

De Japanse lariks in Nederland: een nieuwe groeiprognose¹⁾

The Japanese larch in the Netherlands: a new growth prediction

P. J. Faber

Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw
"De Dorschkamp" Wageningen

Inleiding

Kennis over en inzicht in de groei van boomsoorten op uiteenlopende groeiplaatsen is voor een doelmatig bosbeheer van het grootste belang. Enerzijds is kennis van het te verwachten groeiverloop onontbeerlijk voor een goede planning van dunningen en eindhak, omdat daarbij zowel teeltkundige als bedrijfsorganisatorische aspecten een rol spelen, anderzijds is kennis van de groei in relatie tot de eigenschappen van de groeiplaats noodzakelijk bij de keuze van de meest geschikte boomsoort voor een bepaalde doelstelling van een beheerder.

In het eerste geval gaat het om de voorspelling van het verdere verloop van een reeds aan de gang zijnde groei, in het tweede geval gaat het om de vergelijking van de groei-eigenschappen van verschillende boomsoorten op een bepaalde groeiplaats. De hierbij vereiste kennis van de groei gaat verder dan termen als "goed, matig of slecht", maar moet uitgedrukt worden in meters hoogtegroeï, centimeters diktegroeï of kubieke meters houtaanwas.

Deze kennis kan een bosbeheerder verwerven door in zijn bosgebied in de belangrijkste opstanden permanente steekproefplekken uit te zetten en hierin de groei aan de hand van metingen nauwgezet te volgen. Het uitvoeren van de metingen, het opslaan, regelmatig verwerken en het correct interpreteren van de resultaten is echter geen eenvoudige zaak; het kost veel tijd en vereist specialistische kennis. Daarom worden door de onderzoeksinstellingen groei- en opbrengsttabellen berekend, die de beheerder in staat stellen het benodigde inzicht in de groei te verwerven door slechts enkele eenvoudige metingen uit te voeren.

De nauwkeurigheid van de prognoses

Zowel bij het hanteren van de uitkomsten uit eigen steekproefplekken als bij het gebruik van opbrengsttabellen wordt de te verwachten groei gebaseerd op het waargenomen groeiverloop in het verleden. Verschillen in groei kunnen de volgende oorzaken hebben.

Summary

The first yield tables for Japanese larch in the Netherlands were published in 1954 (Van Soest), and were largely based on graphical data adjustment. The second yield tables published in 1972 (La Bastide & Faber), were computed with a growth model composed of regression functions of stand and tree characteristics. The growth and yield data of Japanese larch have now been reworked, because of the controversy about the predicted dominant height growth, and because a combined dataset of the Agricultural University and the Dorschkamp Research Institute for forestry and landscape planning was available. The regression coefficients in the function for estimating the wood volumes per ha (S. H. Heisterkamp, 1981) have not been estimated anew.

It is argued that in a growth model, stand growth characteristics should be handled as dependent variables in the regression functions. If the main purpose of the yield table is merely to estimate the mean situation at a certain stand age, then other dependent variables may also be selected. Such tables, however, are not suitable for prediction, especially in unconventional thinning regimes. The regression functions now applied are the same as those in the 1972 growth model, but the regression coefficients have been estimated anew.

The growth in dominant height, H , is iteratively fitted to the age, T , with the of Chapman-Richards function (1, 1a). The observed and predicted values are plotted in fig. 4. In this figure different symbols are used for stands on good and poor sites. All sites lying below the height growth curve through point Age $T = 70$ years and Dominant Height $H = 25$ m are classed as "poor". The basal area increment is predicted by the Relative Basal Area Increment factor (RGB), which is the basal area increment per ha per metre height growth.

The mean value of the RGB is computed by dividing the summed values of the basal area increment/ha by the summed values of the increment in dominant height in the yield plots. The value of the RGB appears to be fairly constant, regardless of age or site quality if the site is fully occupied by the stand. The influence of site quality is illustrated by calculating separate mean RGB values for stands on good and poor sites. The observed and predicted values of the basal area increment are plotted in fig. 5. Stand density is controlled by the relationship between the mean diameter of the tree space after thinning (Knd) and the mean tree diameter in the stand after thinning ($DIAM(nd)$), as expressed by equation 2. This relationship is plotted in fig. 6.

¹⁾ Verschijnt tevens als Mededeling 228 van "De Dorschkamp".

- 1 Verschillen in groeiplaats.
- 2 Verschillen in het verloop van temperatuur en regenval.
- 3 Verschillen in bosbehandeling (aanleg, verzorging en bemesting).
- 4 Verschillen in herkomst en gevoeligheid voor aantastingen.
- 5 Verschillen in populatiedichtheden van schadelijke insecten.

Hoe beter de eigenschappen van de groeiplaats passen bij de groeiplaatseisen van een boomsoort, hoe beter de groei van de opstand zal zijn of hoe groter de opperhoogte bij een bepaalde leeftijd zal zijn. Het groeivolume van de opperhoogte wordt de boniteit van een opstand genoemd. Het is gebruikelijk om na te gaan op welke groeiplaatstypen een bepaalde boniteit wordt bereikt. Dit wordt de beoordeling van de bodemgeschiktheid genoemd. Meestal worden drie klassen van geschiktheden gebruikt (1 = goed, 2 = matig, 3 = slecht). Die worden gekoppeld aan de S-waarden van de boniteiten (Aanleg en beheer van bos en beplantingen, 1981).

Het is ook mogelijk andersom te werk te gaan door een statistisch verband te zoeken tussen de groeiplaatskenmerken en de boniteit; maar hierover handelt dit artikel niet omdat dit (nog) geen bruikbare basis is voor het berekenen van opbrengsttabellen. Het begrip boniteit wordt in dit artikel dus gebruikt als maat voor zowel de groeisnelheid als voor de kwaliteit van de groeiplaats. Meestal is het gegevensbestand waarop prognoses worden gebaseerd onvolledig (er ontbreken meetgegevens in de oudere leeftijdsklassen, of de verdeling over de boniteiten is niet optimaal) of de gemeenten behandeling is anders dan de huidige praktijk. Dit alles geeft aan elke voorspelling onvermijdelijk een grote mate van onzekerheid. Heel belangrijk is de keuze van het wiskundige model waarmee de gegevens worden verwerkt: dat moet gebaseerd zijn op een logisch inzicht in het fenomeen "groei en aanwas" van een bosopstand. Daarbij is het belangrijk welke opstandskenmerken als onafhankelijke, en welke als afhankelijke variabelen dienen te worden gehanteerd, en hoe ze in relatie tot elkaar moeten worden gebracht.

Er bestaan verschillende voor de hand liggende statistische verbanden met een hoge correlatie die toch ongeschikt zijn om in een groeimodel te worden gebruikt. Een duidelijk voorbeeld is het verband tussen de gemiddelde diameter en de gemiddelde hoogte van een opstand. Dit verband is ongeschikt omdat de groei van de diameter veel sterker door de opstandsbehandeling wordt beïnvloed dan de groei van de hoogte. Ook moet men in het oog houden wat men wil schatten of voorspellen: als men bijvoorbeeld het volume van een boom wil schatten uit diameter en hoogte, dan is het niet nodig (en wenselijk) om eerst een schatter te

Finally, the arithmetic increase in the mean tree diameter in consequence of the thinning regime is expressed by equation 3, and refined in equation 4. This shows that the arithmetical increment of the mean tree diameter depends on the increase in the mean diameter of tree space. The observed and predicted values of this expression are plotted in fig. 7, again with different symbols for stands on good and poor sites.

The old regression coefficients in the OPTAB computer program for generating Yield Tables of the main tree species, starting from different initial situations and different thinning regimes, have been replaced by the new ones. This OPTAB program is written in FORTRAN 77 (DEC) and can be supplied on request. Using this program, a new set of Standard Yield Tables has also been computed with the following stand characteristics as the general initial situation: dominant height $H = 9.87$ m, basal area $G = 16.885$ m²/ha and number $N = 2500$ trees per ha. These tables have been appended.

maken voor het vormgetal. Bij het maken van opbrengsttabellen gaat het niet om het schatten van een gemiddelde bostoestand op een bepaalde leeftijd, maar om het voorspellen van de groei. De afhankelijke variabelen in de regressiefuncties van het groeimodel moeten dan ook kenmerken van de groei bevatten, zoals de gemiddelde jaarscheutlengte van de opperhoogte, de gemiddelde jaarringbreedte of de aanwas van het grondvlak per oppervlakte-eenheid, en niet absolute grootheden zoals diameter en hoogte.

Toch worden er vaak opbrengsttabellen gemaakt die wel ten doel hebben een gemiddelde bostoestand op een bepaalde leeftijd te karakteriseren. Hiervan kan gezegd worden, dat ze niet als groeimodel te hanteren zijn, en dus ongeschikt zijn om de groei en aanwas te voorspellen. Dergelijke tabellen zijn vaak berekend met regressiefuncties waarin de belangrijkste opstandskenmerken zoals hoogte, diameter en stamtal min of meer klakkeloos afhankelijk worden gesteld van de leeftijd zonder dat daarbij met het fenomeen groei rekening wordt gehouden. Dergelijke tabellen zijn bruikbaar zolang er sprake is van een gelijksoortig dunningsregime: eenzelfde plantdichtheid, frequentie en sterkte van dunningen als in de steekproef. De groei bij hiervan afwijkende dunningsregimes kan met dergelijke tabellen niet voorspeld worden.

Bewerkingen van de groeigegevens van de Japanse lariks

Bij de Japanse lariks is het ontbreken van meetgegevens van oude opstanden een ernstig probleem dat niet te ondervangen is omdat op dit moment de oudste opstanden in Nederland nu eenmaal niet ouder zijn dan omstreeks 65 jaar. De meeste groeigegevens hebben betrekking op opstanden tussen 10 en 50 jaar. Toen Van Soest in 1954 zijn eerste opbrengsttabellen

van de Japanse lariks publiceerde was het aantal gegevens waarover hij beschikte vanzelfsprekend nog veel geringer. Bovendien dragen zijn tabellen duidelijk het karakter van handwerk met behulp van grafieken, want de mogelijkheden van vereffening van gegevens met behulp van een computer waren nog niet zo groot als tegenwoordig. De opbrengsttabellen van 1972 (La Bastide en Faber) waren in Nederland de eerste die berekend waren met behulp van een samenstel van regressiefuncties met daarin de groeikenmerken als de belangrijkste afhankelijke (te verklaren) variabelen: de gemiddelde jaarscheutlengte en de grondvlakaanwas per ha. Als wiskundig model voor de groei van de opperhoogte werd het groeimodel van Chapman-Richards gebruikt. Dit zorgt ervoor dat de bomen niet onrealistisch "tot in de hemel" kunnen groeien. Omdat meetgegevens van oude opstanden nagenoeg ontbraken, had het verloop van de hoogtegroeï van de meestal nog vrij jonge opstanden nog een overwegend lineair karakter, zonder een duidelijk punt van afbuiging. Toch leidde de iteratieve aanpassing aan het model Chapman-Richards tot een schatting van de desbetreffende regressiecoëfficiënten. Dit zou bij een geheel rechtlijnig verloop niet mogelijk geweest zijn. Wel bleek het zo berekende groeiverloop belangrijk af te wijken van de lijn die Van Soest in 1954 met de hand getrokken had.

Het verschil was dat het nieuwe verloop na de 45-jarige leeftijd nauwelijks meer bijgroei van de opperhoogte voorspelde, terwijl volgens Van Soest de groei dan nog stug doorging. Er kwam in de loop der tijd van verschillende zijden kritiek dat de tabellen van Van Soest "beter" waren dan de nieuwe van 1972, of erger, dat op dezelfde groeiplaatsen jonge opstanden in een andere boniteit (niveau van opperhoogtegroeï) vielen dan oudere. Daarom was er alle reden om met name het groeiverloop van de opperhoogte nog eens aan een nader onderzoek te onderwerpen. Een goede gelegenheid deed zich voor, toen de Vakgroep Boshuishoudkunde van de Landbouwniversiteit Wageningen samen met de Bosbouw en Cultuurtechnische School in Velp en het Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De Dorschkamp" besloten een nieuwe uitgave samen te stellen met de meest recente opbrengsttabellen gebaseerd op alle nu beschikbare groeigegevens

Nieuwe bewerking van de groeigegevens van de Japanse lariks

Inclusief de proefperken van de Landbouwniversiteit bedraagt het aantal proefperken ongeveer 150, met een totaal oppervlak van 13,3 ha. De verdeling van de proefperken over Nederland is te zien in figuur 1. Gemiddeld is elk proefperk ongeveer driemaal opgeno-



Fig. 1 Ligging der proefperken van de Japanse lariks.
Fig. 1 Situation of the Japanese larch yield plots in The Netherlands.

men, met een meetinterval van drie à vijf jaar. Er zijn echter lange series bij met ongeveer 10 opnamen over perioden van zo'n 30 jaar. Omdat het aantal gegevens sinds 1972 aanzienlijk is toegenomen en er bovendien over gegevens van de Vakgroep Boshuishoudkunde van de Landbouwniversiteit Wageningen kon worden beschikt, werd besloten alle regressiecoëfficiënten van de Japanse lariks in het groeimodel opnieuw uit de beschikbare gegevens te schatten. De opstandsinhoudsfuncties werden echter niet opnieuw berekend, omdat die nog recent waren herberekend (Heisterkamp, 1981). De gebruikte regressiefuncties zijn dezelfde als die bij de berekening in 1972 zijn toegepast. Er zijn weliswaar enkele alternatieve wiskundige modellen uitgeprobeerd, maar dit leidde niet tot een vervanging van een van de oude regressiefuncties.

Voor een recente beschrijving kan worden verwezen naar het artikel over het gebruik van de computer bij de bosbouwkundige planning (Faber, 1986).

Het groeiverloop van de opperhoogte

Omdat de hernieuwde bewerking vooral bedoeld was om de groeiverwachting van de opperhoogte aan te passen aan de toegenomen hoeveelheid meetgegevens, zal bij dit aspect uitvoeriger worden stilgestaan. Evenals in 1972 werden de groeigegevens van de opperhoogte iteratief vereffend door middel van de eerste

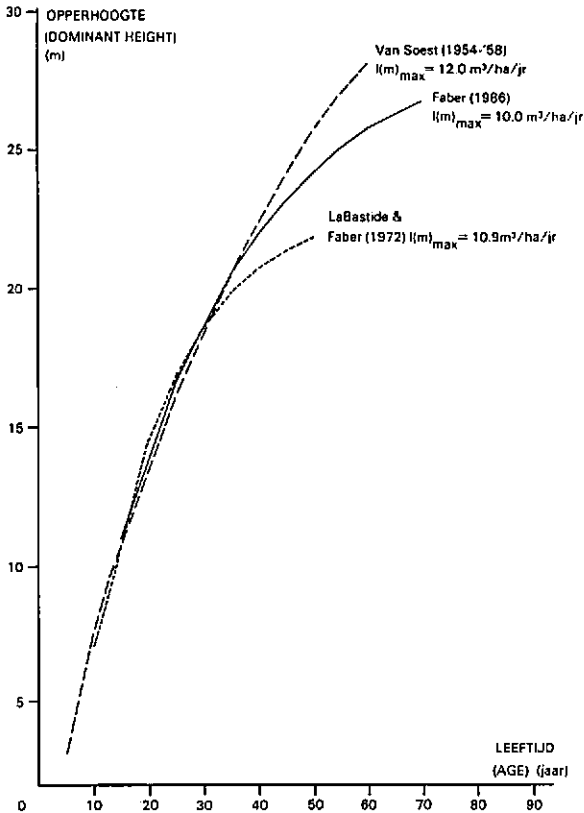


Fig. 2 Verloop van de groei van de opperhoogte van de Japanse lariks volgens Van Soest (1954-1958), La Bastide & Faber (1972) en Faber (1986).

Fig. 2 Dominant height growth of Japanese larch by Van Soest (1954-1958), La Bastide & Faber (1972) and Faber (1986).

afgeleide van de groeifunctie (model Chapman-Richards):

$$H = S * (1 - \exp(-C7 * T))^{C8} \quad (1)$$

(H = opperhoogte in m)
(T = leeftijd in jaren)

waaruit volgt:
jaarscheutlengte $dH/dT = \frac{C7 * C8 * H}{\exp(C7 * T) - 1}$ (1a)

De nieuwe regressiecoëfficiënten bleken vergeleken met de schattingen van 1972 aanzienlijk te zijn veranderd:

$C7$ (nieuw) = 0.04046, ($C7$ (oud) = 0.0738)

$C8$ (nieuw) = 1.22766, ($C8$ (oud) = 1.8253)

Standaardafwijking (dH/dT) = 0.18923

Correlatiecoëfficiënt $R = 0.66237$

Aantal waarnemingen = 473

De nieuwe coëfficiënten laten een minder steile jeugdgroei zien (een lagere waarde voor $C7$), met daartegenover een zich op latere leeftijd beter voortzettende groei (lagere waarde voor $C8$).

Vergelijking met de tabel van Van Soest (1954) is niet direct mogelijk, omdat daarin alleen een gemiddelde hoogte voorkomt en geen opperhoogte. In een nieuwe uitgave van 1958 is dit echter aangevuld, zonder dat de rest van de tabel werd gewijzigd. Het blijkt nu, dat het met de nieuwe coëfficiënten berekende groei-verloop prachtig ligt tussen datgene wat in 1958 is ge-

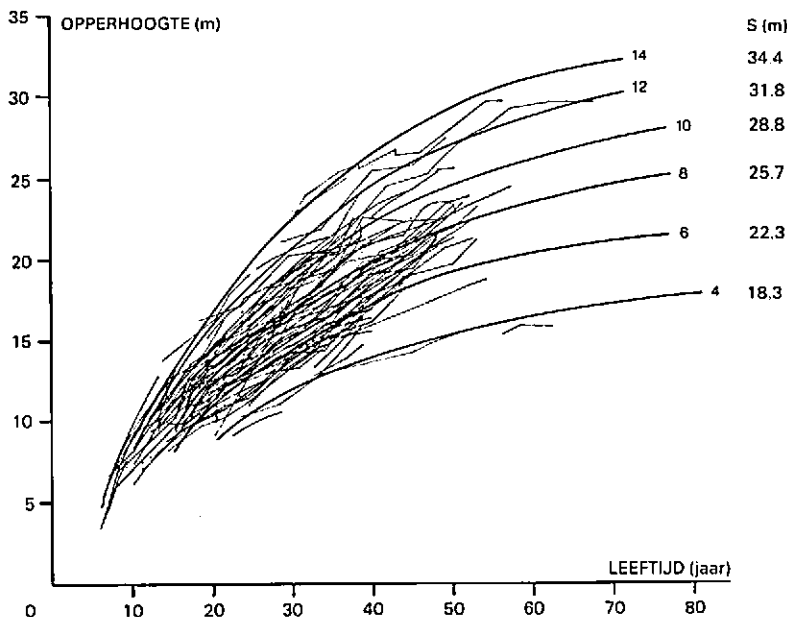


Fig. 3 Verband tussen opperhoogte en leeftijd van de Japanse lariks in Nederland in zes boniteiten.

Fig. 3 Relationship between dominant height and age of the Japanese larch in The Netherlands in six yield classes.

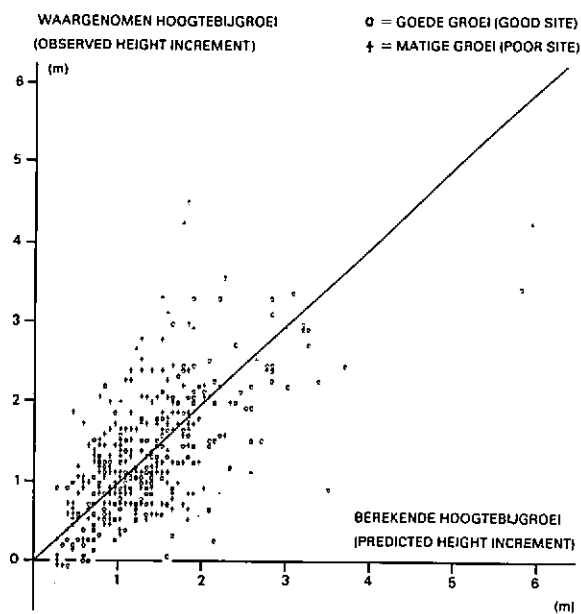


Fig. 4 Groei van de Japanse lariks; voorspelling van de hoogtebijgroei.

Fig. 4 Growth of Japanese; prediction of the increment of the dominant height.

steld en het verloop volgens de tabel van 1972. In figuur 2 wordt dit duidelijk geïllustreerd. In figuur 3 zijn de nieuwe hoogtegroeicurven voor de absolute boniteiten 4, 6, 8, 10, 12 en 14 getekend samen met de werkelijk in de proefperken waargenomen groeiverlopen. Deze geven al enigszins een indruk van de mate van aanpassing van het model aan de gegevens. Nog beter is dat te zien in figuur 4, waar de berekende bijgroei (m) op de x-as is uitgezet tegen de waargenomen bijgroei (m) op de y-as. Daarbij zijn verschillende symbolen gebruikt voor opstanden met een goede en met een slechte groei: de grens tussen beide wordt gevormd door de groeilijn door het punt Leeftijd = 70 jaar, Opperhoogte = 25 m. De gevonden correlatiecoëfficiënt van 0.662 is niet zo hoog; de figuur geeft dan ook een vrij grote spreiding weer. Die kan beschouwd worden als een voornamelijk door variatie in temperatuur en regenval op bepaalde bodemtypen veroorzaakte ruis.

Wel loopt de getrokken 45 graden lijn goed door de puntenwolk heen. Alleen bij een bijgroei van minder dan 0.5 m blijken de waargenomen waarden vaker tegen te vallen in vergelijking met de voorspelde waarden. Dat er zelfs negatieve waarden voorkomen kan liggen aan topbreuk, velling van dominante bomen, of ook aan gemaakte meetfouten, want de hoogtemeting van bomen is nog steeds het meest bewerke-

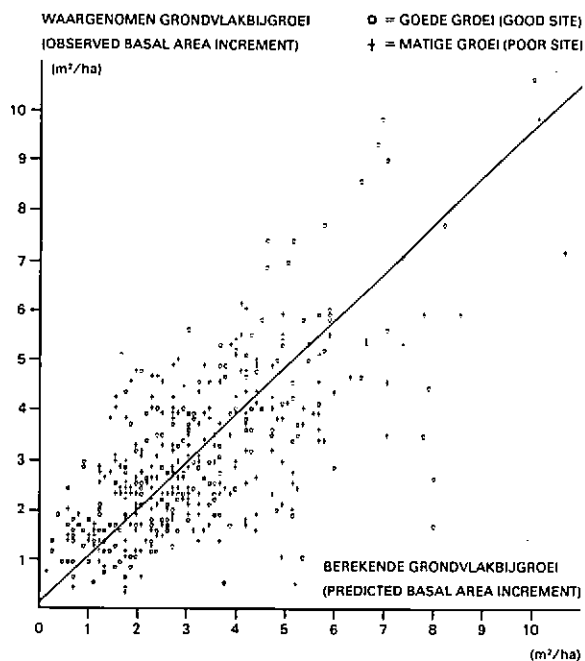


Fig. 5 Groei van de Japanse lariks; voorspelling van de grondvlakbijgroei.

Fig. 5 Growth of Japanese larch; prediction of the basal area increment.

lijke en foutengevoelige onderdeel van de opname. De persoonlijke factor van de opnemer en de afwijkingen van het meetinstrument spelen hierbij een rol. Er is verder een betere aanpassing aan de gegevens te vinden, als het model van Chapman-Richards geheel of gedeeltelijk wordt losgelaten. Gebleken is, dat de multiple correlatiecoëfficiënt verhoogd kan worden tot 0.70, als leeftijd, hoogte en meetinterval als verklarende variabelen worden toegevoegd. Dan bestaat echter het bezwaar dat er nauwelijks of in het geheel geen sprake meer is van afbuiging of afnemende groei op oudere leeftijd. De bomen zouden dan volgens het model onbeperkt blijven doorgroeien, wat in tegenpraak is met de realiteit. Om deze reden kwam de toepassing van een dergelijk regressiemodel ondanks de hogere correlatie niet aan de orde.

De diktegroei van de Japanse lariks

De hoogtegroei, die afhankelijk is van bodem en klimaat, wordt in het model voorspeld door de leeftijd. Met de diktegroei zou in principe hetzelfde gedaan kunnen worden. Dit stuit echter op twee belangrijke bezwaren: Ten eerste wordt de diktegroei behalve voor bodem en klimaat ook in belangrijke mate bepaald door de dichtheid of bezettingsgraad van de opstand. Ten tweede wordt het natuurlijke verband tussen de

hoogte en de diameter in een opstand bij een bepaald dunningsregime verwrongen, als ze elk apart in een regressie afhankelijk gesteld worden van de leeftijd. Deze bezwaren kunnen worden ondervangen als gebruik gemaakt wordt van het verband dat er in een groeiende opstand bestaat tussen het grondvlak G per oppervlakte-eenheid en de opperhoogte. Omdat het gaat om het karakteriseren van de groei leidt deze toepassing van de zogenaamde wet van Eichhorn tot de definitie van de relatieve grondvlakbijgroei (RGB) als eerste afgeleide van dit verband:

$$G = f(H) \rightarrow RGB = dG/dH$$

zijnde de toename van het grondvlak G in m²/ha die samengaat met een toename van de opperhoogte H met 1 m.

Gebleken is dat de ontwikkelingsfase of de leeftijd van een opstande de RGB niet significant beïnvloedt. Om een gemiddelde waarde te vinden is het dan de beste methode gebleken om de over alle proefperken gesommeerde grondvlakbijgroei per ha te delen door de gesommeerde bijgroei van de opperhoogte. Meetfouten (vooral van de hoogtegroei) en verschillen in gewichten wegens uiteenlopende meetintervallen tussen de opnamen kunnen dan zo goed mogelijk worden omzeild. De vraag was of de boniteit van de opstand de RGB nog beïnvloedde. Om dit na te gaan is al het materiaal verdeeld in opstanden met een goede groei en opstanden met een slechte groei, die evenals bij de hoogtegroei gescheiden werden door de groeicurve door het punt Leeftijd = 70 jaar, Opperhoogte = 25 m. Uit deze bewerking kwamen de volgende resultaten te voorschijn:

	totale grondvlakbijgroei (m ² /ha)	totale hoogtebijgroei (m)	aantal waarn.	RGB
Goede boniteit	634.4728	253.5004	196	2.5028
Slechte boniteit	791.2037	320.7903	253	2.4664
Totaal	1425.6765	574.2907	449	2.4825

Hiermee is aangetoond, dat de grondvlakbijgroei per ha per meter opperhoogtegroei (RGB) niet of nauwelijks wordt beïnvloed door het groeivolume van de opperhoogte in casu de kwaliteit van de groeiplaats. Wel moet er rekening mee worden gehouden dat de RGB gebonden is aan een volledige bezetting van de groeiplaats (een volkomenheidsgraad van 1.00) en een normale expositie aan de wind. Wat dit laatste punt betreft kan gewezen worden op *Pinus nigra*, die in duinbebouwingen een hogere waarde voor de RGB bleek te hebben dan opstanden in het binnenland. Ook de grondvlakbijgroei bleek een grote variatie te hebben die niet door de bijgroei van de opperhoogte kon worden verklaard. In figuur 5 zijn weer de berekende waarden (x-as) en de waargenomen waarden (y-as) tegen elkaar uitgezet. Weliswaar loopt de 45 graden lijn prachtig

midden door de puntenwolk, maar de correlatie-coëfficiënt (R) tussen de berekende en de waargenomen waarden is met 0.688 niet zo hoog. Ook dit kan beschouwd worden als ruis, die waarschijnlijk veroorzaakt wordt door een verschillend verloop van temperatuur en regenval gedurende de vegetatieperioden. Men moet hierbij bedenken, dat de hoogtegroei van een boom grotendeels in de voorzomer plaatsvindt waarbij de boom o.a. gebruik maakt van reserves uit het vorige seizoen. In tegenstelling hiermee ontstaat variatie in grondvlakbijgroei voornamelijk door variaties in temperatuur en regenval in de lopende vegetatieperiode. Hoogtebijgroei en grondvlakbijgroei zijn dus op een verschillende manier van het weersverloop afhankelijk.

De normale dichtheid na dunning

Het normale verloop van de opstandsdichtheid na dunning in de tijd kan worden uitgebeeld met behulp van een lineaire relatie tussen de gemiddelde diameter van de groeiimte en de gemiddelde diameter van de bomen op 1.30 (beide na dunning):

$$Knd = C9 * DIAM(nd) + C10 \text{ (cm)} \quad (2)$$

$$\text{waarin } Knd = 10745.7/WN(nd)$$

en

WN(nd) = wortel uit het stamtal per ha na dunning

Voor de Japanse lariks werden nu de volgende waarden gevonden (figuur 6):

$$C9 = 16.4051 \text{ (standaardafwijking } 0.27287)$$

$$C10 = 88.4083 \text{ (standaardafwijking } 4.41837)$$

Correlatiecoëfficiënt R = 0.940

Standaardafwijking (regressie) = 37.6387

Aantal waarnemingen = 475

Deze waarden wijken weinig af van de waarden die in 1972 voor deze coëfficiënten werden gevonden, namelijk C9 = 15.11 en C10 = 96.37.

In feite bestaat er een koppeling met de gevonden waarde van de RGB, want die kwam tot stand bij een gemiddelde opstandsdichtheid die door de laatste relatie wordt beschreven. Uitgaande hiervan kan een formule voor het normale grondvlak per ha als functie van de opperhoogte worden afgeleid die de toestand bij een volkomenheidsgraad van 1.00 aangeeft. Bij de voorspelling van de groei van open opstanden wordt de RGB daarom meestal gecorrigeerd door vermenigvuldiging met de vierkantswortel uit de volkomenheids-

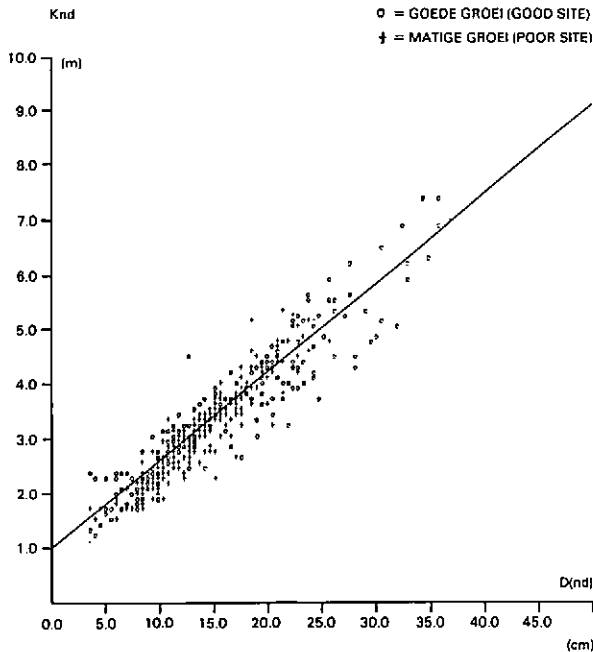


Fig. 6 Groei van de Japanse lariks; verband groeiruumte-diameter Knd (m) en gemiddelde boomdiameter D(nd) (cm), toestand na dunning.

Fig. 6 Growth of Japanese larch; relationship between mean spacing Knd (m) and mean diameter D(nd) (cm), situation after thinning.

graad. Deze is daarin gedefinieerd als het werkelijke grondvlak/normale grondvlak. Het werd niet nodig geacht om een nieuwe functie voor het normale grondvlak per ha te berekenen.

De homogenitelts-constante C11

Door het uitvoeren van selectieve dunningen treedt er altijd een geringe arithmetrische verschuiving van de gemiddelde diameter op. Deze verschuiving is afhankelijk van de sterkte van de dunning, de diameterspreiding in de opstand en het gehanteerde selectie criterium. Het verband met de sterkte van de dunning kan met de volgende lineaire functie goed worden weergegeven:

$$\text{DIAM}(\text{nd})/\text{DIAM}(\text{vd}) = \text{C11} * \text{Knd}/\text{Kvd} + 1 - \text{C11} \quad (3)$$

De gevonden waarden voor C11 verschillen iets per boomsoort, maar met name zijn de bij de dunning gehanteerde selectiecriteria van invloed. Normaal ligt de

$$\begin{aligned} \text{DIAM}(\text{nd}) - \text{DIAM}(\text{vd}) &= 0.0467 * H + 0.00988 * (\text{Knd} - \text{Kvd}) - 0.001942 * \text{Kvd} - 0.0390 & (4) \\ (\text{Standaard Afwijking}) & \quad 0.00514 \quad 0.00048 \quad 0.000223 \quad 0.0353) \\ \text{Correlatie-coëfficiënt R} &= 0.7704 \\ \text{Standaardafwijking (regressie)} &= 0.2195 \\ \text{Aantal waarnemingen} &= 469 \end{aligned}$$

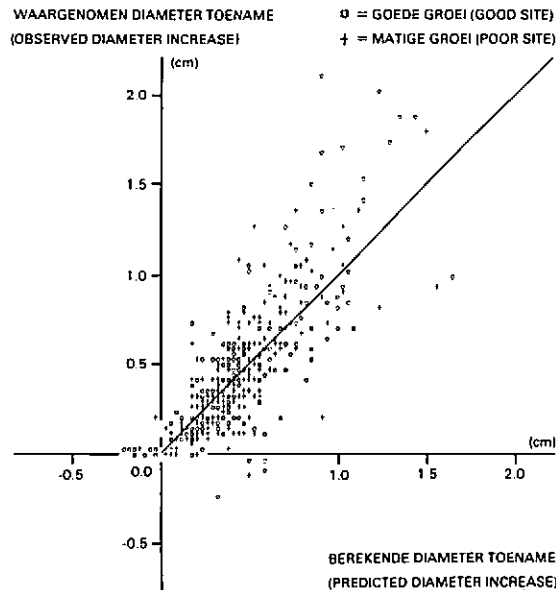


Fig. 7 Groei van de Japanse lariks; voorspelling van de toename van de gemiddelde diameter door dunning.

Fig. 7 Growth of Japanese larch; prediction of the increase of mean diameter by thinning.

waarde van C11 tussen 0.2 en 0.5. Bij het uitvoeren van een systematische dunning wordt een waarde van 0 bereikt. Ook bij een zeker accent op hoogdunning ontstaat een verlaagde waarde voor C11, die in extreme gevallen zelfs negatief zou kunnen worden. In zo'n geval zou de structuur van de opstand ingrijpend veranderen, en zou de RGB niet meer normaal functioneren. De waarde die nu werd gevonden: C11 = 0.2232 (Standaardafwijking = 0.00933, 471 waarnemingen, Correlatiecoëfficiënt R = 0.7407 en Standaard Afwijking van de Regressie = 0.0180) wijkt weinig af van de waarde die in 1972 werd gevonden: C11 = 0.282

Wat deze relatie betreft werd het zoeken naar een beter passend model enigszins beloond in de nieuwe regressievergelijking (4).

In figuur 7 zijn de met deze functie berekende waarden op de x-as uitgezet tegen de waargenomen waarden op de y-as, waarbij weer onderscheid gemaakt is in goed en slecht groeiende opstanden. Het blijkt dat de 45 graden lijn bevredigend door de puntenwolk heen loopt.

Literatuur

- Aanleg en beheer van bos en beplantingen. P. R. Schütz en G. van Tol (eds.). 1981. Pudoc, Wageningen.
- Bastide, J. G. A., en P. J. Faber. 1972. Revised yield tables for six tree species in the Netherlands. Uitvoerig verslag Stichting Bosbouwproefstation "De Dorschkamp", Wageningen, Band 11, nr. 1.
- Faber, P. J. 1986. Het gebruik van de computer bij de bosbouwkundige planning. Nederlands Bosbouw tijdschrift 58(5): 132-138.
- Heisterkamp, S. H. 1981. Opstandsinhoudsfuncties. Rapport Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De Dorschkamp", Wageningen, nr. 271.
- Soest, J. van. 1954. De groei van de Japanse lariks in Nederland. Nederlands Bosbouw Tijdschrift 26(11): 281-286.

Gebruikte symbolen en regressiefuncties

- LOG = ^elogaritme
- V = spilhoutvolume in m³/ha
(*wood volume in m³/ha*)
- G = grondvlak in m²/ha
(*basal area in m²/ha*)
- H = opperhoogte in m (*dominant height in m*)
- T = leeftijd in jaren (*age in years*)
- Kvd = gemiddelde boomaafstand voor dunning (cm)
(*mean spacing before thinning (m)*)
- Knd = gemiddelde boomaafstand na dunning (cm)
(*mean spacing after thinning (m)*)
- DIAM(vd) = gemiddelde diameter voor dunning (cm)
(*mean diameter before thinning (cm)*)
- DIAM(nd) = gemiddelde diameter na dunning (cm)
(*mean diameter after thinning (cm)*)
- RGB = relatieve grondvlak bijgroei (m²/ha/m)
(*relative basal area increment m²/ha/m*)

$$\text{LOG}(V) = 0.9675 \cdot \text{LOG}(G) + 1.0028 \cdot \text{LOG}(H) - 0.001 \cdot T - 0.6581$$

$$H = S \cdot (1 - e^{-0.0405 \cdot T})^{1.22766}$$

$$\text{Knd} = 16.4051 \cdot \text{DIAM}(\text{nd}) + 88.4083$$

$$\text{DIAM}(\text{nd}) - \text{DIAM}(\text{vd}) = 0.0467 \cdot H + 0.00988 \cdot (\text{Knd} - \text{Kvd}) - 0.001942 \cdot \text{Kvd} - 0.0390$$

$$\text{RGB} = 2.4825$$

$$G = -0.0142 \cdot H^2 + 1.1289 \cdot H + 4.2300 \text{ (normale grondvlak)}$$

(*normal stand density*)

S-waarde = relatieve boniteit: asymptotische waarde van de opperhoogte bij een bepaald groeiniveau volgens het model (*site index: asymptotic value of dominant height $T \rightarrow \infty$*)

I(M)MAX = absolute boniteit (*mean annual increment*)

Tabellen (Tables): p. 22-27

JAPANESE LARIKS I(M)MAX = 4 M3/HA/J S = 18.3 m

leeftijd jaren	opperhoogte in m	stantal per ha	grondvlak m ² /ha	gemidd. diameter in cm	gemidd. hoogte m	spilhout volume m ³ /ha	totale produktie m ³ /ha	gemiddelde aanwas m ³ /ha/J	lopende grondvlak bijgroei	lopende volume bijgroei
20.	8.9	2500.	14.40	8.6	7.5	60.	60.	2.99	0.00	0.00
		330.	1.58	7.8		6.				
		2170.	12.83	8.7		53.				
25.	10.5	2170.	16.81	9.9	9.0	82.	88.	3.53	0.80	5.67
		398.	2.40	8.8		11.				
		1771.	14.41	10.2		70.				
30.	11.9	1771.	17.75	11.3	10.3	97.	115.	3.82	0.67	5.30
		272.	2.09	9.9		11.				
		1499.	15.66	11.5		86.				
35.	13.0	1499.	18.48	12.5	11.3	110.	139.	3.96	0.56	4.81
		194.	1.82	10.9		11.				
		1305.	16.65	12.7		99.				
40.	13.9	1305.	18.99	13.6	12.2	121.	160.	4.00	0.47	4.22
		141.	1.55	11.8		10.				
		1164.	17.44	13.8		111.				
45.	14.7	1164.	19.37	14.6	12.9	129.	178.	3.95	0.39	3.62
		104.	1.30	12.6		8.				
		1060.	18.07	14.7		121.				
50.	15.4	1060.	19.66	15.4	13.5	136.	193.	3.86	0.32	3.06
		79.	1.09	13.3		7.				
		982.	18.58	15.5		129.				
55.	15.9	982.	19.88	16.1	14.0	142.	206.	3.75	0.26	2.56
		60.	0.91	13.9		6.				
		922.	18.98	16.2		135.				
60.	16.3	922.	20.05	16.6	14.3	146.	217.	3.61	0.21	2.12
		47.	0.75	14.3		5.				
		875.	19.30	16.8		141.				
65.	16.7	875.	20.18	17.1	14.6	149.	225.	3.47	0.18	1.73
		36.	0.62	14.7		4.				
		839.	19.56	17.2		145.				
70.	17.0	839.	20.29	17.5	14.8	152.	232.	3.32	0.14	1.41

age years	dom.height (m)	basal area number per ha	mean diameter (cm)	mean height (m)	wood volume (m ³ /ha)	total production (m ³ /ha)	mean increment (m ³ /ha/year)	current b.a.- increment	current volume increment
--------------	-------------------	--------------------------------	--------------------------	-----------------------	--	---	--	-------------------------------	--------------------------------

JAPANESE LARIKS I(M)MAX = 6 M3/HA/J S = 22.3 m

leeftijd jaren	opperhoogte in m	stamtal per ha	grondvlak m ² /ha	gemidd. diameter in cm	gemidd. hoogte m	spilhout volume m ³ /ha	totale produktie m ³ /ha	gemiddelde aanwas m ³ /ha/J	lopende grondvlak bijgroei	lopende volume bijgroei
15.	8.5	2500.	13.45	8.3	7.2	54.	54.	3.59	0.00	0.00
		211.	1.05	7.9		4.				
		2289.	12.40	8.3		50.				
20.	10.8	2289.	18.12	10.0	9.3	91.	95.	4.76	1.14	8.29
		570.	3.47	8.8		17.				
		1718.	14.64	10.4		74.				
25.	12.8	1718.	19.44	12.0	11.2	115.	136.	5.44	0.96	8.15
		358.	3.08	10.5		18.				
		1360.	16.36	12.4		97.				
30.	14.5	1360.	20.44	13.8	12.8	136.	174.	5.81	0.82	7.68
		241.	2.72	12.0		18.				
		1119.	17.71	14.2		118.				
35.	15.9	1119.	21.15	15.5	14.1	153.	209.	5.98	0.69	6.97
		168.	2.37	13.4		17.				
		951.	18.78	15.9		136.				
40.	17.0	951.	21.63	17.0	15.2	167.	240.	6.00	0.57	6.10
		119.	2.02	14.7		15.				
		832.	19.62	17.3		152.				
45.	18.0	832.	21.97	18.3	16.1	178.	266.	5.91	0.47	5.24
		87.	1.70	15.8		13.				
		745.	20.28	18.6		165.				
50.	18.7	745.	22.22	19.5	16.9	187.	288.	5.76	0.39	4.43
		65.	1.42	16.7		12.				
		680.	20.80	19.7		175.				
55.	19.4	680.	22.40	20.5	17.5	194.	307.	5.58	0.32	3.70
		49.	1.18	17.6		10.				
		632.	21.22	20.7		184.				
60.	19.9	632.	22.53	21.3	18.0	199.	322.	5.37	0.26	3.07
		37.	0.98	18.2		8.				
		594.	21.55	21.5		191.				
65.	20.3	594.	22.63	22.0	18.3	204.	335.	5.15	0.22	2.51
		29.	0.81	18.8		7.				
		565.	21.82	22.2		196.				
70.	20.7	565.	22.70	22.6	18.6	207.	345.	4.93	0.18	2.04
age years	dom.height (m)	basal area number per ha	basal area (m ² /ha)	mean diameter (cm)	mean height (m)	wood volume (m ³ /ha)	total production (m ³ /ha)	mean increment (m ³ /ha/year)	current b.a.- increment	current volume increment

JAPANESE LARIKS I(M)MAX = 8 M3/HA/J S = 25.7 m

leeftijd jaren	opperhoogte in m	staatal per ha	grondvlak m ² /ha	gemidd. diameter in cm	gemidd. hoogte m	spilhout volume m ³ /ha	totale produktie m ³ /ha	gemiddelde aanwas m ³ /ha/J	lopende grondvlak bijgroei	lopende volume bijgroei
15.	9.8	2500.	16.71	9.2	8.4	77.	77.	5.12	0.00	0.00
		570.	2.96	8.1		13.				
		1930.	13.75	9.5		64.				
20.	12.5	1930.	20.29	11.6	10.9	118.	131.	6.54	1.31	10.81
		520.	4.19	10.1		24.				
		1410.	16.10	12.1		94.				
25.	14.8	1410.	21.64	14.0	13.1	147.	184.	7.37	1.11	10.68
		322.	3.75	12.2		25.				
		1089.	17.90	14.5		123.				
30.	16.7	1089.	22.67	16.3	15.0	173.	235.	7.83	0.95	10.15
		214.	3.36	14.1		25.				
		875.	19.31	16.8		148.				
35.	18.3	875.	23.28	18.4	16.6	194.	281.	8.01	0.79	9.12
		144.	2.89	16.0		23.				
		730.	20.39	18.9		171.				
40.	19.6	730.	23.69	20.3	17.9	211.	320.	8.01	0.66	7.98
		101.	2.45	17.6		21.				
		629.	21.24	20.7		189.				
45.	20.7	629.	23.96	22.0	19.0	224.	355.	7.88	0.54	6.85
		72.	2.06	19.0		19.				
		557.	21.90	22.4		205.				
50.	21.6	557.	24.14	23.5	19.9	234.	384.	7.67	0.45	5.79
		53.	1.72	20.3		16.				
		504.	22.42	23.8		218.				
55.	22.4	504.	24.26	24.8	20.6	242.	408.	7.41	0.37	4.84
		40.	1.43	21.4		14.				
		464.	22.83	25.0		228.				
60.	23.0	464.	24.34	25.8	21.2	248.	428.	7.13	0.30	4.01
		30.	1.19	22.4		12.				
		434.	23.15	26.1		236.				
65.	23.5	434.	24.39	26.8	21.7	253.	444.	6.83	0.25	3.29
		23.	0.98	23.2		10.				
		411.	23.41	26.9		243.				
70.	23.9	411.	24.43	27.5	22.0	256.	458.	6.54	0.20	2.67

age years	dom. height (m)	basal area (m ² /ha) number per ha	mean diameter (cm)	mean height (m)	wood volume (m ³ /ha)	total production (m ³ /ha)	mean increment (m ³ /ha/year)	current b.a.- increment	current volume increment
-----------	-----------------	---	--------------------	-----------------	----------------------------------	---------------------------------------	--	-------------------------	--------------------------

JAPANESE LARIKS I(M)MAX = 10 M3/HA/J S = 28.8 m

leeftijd jaren	opperhoogte in m	stamtal per ha	grondvlak m ² /ha	gemidd. diameter in cm	gemidd. hoogte m	spilhout volume m ³ /ha	totale produktie m ³ /ha	gemiddelde aanwas m ³ /ha/J	lopende grondvlak bijgroei	lopende volume bijgroei
15.	11.0	2500.	19.63	10.0	9.5	100.	100.	6.70	0.00	0.00
		804.	4.89	8.8		24.				
		1696.	14.74	10.5		76.				
20.	14.0	1696.	21.94	12.8	12.3	142.	166.	8.32	1.44	13.19
		483.	4.78	11.2		30.				
		1213.	17.16	13.4		112.				
25.	16.6	1213.	23.34	15.7	14.9	178.	232.	9.28	1.24	13.13
		296.	4.33	13.6		32.				
		917.	19.01	16.2		146.				
30.	18.7	917.	24.25	18.4	17.0	207.	294.	9.79	1.05	12.32
		191.	3.82	15.9		32.				
		726.	20.43	18.9		176.				
35.	20.5	726.	24.88	20.9	18.9	232.	350.	9.99	0.89	11.23
		129.	3.35	18.1		30.				
		596.	21.53	21.4		202.				
40.	22.0	596.	25.22	23.2	20.4	251.	399.	9.97	0.74	9.83
		89.	2.84	20.1		27.				
		507.	22.38	23.7		223.				
45.	23.2	507.	25.43	25.3	21.6	266.	441.	9.80	0.61	8.43
		63.	2.39	21.9		24.				
		444.	23.04	25.7		241.				
50.	24.2	444.	25.55	27.1	22.7	277.	477.	9.53	0.50	7.13
		46.	2.00	23.5		21.				
		398.	23.56	27.4		256.				
55.	25.1	398.	25.62	28.6	23.5	286.	507.	9.21	0.41	5.96
		34.	1.66	25.0		18.				
		364.	23.96	28.9		268.				
60.	25.8	364.	25.66	30.0	24.2	293.	531.	8.85	0.34	4.94
		26.	1.38	26.2		15.				
		339.	24.28	30.2		277.				
65.	26.3	339.	25.67	31.1	24.7	298.	552.	8.48	0.28	4.05
		19.	1.14	27.3		13.				
		319.	24.54	31.3		285.				
70.	26.8	319.	25.68	32.0	25.1	301.	568.	8.11	0.23	3.30

age years	dom.height (m)	number per ha	basal area (m ² /ha)	mean diameter (cm)	mean height (m)	wood volume (m ³ /ha)	total production (m ³ /ha)	mean increment (m ³ /ha/year)	current b.a.- increment	current volume increment
--------------	-------------------	------------------	------------------------------------	--------------------------	-----------------------	--	---	--	-------------------------------	--------------------------------

JAPANESE LARIKS I(M)MAX = 12 M3/HA/J S = 31.8 m

leeftijd jaren	opperhoogte in m	stantal per ha	grondvlak m ² /ha	gemidd. diameter in cm	gemidd. hoogte m	spilhout volume m ³ /ha	totale produktie m ³ /ha	gemiddelde aanwas m ³ /ha/J	lopende grondvlak bijgroei	lopende volume bijgroei
10.	8.2	2500.	12.84	8.1	7.0	50.	50.	5.02	0.00	0.00
		128.	0.73	8.5		3.				
		2372.	12.11	8.1		47.				
15.	12.1	2372.	21.51	10.7	10.5	121.	124.	8.25	1.88	14.70
		848.	5.97	9.5		33.				
		1523.	15.54	11.4		88.				
20.	15.4	1523.	23.39	14.0	13.7	167.	202.	10.10	1.57	15.67
		457.	5.36	12.2		37.				
		1067.	18.03	14.7		130.				
25.	18.3	1067.	24.79	17.2	16.5	208.	280.	11.21	1.35	15.62
		276.	4.87	15.0		40.				
		791.	19.92	17.9		168.				
30.	20.6	791.	25.65	20.3	19.0	241.	353.	11.78	1.15	14.66
		175.	4.29	17.7		39.				
		616.	21.35	21.0		202.				
35.	22.6	616.	26.17	23.3	21.0	268.	420.	11.99	0.96	13.25
		116.	3.72	20.2		37.				
		500.	22.45	23.9		231.				
40.	24.2	500.	26.47	26.0	22.8	290.	478.	11.95	0.80	11.65
		79.	3.18	22.6		34.				
		421.	23.30	26.5		256.				
45.	25.6	421.	26.66	28.4	24.2	306.	528.	11.74	0.67	10.08
		56.	2.70	24.8		30.				
		365.	23.95	28.9		276.				
50.	26.7	365.	26.72	30.5	25.3	319.	571.	11.42	0.55	8.53
		40.	2.26	26.7		26.				
		324.	24.47	31.0		293.				
55.	27.6	324.	26.74	32.4	26.3	328.	607.	11.05	0.46	7.15
		30.	1.88	28.4		22.				
		295.	24.87	32.8		306.				
60.	28.4	295.	26.73	34.0	27.0	336.	636.	10.60	0.37	5.91
		22.	1.56	29.9		19.				
		273.	25.18	34.3		317.				
65.	29.0	273.	26.71	35.3	27.6	341.	660.	10.16	0.31	4.85
		17.	1.29	31.3		16.				
		256.	25.43	35.6		325.				
70.	29.5	256.	26.68	36.4	28.1	345.	680.	9.72	0.25	3.96

age years	dom.height (m)	number per ha	basal area (m ² /ha)	mean diameter (cm)	mean height (m)	wood volume (m ³ /ha)	total production (m ³ /ha)	mean increment (m ³ /ha/year)	current b.a.- increment	current volume increment
--------------	-------------------	------------------	------------------------------------	--------------------------	-----------------------	--	---	--	-------------------------------	--------------------------------

JAPANESE LARIKS I(M)MAX = 14 M3/HA/J S = 34.4 m

leeftijd jaren	opperhoogte in m	staantal per ha	grondvlak m ² /ha	gemidd. diameter in cm	gemidd. hoogte m	spilhout volume m ³ /ha	totale produktie m ³ /ha	gemiddelde aanwas m ³ /ha/J	lopende grondvlak bijgroei	lopende volume bijgroei
10.	8.9	2500.	14.53	8.6	7.7	61.	61.	6.13	0.00	0.00
		345.	1.65	7.8		7.				
		2155.	12.88	8.7		55.				
15.	13.1	2155.	23.10	11.7	11.4	140.	147.	9.80	2.04	17.16
		802.	6.70	10.3		40.				
		1354.	16.40	12.4		101.				
20.	16.7	1354.	24.89	15.3	15.0	192.	238.	11.90	1.70	18.18
		422.	5.98	13.4		45.				
		931.	18.91	16.1		147.				
25.	19.8	931.	26.22	18.9	18.1	237.	328.	13.14	1.46	18.09
		251.	5.42	16.6		48.				
		680.	20.80	19.7		190.				
30.	22.3	680.	26.99	22.5	20.8	275.	413.	13.77	1.24	16.95
		157.	4.76	19.7		47.				
		523.	22.22	23.3		227.				
35.	24.5	523.	27.42	25.8	23.0	304.	490.	13.99	1.04	15.31
		103.	4.12	22.6		44.				
		420.	23.30	26.6		260.				
40.	26.2	420.	27.65	28.9	24.9	327.	557.	13.93	0.87	13.47
		70.	3.52	25.4		40.				
		351.	24.13	29.6		287.				
45.	27.7	351.	27.77	31.8	26.5	345.	615.	13.68	0.73	11.67
		49.	2.99	27.9		36.				
		302.	24.77	32.3		309.				
50.	28.9	302.	27.77	34.2	27.8	358.	665.	13.30	0.60	9.87
		35.	2.50	30.2		31.				
		267.	25.27	34.7		327.				
55.	29.9	267.	27.73	36.4	28.8	368.	706.	12.84	0.49	8.26
		25.	2.08	32.3		27.				
		241.	25.65	36.8		342.				
60.	30.7	241.	27.68	38.2	29.6	376.	740.	12.34	0.40	6.84
		19.	1.72	34.1		23.				
		222.	25.95	38.6		353.				
65.	31.4	222.	27.61	39.8	30.3	381.	768.	11.82	0.33	5.62
		14.	1.42	35.8		19.				
		208.	26.19	40.0		362.				
70.	31.9	208.	27.55	41.0	30.8	385.	791.	11.31	0.27	4.59
age years	dom.height (m)	basal area number per ha	basal area (m ² /ha)	mean diameter (cm)	mean height (m)	wood volume (m ³ /ha)	total production (m ³ /ha)	mean increment (m ³ /ha/year)	current b.a.- increment	current volume increment