen.

In de literatuur zijn methoden voor samenstelling van opbrengsttabellen bekend (3, 10, 14, 16 en 18), alsmede enkele functies omtrent de groeilijnen van houtopstanden. Bestudeerd werden de functies van Leporsky, Levakovic en Mihajlov. Noemen we de leeftijd t en de gemiddelde hoogte h , dan zijn deze:

$$\text{Leporsky (6)} \quad h = a (1 - e^{-bt})$$

$$\text{Levakovic (8, 9)} \quad h = a \left(\frac{t}{b+t} \right)^c$$

$$\text{Mihajlov (11, 12)} \quad h = ae^{-\frac{b}{t^c}}$$

In deze functies is e het grondtal van het natuurlijke logaritmenstelsel; a , b , en c zijn drie parameters. Onze keuze viel op de functie van Mihajlov, voornamelijk uit overwegingen van eenvoudigheid.

Ook de functie van Levakovic zouden we wel met succes hebben kunnen gebruiken. De functie van Leporsky voldeed in de hierboven gegeven vorm minder goed.

Wanneer de tijd toeneemt, dan zal ook de hoogte toenemen. Noemen we de toename van de tijd over een klein tijdvak Δt en de bijbehorende groei van de hoogte Δh , dan mag men bij benadering stellen

$$\Delta h = \frac{dh}{dt} \Delta t$$

waarin $\frac{dh}{dt}$ het eerste differentiaalquotient weergeeft.

Van het beperkte aantal van 26 opstanden beschikten we allereerst over de gegevens van de aanwas van de gemiddelde hoogte over het laatste jaar. Hierbij werd aangenomen, dat de boom met de gemiddelde hoogte op de leeftijd van het ogenblik ook de boom was met de gemiddelde hoogte een jaar tevoren. Teneinde eventuele bijzondere weersomstandigheden in dit ene jaar weg te werken werd de hoogte-ontwikkeling der laatste jaren grafisch vereffend. Ook voor het daaraan voorafgaande jaar werd hetzelfde gedaan. In het geheel werd dus aangenomen, dat de boom met de gemiddelde hoogte op dit ogenblik deze ook had voor twee jaren.

Noemen we de leeftijd van de opstand een jaar geleden t , dan is de aanwas ah_t gelijk aan

$$ah_t = \frac{dh}{dt} = \frac{abc}{t^c + 1} e^{-\frac{b}{t^c}}$$

We kunnen nu het aanwas-quotient q_t beschouwen:

$$q_t = \frac{ah_t}{h_t} = \frac{bc}{t^c + 1}$$

Voor het hieraan voorafgaande jaar is het aanwasquotient q_{t-1} op dezelfde gronden gelijk aan

$$q_{t-1} = \frac{bc}{(t-1)^c + 1}$$

De verhouding van deze quotienten maakt het mogelijk de waarde van de parameter c te berekenen, immers:

$$\frac{q_t}{q_{t-1}} = \left(\frac{t-1}{t} \right)^{c+1}$$

Vervolgens verschaft ons het quotient van de beide hoogten h_t en h_{t-1} hierna de waarde van de parameter b :

$$\frac{h_t}{h_{t-1}} = \frac{ae}{b} = e$$

$$b \left\{ \frac{1}{(t-1)^c} - \frac{1}{t^c} \right\}$$

$$ae$$

De berekening van de parameter a ontmoet thans geen moeilijkheden meer. Bij deze berekeningen bleek de waarde van de parameter b slechts weinig te wisselen. Voor de bepaling van de constanten bij de groeilijnen der vijf boniteiten werd de waarde van de parameter b constant gehouden en de waarde van de parameter c door interpolatie en helaas ook door extrapolatie bepaald. Daarbij werd het stelsel zodanig gevormd, dat de waarde van de parameters a en c een reeks vormden.

Nadat de indeling in boniteiten had plaats gevonden, werden de andere gegevens verwerkt voor elke boniteit afzonderlijk. De gegevens voor de gemiddelde diameter en de inhoud werden eveneens vereffend volgens de groeifunctie van Mihajlov. Voor de vereffening van de cijfers van de aantallen stammen per hectare werd de volgende functie aangenomen:

$$N = ae^{\frac{-bt}{c}} + c,$$

waarin N het aantal stammen per hectare voorstelt.

9. Dunningsopbrengsten.

Ten einde de dunningsopbrengsten te kunnen aangeven, is gezocht naar een verband tussen de gemiddelde lengte van het dunningshout en de gemiddelde hoogte van de blijvende opstand. Dit werd aangenomen in de vorm

$$h_d = p h + q,$$

waarin h_d de gemiddelde lengte van het dunningshout, h de gemiddelde hoogte van de blijvende opstand en p en q twee parameters voorstellen.

Een dergelijk verband is ook gelegd tussen de gemiddelde diameter d_d van het dunningshout en de gemiddelde diameter d van de blijvende opstand:

$$d_d = p d + q.$$

Uit de afnemning van het stamtal en de berekende gemiddelde lengte en diameter van het dunningshout werd de dunningsmassa berekend.

10. Volkomenheidsgraad.

Belangrijk voor het gebruik van opbrengsttabellen is de bepaling van de volkomenheidsgraad van een opstand. Tot de bepaling van dit gegeven kan men komen door oculaire schatting of door bepaling van de verhouding van het werkelijke grondvlak per hectare van de opstand en dat van de tabel. De bepaling van het werkelijke grondvlak per hectare kan geschieden, door gebruik te maken van kleine cirkelvormige proefvlakken met een straal van 8 m, of voor jonge opstanden van 5,64 m. De oppervlakte van dergelijke proefvlakken is achtereenvolgens 200 m² en 100 m². Binnen deze cirkel klemt men de bomen op borsthoogte, waaruit men het grondvlak kan berekenen. Het verdient vanzelfsprekend aanbeveling meerdere van dergelijke proefvlakken in een opstand te kiezen. Ook kan men gebruik maken van het oorspronkelijke instrument van Bitterlich (15, 19), dan wel van de spiegelrelaskoop (2).

Ook kan men het werkelijke grondvlak van een opstand benaderen

door de gemiddelde diameter, eventueel met behulp van een aantal diametermetingen, te schatten, terwijl men het stamtal met behulp van een aantal cirkelvormige proefvlakken kan bepalen.

11. Resultaten.

De resultaten van het onderzoek zijn in de hierna volgende bijlagen bijeengebracht. In bijlage I is nog een aanwijzing gegeven voor het gebruik der opbrengsttabellen, waaraan enkele eenvoudige voorbeelden zijn toegevoegd. Bijlage II bevat een grafiek voor de boniteitsindeling, terwijl de eigenlijke opbrengsttabellen in bijlage III zijn weergegeven. Tenslotte geeft nog bijlage IV een diagram, waaruit men op zeer snelle wijze de inhoud van de blijvende opstand kan vinden, indien de leeftijd en gemiddelde hoogte bekend zijn.

12. Literatuur.

1. Beversluis, J. R.: Engelse en Nederlandse opbrengstgegevens voor groveden. *Nederlandsch Boschbouw Tijdschrift* 20 (7), 1948 (208—215).
2. Bitterlich, W.: „Neues vom Spiegel-Relaskop". Sonderdruck Holzkurier. 1935.
3. Bruce, D.: A method of preparing timber-yield tables. *Journal of agricultural research* 32 (6), 1926 (543—557).
4. Hoeve, J. ter: Enige nadere gegevens over de groei van douglas, lariks en groveden in Nederland. *Tijdschrift Ned. Heidemaatschappij*. 58 (6), 1947 184—187).
5. Hummel, F. C. & Christie, J.: Revised yield tables for conifers in Great Britain. London. 1953.
6. Leporsky, A.: Vyznam nekterych dendrometricnych studii pro pesteni lesa (summary: The significance of some forest mensuration studies for silviculture; Zusammenfassung: Die Bedeutung einiger dendrometrischen Studien für den Waldbau). *Lesnická práce* 15 (4/5), 1935 (1—47).
7. Leporsky, A.: Vysledky prezkouseni pouzitelnosti vynosovych tabulek Schwappachovych pro sosnu, smrk, jedli, buk a dub pro státní lesy Cech a Moravy. (Summary: Control of the usability of Schwappach's yield tables for pine, spruce, fir, beech and oak in state-owned forests). *Sborník státních výzkumných ústavů lesnických CSR Svazek*. 4, 1950.
8. Levakovic, A.: Analiticki oblik zakona rastenja (Zusammenfassung: Analytische Form des Wachstumsgesetzes). *Annales pro experimentis foresticis*. 4, 1935 (189—282).
9. Levakovic, A.: Fiziolosko-dinamicki osnovi funkcija rastenja (Zusammenfassung: Physiologischdynamische Grundlagen der Wachstumsfunktionen). *Annales pro experimentis foresticis*. 6, 1938 (374—389).
10. Meyer, H. A.: Forest mensuration. State College 1953.
11. Mihajlov, I.: Mathematische Formulierung des Gesetzes für Wachstum und Zuwachs der Waldbäume und Bestände. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen* 103 (9/10), 1952 (368—380).

12. Mihajlov, I.: Dendrometrija. Skopje 1953.
13. Mihajlov, I.: Boniteit na Stanisteto i nasini za negovoto odreduvamje (résumé: La bonité du sol et la façon de sa détermination). Sumarcki pregled. 3, 1954 (31—43).
14. Osborne, J. G. & Schumacher, F.: The construction of normal-yield and stand tables for even aged timber stands. Journal of agricultural research 51 (6), 1935 (547—564).
15. Reginster, P.: Une methode pratique d'évaluation rapide de la surface terrière des peuplements forestiers. Bulletin de la société royale forestière de Belgique. 62 (3), 1955 (159—165).
16. Reineke, L. H.: A modification of Bruce's method of preparing timber-yield tables. Journal of agricultural research. 1927 (843—856).
17. Schober, R.: Die Ertragsleistung der Nadelhölzer in Groszbritannien und in Deutschland. Forstwissenschaftliches Centralblatt 1955 (36—59).
18. Spurr, S. H.: Forest inventory. New York. 1952.
19. Stoffels, A.: L'exactitude de la détermination de la surface terrière par hectare à l'aide de la méthode de Bitterlich (uittreksel: De nauwkeurigheid van de bepaling van het grondvlak per hectare met behulp van de methode van Bitterlich). Nederlandsch Boscbouw Tijdschrift. 26 (10), 1954 (256—268).
20. Weck, J.: Vergleich von Wachstumsgang und Ertrag von Nadelholzreinbeständen in Grosz-britannien, Dänemark, Süd- und Nord-Deutschland. Zeitschrift für Weltforstwirtschaft. 17 (2), 1954 (41—43).
21. Wiedeman, E.: Ertragstafeln der wichtigen Holzarten. Hannover. 1949.
22. Richtlijnen voor het samenstellen van een bedrijfsregeling voor Boschbezit in Nederland. Rapport Commissie Nederlandsche Boscbouwvereniging. Nederlandsch Boscbouw Tijdschrift 15 (10), 1942 (441—479).

Tables de production pour le pin sylvestre en Hollande
(résumé)

En Hollande on n'emploie que rarement des tables de production dans la pratique forestière. Les tables pour le pin sylvestre construites à l'étranger dans des circonstances bien différentes de celles de notre pays ne donnent pas des chiffres applicables aux peuplements hollandais. Les tables allemandes et anglaises nous montrent des volumes si différents des volumes réels de nos peuplements qu'il n'est pas justifié d'employer ces tables.

En 1941 la société forestière néerlandaise a installé une commission chargée de rechercher une méthode pour l'aménagement des forêts en Hollande et cette commission a publié en outre des tables provisoires de production pour le pin sylvestre. Nous nous sommes donné pour but de poursuivre le travail déjà commencé et de préparer des tables de production basées sur un grand nombre de peuplements observés. La section de l'administration forestière néerlandaise fondée pour préparer et réviser la statistique forestière disposait des chiffres de 4250 peuplements de pin sylvestre situé dans le centre de notre pays.

A cause des très grandes différences de stations du pin sylvestre nous avons cru qu'il était nécessaire de diviser les stations en cinq classes. Pour indicateur principal nous avons choisi la hauteur moyenne du peuplement en correspondance avec l'âge. L'ajustement des hauteurs des classes a eu lieu suivant la fonction de croissance construite par Mihajlov:

$$h = ae^{\frac{b}{t^c}}$$

dans quelle équation h signifie la hauteur moyenne du peuplement, t son âge et a , b et c trois constantes.

Après la classification des peuplements observés les diamètres moyens, les nombres d'arbres par hectare, les surfaces terrières par hectare et le volume des tiges par hectare ont été calculés pour chaque classe elle-même. Pour l'ajustement des nombres d'arbres par hectare nous avons pu constater que la formule

$$N = ae^{-bt} + c$$

était utilisable. Les autres grandeurs ont été ajustées à l'aide de la fonction mentionnée de Mihajlov.

Pour les données d'arbres éloignés par les éclaircies nous avons constaté qu'il existait une relation entre la longueur h_d des arbres éloignés et la hauteur moyenne h du peuplement restant suivant l'équation

$$h_d = p h + q$$

dans laquelle p et q sont deux constantes. Une relation de même construction nous a servi pour trouver les diamètres moyens du bois éloigné par les éclaircies.

La détermination de la densité des peuplements donne toujours des difficultés. Nous avons recommandé d'évaluer cette densité soit oculairement soit à l'aide de la relation entre la surface terrière par hectare du peuplement et celle donné dans les tables de production.

Yield tables for Scots pine in the Netherlands (summary)

The use of yield tables in the Netherlands has been limited because of the absence of tables suitable for Dutch conditions. The volumes given in the German and English tables for Scots pine differ so much from the actual volumes of our stands, that it is impossible to use these tables.

In 1941 the Dutch Forestry Association set up a committee for studying methods of preparing management plans. The report of this committee also contained a preliminary yield table for Scots pine. Our task was to prepare new yield tables based on the material collected by the section for census of woodlands of the State Forest Administration. A total of 4250 stands has been used.

The great range in site quality of the Dutch pine stands made it necessary to establish five site classes. The mean height was chosen as the main indicator for the site class. The height over age curves were calculated from the Mihajlov growth function :

$$h = ae - \frac{b}{t^c}$$

in which h is the mean height of the stand, t the age and a , b and c three parameters.

After the classification of all stands, the mean diameter, the number of trees, the basal area and the volume were determined separately for every site class. For determining the number of trees the following formula was used:

$$N = ae - \frac{bt}{c} + c.$$

The other data were calculated according to the Mihajlov function.

The length of the thinned trees was found to have a linear relation to the mean height of the remaining stand and between the mean diameter of the thinnings and that of the remaining stand a similar linear regression existed.

The determination of the stand density gives always difficulties. We have recommended that the density of the stands should be estimated either by eye or by determining the ratio between the total basal area of the stand and that mentioned in the yield table.

Bijlage I

AANWIJZING VOOR HET GEBRUIK DER OPBRENGST-TABELLEN

1. Men bepaalt of schat de leeftijd van de opstand van het kiemjaar af.
2. Hierna meet men de hoogten van 5 tot 10 stammen, die op het oog de gemiddelde diameter bezitten. Deze hoogten worden gemiddeld.
3. Uit de boniteitengrafiek bepaalt men de boniteit met behulp van leeftijd en gemiddelde hoogte.
4. Men bepaalt de volkomenheidsgraad van de opstand door :
 - a. oculaire schatting of
 - b. bepaling van het grondvlak van de opstand per hectare, hetzij door cirkelvormige proefvlakken (zie opmerking I), hetzij door schatting van de gemiddelde diameter en bepaling van het stamtal per ha (zie opmerking II), hetzij door de methode van Bitterlich (zie opmerking III). De verhouding van het gevonden grondvlak per hectare en het grondvlak uit de tabel geeft dan de volkomenheidsgraad aan.
5. De houtmeetkundige gegevens vindt men thans uit de tabel, waarbij de aanwezige houtvoorraad door vermenigvuldiging met de volkomenheidsgraad wordt gevonden.

Opmerking I.

Men stelt zich in een opstand willekeurig op en beziet alle bomen, die zich binnen een cirkel bevinden met een straal van 8 m, of voor jongere opstanden 5,64 m. Alle bomen binnen de cirkel worden geklemd en hun grondvlakken gesommeerd. De oppervlakte van een dergelijke cirkel is achtereenvolgens 200 m² en 100 m². Herhaalt men dit bijvoorbeeld 5

maal, dan vindt men het grondvlak van de stammen op een oppervlakte van 1000 m^2 en 500 m^2 . Het grondvlak per hectare is hieruit te berekenen.

Opmerking II.

Bij enige ervaring is het mogelijk de gemiddelde diameter te schatten, eventueel met behulp van een aantal (bijvoorbeeld 50) diametermetingen, terwijl het stamtal wordt afgeleid uit de stamtalbepalingen in een aantal cirkelvormige proefvlakken, zoals bij opmerking I beschreven.

Het grondvlak kan met behulp van een grondvlaktabel worden berekend.

Opmerking III.

Het oorspronkelijke instrument van Bitterlich, dat voor dit onderzoek gebruikt kan worden, bestaat uit een lat van 50 cm lengte, waaraan aan één zijde een plaatje met een breedte van 1 cm. Men stelt zich willekeurig in de opstand op en plaatst het andere einde van de lat tegen het jukbeen. Vervolgens richt men de lat naar elke boom in de omgeving op borsthoogte. Men telt het aantal stammen, waarbij de projectie van het plaatje op de boom kleiner is dan de diameter. Het aantal van deze stammen geeft het grondvlak per hectare weer. Vanzelfsprekend herhaalt men de werkwijze een aantal malen, bijvoorbeeld 5 maal en middelt de resultaten.

Voorbeelden :

A. Men heeft een opstand van 42 jaar en vindt de volgende hoogtemetingen: 11,4; 11,2; 11,0; 10,9; 10,7 m. Het gemiddelde is 11,0 m. Uit de grafiek blijkt, dat men te doen heeft met een opstand, die het best bij boniteit IV past. Door het leggen van een vijftal proefcirkels met 8 m-straal vindt men, als grondvlak van deze gezamenlijke cirkels met een oppervlakte van 1000 m^2 , de waarde $2,15 \text{ m}^2$. Het grondvlak per hectare is dus $21,5 \text{ m}^2$. Voor het berekenen van de volkomenheidsgraad moet men het grondvlak van de tabel interpoleren tussen 40 en 45 jaar. Het resultaat is $22,6 \text{ m}^2$ en hierdoor is de volkomenheidsgraad $21,5 : 22,6$ is 0,95. De houtmassa interpoleert men eveneens en vindt uit de tabel 129 m^3 . De werkelijke inhoud van de opstand is $0,95 \times 129$ is 123 m^3 .

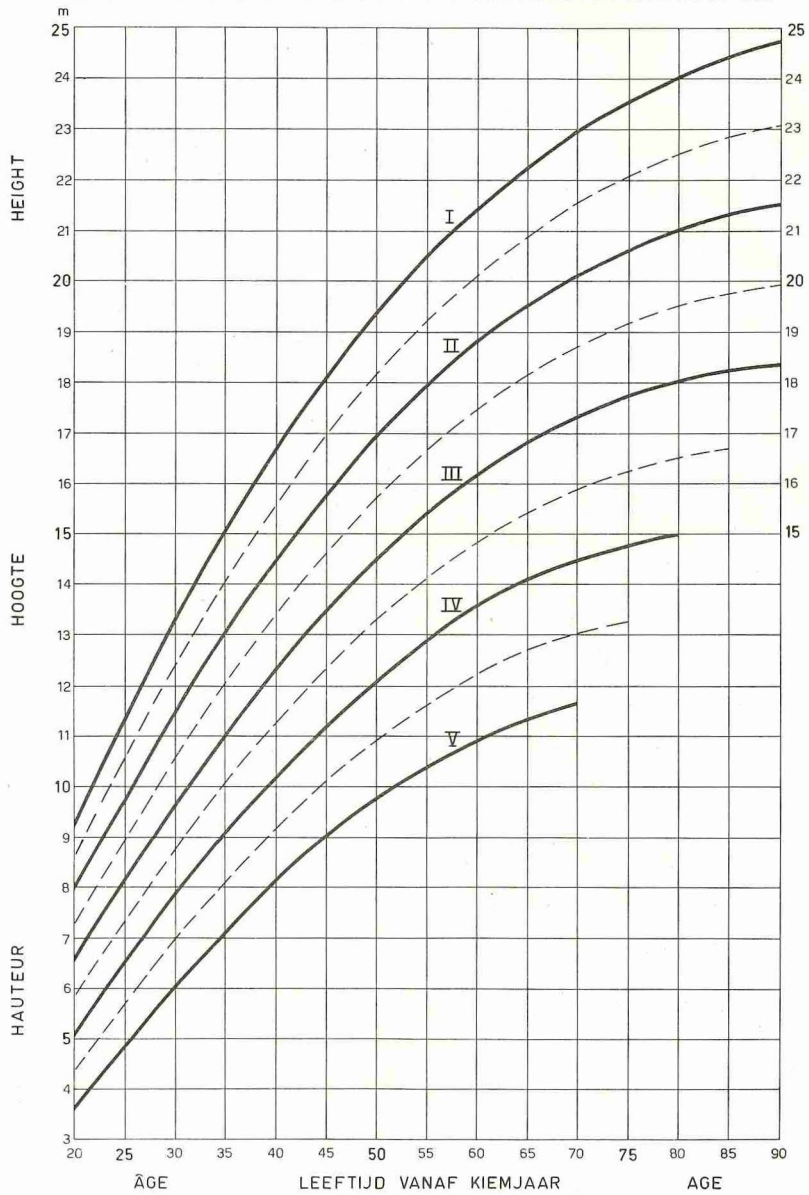
B. Men heeft een opstand van 50 jaar en meet de hoogte van een 6 tal bomen, die ongeveer de gemiddelde diameter hebben. De resultaten zijn: 15,2; 15,0; 14,5; 14,3; 14,2; 14,1 m. Het gemiddelde is 14,6 m.

Uit de grafiek vindt men, dat men met een opstand van boniteit III te doen heeft.

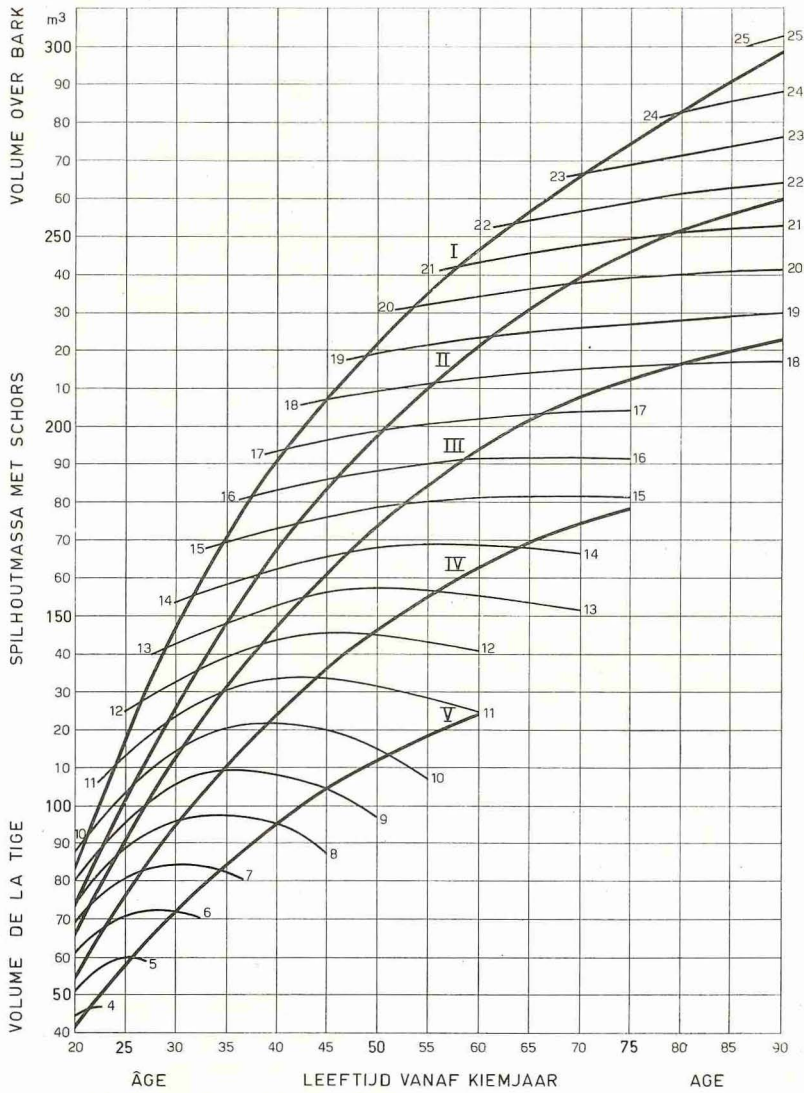
Met het instrument van Bitterlich werkt men op vijf verschillende plaatsen met de volgende resultaten: 26, 25, 23, 22, 20. Het gemiddelde geeft $23,2 \text{ m}^2$. Uit de tabel voor boniteit III vindt men $25,0 \text{ m}^2$ als grondvlak. De volkomenheidsgraad is derhalve $23,3 : 25,0$ is 0,93. Wil men de inhoud weten, waarvoor de tabel 173 m^3 aangeeft, dan vindt men $0,93 \times 173$ is 161 m^3 .

BIJLAGE II

BONITEITENGRAFIEK VOOR GROVEDEN IN NEDERLAND



OPBRENGSTGRAFIEK VOOR GROVEDEN IN NEDERLAND



leeftijd Age Âge	Opstand na dunning Peuplement après l'éclaircie Main crop						Dunningen éclaircies thinnings				
	gem. hoogte hauteur moyenne average height	stamtal nombre d'arbres number of stems	gem. diameter diamètre moyen average diameter	grondvlak surface terrière basal area	vormgetal coefficient de décroissance form factor	spilinhoud volume volume	gem. lengte hauteur moyenne average height	stamtal nombre d'arbres number of stems	gem. diameter diamètre moyen average diameter	grondvlak surface terrière basal area	spilinhoud volume volume
	m	/ha	cm	m ² /ha	—	m ³ /ha	m	/ha	cm	m ² /ha	m ³ /ha
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Boniteit I						Classe I					
15	7,0	3580	7,1	14,2	0,56	55	6,6	800	6,3	2,5	9
20	9,2	2780	8,9	17,4	0,52	82	8,6	600	7,9	3,0	13
25	11,3	2180	10,8	20,0	0,50	117	10,5	470	9,6	3,4	18
30	13,3	1710	12,8	22,0	0,49	146	12,2	360	11,5	3,7	22
35	15,1	1350	15,0	23,8	0,48	170	13,8	270	13,2	3,6	23
40	16,7	1080	17,1	25,0	0,46	190	15,1	200	14,9	3,5	24
45	18,1	880	19,2	25,5	0,45	207	16,3	150	16,6	3,3	23
50	19,3	730	21,2	25,7	0,45	222	17,3	110	18,2	2,9	22
55	20,4	620	23,1	25,9	0,45	235	18,3	85	19,7	2,6	21
60	21,4	535	24,8	26,0	0,45	246	19,0	60	21,1	2,2	18
65	22,2	475	26,5	26,2	0,45	256	19,7	45	22,3	1,8	16
70	22,9	430	27,9	26,3	0,45	265	20,3	35	23,3	1,5	14
75	23,5	395	29,3	26,5	0,45	274	20,8	30	24,2	1,2	12
80	24,0	365	30,5	26,7	0,45	282	21,1	20	25,0	0,9	9
85	24,4	345	31,5	26,9	0,45	290	21,4	15	25,7	0,7	7
90	24,7	330	32,4	27,0	0,45	298					
Boniteit II											
15	6,1	4690	6,1	13,7	0,59	49	5,3	1190	5,5	2,8	8
20	7,9	3500	7,8	16,9	0,56	73	7,0	810	7,0	3,2	12
25	9,7	2690	9,6	19,5	0,53	101	8,7	600	8,5	3,4	15
30	11,4	2090	11,5	21,7	0,50	125	10,2	450	10,2	3,7	18
35	13,0	1640	13,5	23,5	0,49	148	11,6	330	12,0	3,8	20
40	14,5	1310	15,5	24,7	0,47	167	12,9	260	13,5	3,7	22
45	15,8	1050	17,5	25,3	0,46	183	13,9	185	15,1	3,3	22
50	16,9	865	19,4	25,6	0,46	197	14,9	140	16,6	3,0	21
55	17,9	725	21,2	25,8	0,46	210	15,8	105	18,1	2,7	19
60	18,8	620	23,0	25,9	0,46	221	16,4	80	19,5	2,4	17
65	19,5	540	24,7	25,9	0,46	231	17,0	55	20,9	2,0	15
70	20,1	485	26,2	26,0	0,46	240	17,5	45	21,8	1,7	13
75	20,6	440	27,5	26,0	0,46	247	17,9	35	22,7	1,4	11
80	21,0	405	28,6	26,1	0,46	252	18,2	25	23,5	1,1	9
85	21,3	380	29,6	26,2	0,46	256	18,4	15	24,1	0,7	7
90	21,5	365	30,2	26,2	0,46	260					

Som dunningen total des éclair- cies / total yield of thinnings		Totale productie production totale total crop yield to date					
grondvlak surface terrière basal area	inhoud volume volume	grondvlak surface terrière basal area	inhoud volume volume	lopende aanwas product nuelle current annual increment		gem. aanwas production annuelle mean annual increment	leeftijd Age Age
m ² /ha	m ³ /ha	m ² /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	%	m ³ /ha	
13	14	15	16	17	18	19	20
Site Class I							
2,5	9	14,2	55	7,2	8,9	3,7	15
5,5	22	19,9	91	9,6	8,1	4,5	20
8,9	40	25,5	139	9,4	6,4	5,6	25
12,6	62	30,9	186	9,2	5,4	6,2	30
16,2	85	36,4	232	8,7	4,6	6,6	35
19,7	109	41,2	275	8,3	4,0	6,9	40
23,0	132	45,2	316	7,7	3,5	7,0	45
25,9	154	48,7	354	7,0	3,0	7,1	50
28,5	175	51,8	389	6,4	2,6	7,1	55
30,7	193	54,5	421	5,7	2,2	7,0	60
32,5	209	56,9	449	5,0	1,9	6,9	65
34,0	223	58,8	474	4,5	1,7	6,8	70
35,2	235	60,5	497	4,0	1,5	6,6	75
36,1	244	61,9	517	3,5	1,2	6,5	80
36,8	251	63,0	534	3,0	1,0	6,3	85
		63,8	549			6,1	90
Boniteit II							
2,8	8	13,7	49	6,5	8,9	3,3	15
6,0	20	19,7	81	8,1	8,0	4,0	20
9,4	35	25,5	121	8,0	6,4	4,8	25
13,1	53	31,1	160	8,0	5,4	5,3	30
16,9	73	36,6	201	7,9	4,7	5,7	35
20,6	95	41,6	240	7,7	4,2	6,0	40
23,9	117	45,9	278	7,3	3,7	6,2	45
26,9	138	49,5	314	6,7	3,2	6,3	50
29,6	157	52,7	348	6,0	2,7	6,3	55
32,0	174	55,5	378	5,4	2,3	6,3	60
34,0	189	57,9	405	4,8	2,0	6,2	65
35,7	202	60,0	429	4,0	1,6	6,1	70
37,1	213	61,7	449	3,3	1,3	6,0	75
38,2	222	63,2	465	2,7	1,1	5,8	80
38,9	229	64,4	478	2,3	0,9	5,6	85
		65,1	489			5,4	90

Leeftijd	Opstand na dunning						Dunningen				
	gem. hoogte	stamtal	gem. diameter	grondvlak	vormgetal	spilinhoud	gem. lengte	stamtal	gem. diameter	grondvlak	spilinhoud
	m	/ha	cm	m ² /ha	—	m ³ /ha	m	/ha	cm	m ² /ha	m ³ /ha
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Boniteit III											
15	4,9	5890	5,3	13,0	0,65	42	4,0	1540	4,7	2,6	5
20	6,5	4350	6,8	15,8	0,62	64	5,5	1020	6,0	2,9	9
25	8,1	3330	8,4	18,4	0,60	90	6,9	760	7,4	3,3	13
30	9,6	2570	10,1	20,6	0,57	112	8,3	570	8,9	3,5	16
35	11,0	2000	11,9	22,3	0,54	131	9,5	420	10,5	3,6	17
40	12,3	1580	13,9	23,9	0,51	147	10,7	310	12,1	3,5	18
45	13,5	1270	15,8	24,8	0,48	161	11,6	240	13,6	3,4	19
50	14,5	1030	17,6	25,0	0,48	173	12,5	180	15,1	3,2	19
55	15,4	850	19,4	25,1	0,47	184	13,3	130	16,5	2,8	18
60	16,2	720	21,1	25,2	0,47	193	13,8	100	17,8	2,5	16
65	16,8	620	22,7	25,2	0,47	201	14,3	70	19,1	2,0	13
70	17,3	550	24,2	25,3	0,47	207	14,7	55	20,2	1,8	12
75	17,7	495	25,5	25,3	0,47	212	15,0	45	21,2	1,6	11
80	18,0	450	26,7	25,3	0,47	216	15,2	30	22,1	1,2	9
85	18,2	420	27,8	25,4	0,47	220	15,3	20	22,7	0,8	7
90	18,3	400	28,6	25,4	0,47	223					
Boniteit IV											
15	3,6	7290	4,5	11,6	0,81	34	2,6	1880	3,9	2,3	4
20	5,0	5410	5,8	14,3	0,76	54	4,0	1280	5,0	2,5	7
25	6,5	4130	7,2	16,8	0,70	76	5,3	950	6,3	3,0	10
30	7,9	3180	8,8	19,1	0,63	94	6,5	720	7,6	3,3	12
35	9,1	2460	10,4	20,9	0,58	110	7,5	530	9,0	3,3	13
40	10,2	1930	12,1	22,2	0,55	124	8,5	400	10,5	3,4	15
45	11,2	1530	13,9	23,3	0,52	136	9,3	300	12,0	3,4	16
50	12,1	1230	15,7	23,9	0,50	146	10,1	220	13,5	3,2	16
55	12,9	1010	17,5	24,3	0,49	155	10,8	170	14,9	3,0	16
60	13,6	840	19,2	24,4	0,49	163	11,3	125	16,3	2,6	15
65	14,1	715	20,8	24,4	0,49	169	11,6	90	17,6	2,2	13
70	14,5	625	22,4	24,5	0,49	174	11,9	70	18,8	1,9	11
76	14,8	555	23,8	24,5	0,49	178					
Boniteit V											
15	2,5	9260	3,8	10,5	0,92	24	0,9	2520	2,8	1,5	1
20	3,6	6740	4,9	12,9	0,89	41	2,0	1620	3,7	1,7	3
25	4,8	5120	6,1	15,0	0,80	58	3,2	1190	4,7	2,1	6
30	6,0	3930	7,4	16,9	0,70	72	4,2	910	6,0	2,6	7
35	7,1	3020	8,9	18,8	0,63	84	5,2	660	7,3	2,7	8
40	8,1	2360	10,5	20,6	0,57	95	6,1	510	8,6	2,9	9
45	9,0	1850	12,1	21,3	0,54	104	6,8	370	10,0	2,9	9
50	9,8	1480	13,7	21,8	0,52	111	7,4	280	11,2	2,8	9
55	10,4	1200	15,3	22,1	0,52	118	7,9	210	12,5	2,5	9
60	10,9	990	16,9	22,3	0,51	124					

Som dunningen		Totale productie					
grondvlak	inhoud	grondvlak	inhoud	lopende aanwas		gem. aanwas	leeftijd
m ² /ha	m ³ /ha	m ² /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	%	m ³ /ha	
13	14	15	16	17	18	19	20
Boniteit III							
2,6	5	13,0	42	5,6	8,9	2,8	15
5,5	14	18,4	69	7,1	7,9	3,5	20
8,8	27	23,9	104	7,0	6,3	4,2	25
12,3	43	29,4	139	6,9	5,3	4,7	30
15,9	60	34,6	174	6,7	4,7	5,0	35
19,4	78	39,8	207	6,4	4,0	5,2	40
22,8	97	44,2	239	6,2	3,6	5,3	45
26,0	116	47,8	270	6,0	3,3	5,4	50
28,8	134	51,1	300	5,4	2,8	5,5	55
31,3	150	54,0	327	4,8	2,5	5,5	60
33,3	163	56,5	351	4,0	2,0	5,4	65
35,1	175	58,6	370	3,5	1,7	5,3	70
36,7	186	60,4	387	3,0	1,4	5,2	75
37,9	195	62,0	402	2,5	1,2	5,0	80
38,7	202	62,3	415	2,1	1,0	4,9	85
		64,1	425			4,7	90
Boniteit IV							
2,3	4	11,6	34	4,8	8,9	2,3	15
4,8	11	15,6	58	5,8	7,6	2,9	20
7,8	21	20,6	87	5,7	6,1	3,5	25
11,1	33	25,9	115	5,6	5,1	3,8	30
14,4	46	31,0	143	5,5	4,4	4,1	35
16,8	61	35,6	170	5,4	4,0	4,2	40
21,2	77	40,1	197	5,2	3,6	4,4	45
24,4	93	44,1	223	5,0	3,2	4,5	50
27,4	109	48,7	248	4,7	2,8	4,5	55
30,0	124	50,8	272	4,2	2,5	4,5	60
32,2	137	53,4	293	3,6	2,0	4,4	65
34,1	148	55,7	311	3,0	1,7	4,4	70
		57,6	326			4,3	75
Boniteit V							
1,5	1	10,5	24	—	—	1,6	15
3,2	4	14,4	42	4,0	6,9	2,1	20
5,3	10	18,2	62	4,0	5,6	2,5	25
7,9	17	22,2	82	3,9	4,8	2,7	30
10,6	25	26,7	101	3,8	4,0	2,9	35
13,5	34	31,2	120	3,6	3,5	3,0	40
16,4	43	34,8	138	3,3	3,0	3,1	45
19,2	52	38,2	154	3,1	2,6	3,1	50
21,7	61	41,3	170	2,9	2,3	3,1	55
		44,0	185			3,1	60