

DE OOGST VAN BIOMASSA IN DUNNINGEN EN DE GEVOLGEN VOOR DE
BODEMVRUCHTBAARHEID

P.D. Kofman

RIJKSINSTITUUT VOOR ONDERZOEK IN DE BOS- EN
LANDSCHAPSBOUW "DE DORSCHKAMP"
WAGENINGEN

Rapport nr. 335

1983

VOORWOORD

Het onderzoek naar de gevolgen van de toepassing van de boom-methode in dunningen heeft alleen kunnen plaatsvinden dankzij de medewerking van vele instellingen en firma's. Zij waren:

Het Kroondomein, W.G. Arentsen voor het beschikbaar stellen van

7 opstanden

Staatsbosbeheer, G.A. Van der Velde voor het beschikbaar stellen van

1 opstand

Het IMAG, Wageningen

voor het beschikbaar stellen van de weegapparaat en het vervoer van machines en tractoren

De firma Gebr. Zweverink,
Hoog Soeren

voor hun inzet bij het verhuur van de trekker met kraan op vaak zeer korte termijn

De firma Stierman, Soest

voor het verhuur van de Jean Pain compostmachine

De PBC Arnhem, Schaarsbergen

voor het beschikbaar stellen van een trekker met tang

Wij danken hen voor hun medewerking.

INHOUD

blz.

Samenvatting	7
1. Inleiding	9
2. Doel van het onderzoek	11
3. Onderzoeksmethode	12
3.1. Vier stromen	12
3.1.1. Stroom 1 dunningsbomen wegen	12
3.1.2. Stroom 2 dunningsbomen analyse	13
3.1.3. Stroom 3 grondvlakmiddenbomen analyse	14
3.1.4. Stroom 4 bodemkundige aspecten	14
3.2. Aantal opstanden	15
3.3. Het aantal bomen per stroom	16
4. Het onderzoek	18
4.1. Opstandsbeschrijving	18
4.2. Uitvoering	20
5. Resultaten van het onderzoek	29
5.1. Resultaten van het wegen en meten	29
5.2. Resultaten van de drogestofbepalingen	37
5.3. Resultaten van de voedingsstoffenanalyse	41
5.4. Resultaten van het bodemkundig onderzoek*	46
5.4.1. Bodemvruchtbaarheid	46
5.4.2. Minerale voedingsstoffen in de bewortelde zone	47
5.4.3. Hoeveelheid ruwe humus en de daarin aanwezige minerale voedingsstoffen	48
5.4.4. Totale voorraden in bewortelde zone en ruwe humus	49
5.4.5. De invloed van de bodemvruchtbaarheid op de samenstelling van het stamhout	50
5.4.6. Vergelijking van minerale voedingsstoffen in opstand en bodem	50
6. Bespreking resultaten	52
7. Conclusies	57
8. Literatuur	59

Bijlage 1. Biomassaverdeling	
2. Tabel 1 Gemiddelde waarden voor alle weeg- en meetcijfers per stroom en opstand	
3. Correcties op de drogestofgehalten	

* geschreven door J. van den Burg

SAMENVATTING

Het doel van het onderzoek was vast te stellen wat de extra onttrekking is aan biomassa en aan voedingsstoffen als in dunningen wordt overgegaan van de traditionele langhout- of korthoutmethode op de boommethode.

In een achttal opstanden van fijnspar, groveden, douglas en Japanse lariks is onderzoek verricht naar de gevolgen van de toepassing van de boommethode in dunningen. Per houtsoort zijn twee opstanden uitgezocht, waarvan de jongste een eerste of tweede dunning moest representeren en de oudste een latere dunning.

In elke opstand is het versgewicht van 24 dunningsbomen bepaald vóór en na het uitslepen. Ook is het versgewicht van de afgetopte uitgesleepte boom bepaald en het versgewicht van de stam. De verkregen gegevens zijn statistisch verwerkt. Gebleken is dat er een goede correlatie bestaat tussen de dbh of het volumewerkhout met zowel het versgewicht van de boom als het versgewicht van de kroon. Tussen de dbh of het volumewerkhout en de hoeveelheid tijdens het slepen verloren takken bestond weinig correlatie. Eveneens zijn in elke opstand tien dunningsbomen en vijf grondvlakmiddenbomen geveld om monsters te trekken uit de kroon en de stam. De kroon werd hiertoe in zijn geheel fijngemalen, waarna een monster getrokken werd. Met behulp van deze monsters is het drogestofgehalte en het gehalte aan voedingsstoffen van zowel de stam als de kroon bepaald (tabel 14). De vijf grondvlakmiddenbomen dienden om de biomassa van de opstand te bepalen.

Gebleken is dat door de toepassing van de boommethode afhankelijk van de houtsoort en de leeftijd van de opstand 8 tot 43% (tabel 16) meer biomassa wordt onttrokken ten opzichte van de langhoutmethode. Vooral bij fijnspar en in jonge opstanden is de extra onttrekking het grootst. Deze conclusie geldt ook, maar in versterkte mate voor de extra onttrekking aan voedingsstoffen. Deze extra onttrekking is het sterkst voor stikstof, oplopend tot 250% meer dan bij de langhoutmethode (tabel 21).

In alle opstanden is ook een bodemkundig onderzoek uitgevoerd om de relatie tussen de bodem en de erop groeiende opstand vast te stellen. Zowel de ruwe humus als de bewortelde zone zijn bemonsterd en deze monsters zijn geanalyseerd (tabellen 24 t/m 28).

Als we de onttrekking aan voedingsstoffen bij toepassing van de boommethode vergelijken met de voorraad in de bodem en de ruwe humus, blijkt dat we slechts enkele procenten onttrekken (tabel 31). Wel is duidelijk dat door toepassing van de boommethode beduidend meer wordt onttrokken dan bij de langhoutmethode. Gemiddeld over alle opstanden en voedingsstoffen twee maal zoveel. Ten opzichte van de voorraad in de bodem en ruwe humus is de onttrekking aan stikstof, kalium en calcium groter dan die aan fosfor en magnesium. Door het toppen van de bomen in de opstand wordt de extra onttrekking ten opzichte van de boommethode gehalveerd.

De resultaten van dit onderzoek laten zien wat er aan biomassa en voedingsstoffen aan naaldhoutopstanden wordt onttrokken, indien in ons land de boommethode wordt toegepast. Voor een definitieve beoordeling van de gevolgen van deze oogstmethode is het nu nog te vroeg. Nader onderzoek van de voedingsstoffenkringloop is hiervoor nodig.

1. INLEIDING

Toepassing van de boommethode in dunningen heeft zowel voordelen als nadelen. Voordelen zijn o.a. de vaak veel lagere oogstkosten door het ontbreken van het snoeiwerk en een hogere opbrengst aan biomassa. Juist deze hogere opbrengst aan biomassa kan echter het grootste nadeel vormen, doordat zich in de kroon en vooral in de naalden de meeste voedingsstoffen bevinden. Een ander nadeel zou de aanwezigheid van de takken met naalden op een centrale opwerkplaats kunnen vormen. Vooral de naalden vormen een probleem als dit takmateriaal verspaand zou worden en worden aangeboden aan de papier- of spaanplaatindustrie. Voor gebruik in met chips gestookte verwarmingsinstallaties vormen de naalden en schors geen probleem.

In onderzoekproject 177 van De Dorschkamp wordt gekeken naar de gevolgen op lange duur als de boommethode wordt toegepast op kaalslagen. In dit onderzoekproject 189 gaat het echter specifiek om de extra onttrekking ten gevolge van de toepassing van de boommethode in dunningen.

In de afgelopen vijf jaar heeft de Afdeling Bedrijfskunde van De Dorschkamp aan een vijftal houtoogstmachines onderzoek verricht. Eén van de bij deze onderzoeken toegepaste methoden was het opwerken van langs de wegen voorgeconcentreerde bomen. Het kapafval (takken plus top) bleef hierbij in een strook van ca. 5 m breed in de opstand langs de weg achter. Om een indruk te krijgen hoeveel materiaal het betrof en hoeveel er verspreid in het bos achterbleef is een vooronderzoek gehouden om een meetmethode te vinden.

Vlak na dit vooronderzoek kwam een grote houthandel bij De Dorschkamp met het verzoek om uit te zoeken wat de gevolgen zouden zijn van het snoeien van dunningsbomen op een centrale werf. Hierbij zouden het vellingswerk, het uitslepen, het transport naar en de verwerking op het rondhoutsorteerbedrijf bestudeerd worden in directe vergelijking met het traditionele langhoutsysteem.

Daarnaast was het nodig om uit te zoeken hoeveel biomassa en voedingsstoffen er extra onttrokken zouden worden bij de toepassing van de boommethode. De in het vooronderzoek opgedane ervaring kwam hierbij goed van pas.

Gedwongen door de economische teruggang moest de houthandel echter haar aandeel in het onderzoek laten schieten, zodat alleen een

studie is gemaakt van de onttrekking van biomassa en voedingsstoffen uit dunningen.

In dit verslag zullen achtereenvolgens de onderzoeksmethode worden besproken gevolgd door de resultaten van het veldwerk en het laboratoriumonderzoek. In een afsluitend hoofdstuk zullen de resultaten besproken worden en waar mogelijk vergeleken met buitenlandse resultaten. De uitvoering van het onderzoek is vastgelegd op foto en film.

2. DOEL VAN HET ONDERZOEK

In het onderzoek zijn drie oogstmethoden toegepast namelijk de langhoutmethode, de boommethode en een variant van de laatste waarbij de boom in de opstand wordt afgetopt.

Het doel van het onderzoek was vast te stellen wat de extra onttrekking is aan biomassa en aan voedingsstoffen als in dunningen wordt overgegaan van de traditionele langhout- of korthout-methode op de boommethode.

De door de oogst onttrokken hoeveelheden biomassa c.q. voedingsstoffen worden in relatie gebracht met de hoeveelheden die zich in de opstand bevinden en voor zover het voedingsstoffen betreft ook met die zich in de ruwe humus en de bewortelde zone bevinden.

3. ONDERZOEKSMETHODE

Het onderzoek viel uiteen in vier stromen die veelal ook gescheiden werden uitgevoerd.

In stroom 1 werd het eigenlijke doel van het onderzoek nagestreefd namelijk uitvinden hoeveel biomassa er extra wordt onttrokken als de dunning wordt uitgevoerd volgens de boommethode.

In stroom 2 werd vastgesteld wat het gehalte aan drogestof en voedingsstoffen is van het onttrokken materiaal. Hiervoor konden niet dezelfde bomen worden gebruikt als uit stroom 1 omdat daar al een deel van de kroon verloren was gegaan en omdat er zand en humus aan de bomen hing door het uitslepen.

In stroom 3 werd vastgesteld wat de hoeveelheid biomassa en voedingsstoffen van de opstand is om de gegevens van stroom 1 en 2 in perspectief te plaatsen.

Stroom 4 diende ervoor om de bodemkundige gegevens van de opstanden vast te leggen, zodat de gegevens van 1, 2 en 3 hiermee vergeleken kunnen worden.

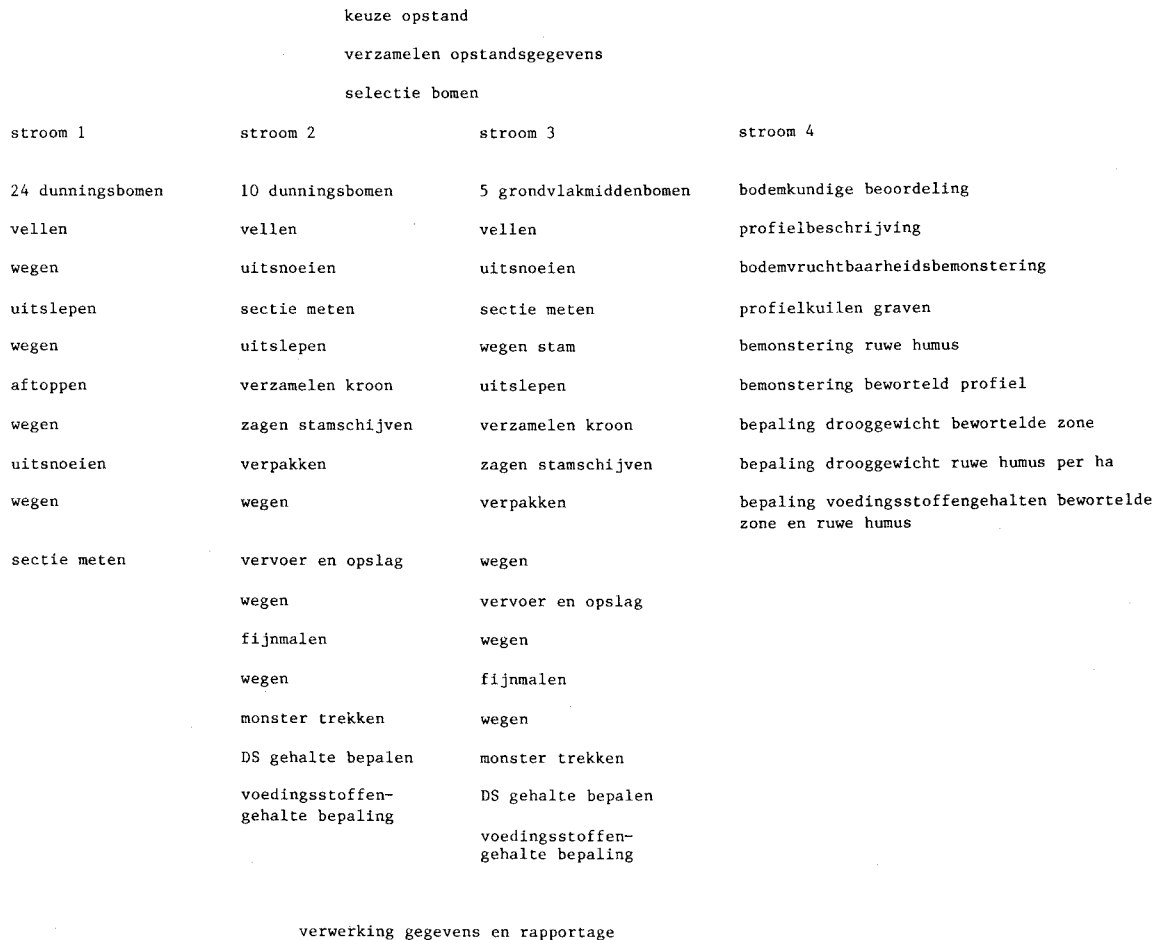
3.1. De vier stromen nader bezien

In het stroomdiagram, (afb. 1) zijn met kernwoorden de handelingen aangegeven. In het onderstaande zullen de handelingen nader worden toegelicht.

3.1.1. Stroom 1: dunningsbomen wegen

De bomen van deze stroom werden geveld als hun kronen droog waren en als te verwachten viel dat het de rest van de dag droog zou blijven. Takken die tijdens het vellen afbraken werden weer op de boom gelegd. Zo snel mogelijk na het vellen werd de boom in zijn geheel gewogen en dan uitgesleept. Daarna werden ze langs de weg gewogen na enigszins te zijn uitgeschud om los zand en ruwe humus te verwijderen. Na het wegen werden de bomen afgetopt en opnieuw gewogen, dan gesnoeid en ten laatste male gewogen. Na al deze handelingen werd de stam gemeten volgens de sectiemethode. Mocht de top tijdens het slepen afbreken

afb. 1. Stroomdiagram onderzoek



dan werd deze voor het meten weer opgezocht en bij de rest van de top gevoegd. De bastdikte over het verloop van de stam werd eveneens vastgelegd.

3.1.2. Stroom 2: dunningsbomen analyse

Ook deze bomen werden geveld als hun kroon droog was. De boom werd ter plekke gesnoeid en er werden sectiemetingen verricht. De gehele kroon inclusief het dode takhout werd op een groot zeil verzameld en met de motorzaag klein gezaagd. De aldus ontstane stukjes werden in plastic zakken gestopt en zoveel mogelijk luchtdicht verpakt. De zakken werden zorgvuldig voorzien van opstands-, boom- en volgnummer en

gewogen. Van de stam werden schijven gezaagd, één van de voet, één van de top en één uit het midden. De schijven waren zo'n 10 cm dik. Ook de schijven werden in plastic zakken verpakt en gewogen.

Alle zakken uit de opstanden werden naar een centrale plaats gebracht in afwachting van het fijnmalen.

Helaas was het niet mogelijk om het kroonmateriaal en de stam-schijven direct na het vellen fijn te malen om er een monster uit te trekken. Gezien het vaak slechte weer strekte het vellingswerk zich uit over vier maanden en was het financieel niet haalbaar al die tijd een trekker met de verspaanmachine beschikbaar te hebben.

Voor het verspanen werden alle zakken opnieuw gewogen. Per opstand werd zowel uit het kroonmateriaal als van het stamhout een monster getrokken zodat het niet noodzakelijk was de zakken per boom gescheiden te verwerken. Na het vermalen werd het fijngemalen kroonmateriaal en stamhout opnieuw gewogen en werd het monster getrokken.

Dit monster werd weer luchtdicht verpakt en nog dezelfde dag bij het laboratorium ingeleverd. Na weging werd het daar in een droogstoof bij 105^o gedroogd ter bepaling van het drogestofgehalte^{*)}. Het droge monster ging vervolgens naar het laboratorium voor grond- en gewasonderzoek te Oosterbeek om geanalyseerd te worden op de gehalten aan stikstof (N), fosfor (P), kalium (K), calcium (Ca) en magnesium (Mg).

3.1.3. Stroom 3: grondvlakmiddenbomen analyse

De bomen in deze stroom ondergingen dezelfde behandeling als die van stroom 2 met toevoeging van het wegen van de stam.

3.1.4. Stroom 4: bodemkundige aspecten

In deze stroom werden de bodemkundige aspecten van de opstand onderzocht. Begonnen werd met een profielbeschrijving door op een aantal plaatsen verspreid over de opstand met een grondboor te boren. Daarna werd het bodemvruchtbaarheidsniveau, de hoeveelheid en de samenstelling van de ruwe humus en de voorraden N, P, K, Ca en Mg in de bewortelde zone bepaald.

Het bodemvruchtbaarheidsniveau van de onderzochte opstanden is voor de karakterisering van de opstand bepaald door analyse van een grondmonster per opstand. Dit grondmonster was samengesteld uit 25

*) Drogestofgehalte = $\frac{\text{hoeveelheid drogestof}}{\text{versgewicht}} \times 100\%$

steken van de minerale bovengrond (0-25 cm). De grondmonsters zijn geanalyseerd naar granulaire samenstelling, organisch stofgehalte, pH-KCl, N-totaal, P-totaal en N-organisch.

Per opstand is een monster van de ruwe humus genomen, dat bestond uit een mengmonster van tien steken, verzameld met een metalen cylinder die een oppervlakte heeft van 100 cm^2 . Uit de oppervlakte van het monster ($10 \times 100 = 1000 \text{ cm}^2$) en uit het drooggewicht van het monster is de hoeveelheid ruwe humus (droge stof, ton/ha) te berekenen. De ruwe humusmonsters zijn geanalyseerd voor pH-KCl, organische stofgehalte (gloeiverlies), en de totale gehalten aan N, P, K, Ca en Mg.

De voorraden aan N, P, K, Ca en Mg in de bewortelde zone zijn bepaald door grondmonstername in profielkuilen. Per opstand werd in het midden ervan een profielkuil gegraven met een diepte tot minstens de onderkant van de bewortelde zone (in de Japanse lariksopstand van Uddel-Oost vak 9 zijn twee profielkuilen gegraven omdat van een gedeelte van de opstand de Al-horizont in dikte was verminderd door afschuiven van de bovenzijde ervan; dit bovengrondmateriaal was gebruikt om als kogelvanger te dienen). Per profielkuil werden de horizonten tot aan de onderzijde van de beworteling afzonderlijk bemonsterd door middel van ringmonsters ter bepaling van het volumegewicht. Per monster zijn bepaald de totale N-, P-, K-, Ca-, en Mg-gehalten. Daaruit zijn met behulp van het volumegewicht de totale hoeveelheden aan minerale voedingsstoffen in de bewortelde zone bepaald.

De bemonstering is op 16 maart 1982 uitgevoerd.

3.2. Aantal opstanden

Er werd vanuit gegaan dat de meest voorkomende naaldhoutsoorten in het onderzoek betrokken moesten worden. Daarom is het onderzoek uitgevoerd aan fijnspar, groveden, douglas en Japanse lariks. Daar te voorzien was dat het onderzoek zeer tijdrovend zou zijn, konden per houtsoort niet meer dan twee opstanden worden gekozen. Besloten werd een wat jongere opstand (1e of 2e dunning) en een wat oudere (3e of 4e dunning) uit te zoeken. Alle opstanden liggen midden op de Veluwe namelijk zeven op het Kroondomein en één in de boswachterij Garderen van Staatsbosbeheer. Zeer veel opstanden werden bekeken voordat de uiteindelijke keus bepaald kon worden. De opbouw van de opstand moest gelijkmatig zijn zonder grote stormgaten, bij voorkeur zonder ondergroei

en de bomen moesten zoveel mogelijk van gelijke leeftijd zijn. Er moest geen sprake zijn van echt achterstallig onderhoud. In het kort gezegd: de opstanden moesten representatief zijn voor hun soort en leeftijd.

3.3. Het aantal bomen per stroom

Voor het eigenlijke onderzoek begon is een klein vooronderzoek gehouden om een werkmethode te ontwikkelen. Er werden in een douglas-opstand dertien bomen gewogen, uitgesleept, opnieuw gewogen, afgetopt, gewogen, gesnoeid en gewogen. De gegevens van dit vooronderzoek leerde ons na statistische bewerking dat wilden we de spreiding voor het kroongewicht kleiner houden dan 7,5 kg dan moesten 25 bomen gewogen worden. Als er 48 bomen gewogen zouden worden zou de spreiding tot 5 kg beperkt kunnen worden. Uit overwegingen van tijd is besloten om in stroom 1 24 bomen op te nemen. Dit was de hoeveelheid die met enige inspanning in één dag geheel afgehandeld kon worden.

In stroom 2 werden voor het nemen van de monsters van de dunning tien bomen opgenomen. Ook hierbij was de factor tijd doorslaggevend. De jongere opstanden konden in één dag geheel afgehandeld worden. In de oudere opstanden, vooral de douglas en fijnspar, duurde de verwerking tenminste twee dagen.

De 34 bomen van stroom 1 en 2 werden gekozen uit de dunningsbomen. De dunning werd over een deel van de opstand geblest en meteen gemeten. Op advies van de afdeling Statistiek werden aan de hand van de meetstaat de bomen gegroepeerd gekozen namelijk voor stroom 1 acht bij de minimum diameter (dbh), acht uit het midden en acht tegen de maximum dbh. Door deze groepering kan bij statische verwerking een betere schatting van de regressiecoëfficiënt gevonden worden. Voor stroom 2 was deze verdeling over de diameterrange van de dunning 3, 4, 3.

Voor de bomen van stroom 3 was wat meer werk vereist. De hele opstand werd geklemd en uit de aldus ontstane meetlijst werd de grondvlakmiddenboom berekend. Deze bomen dienden om de biomassa van en de hoeveelheid voedingsstoffen in de opstand te bepalen. Uit literatuur (Pardé 1980) was bekend dat de biomassa van een opstand eenvoudig aan de hand van de biomassa van de grondvlakmiddenboom kon worden bepaald. Volgens Madgwick (1971) en Pardé 1980 kon worden volstaan met slechts

één boom met het gemiddelde grondvlak. Besloten is om het onderzoek toch aan vijf grondvlakmiddenbomen uit te voeren.

Alle 39 bomen uit het onderzoek dienden gezonde bomen te zijn zonder dubbele top.

In principe werd de opstand volgens het hoogdunningssysteem geblest. In eerste instantie was het de bedoeling onderscheid te maken tussen heersende en onderdrukte bomen. In de meeste opstanden was echter dit onderscheid niet te maken, zodat van deze indeling is afgezien. De dunning werd zo geblest dat ook enkele van de zwaardere bomen uit de opstand geveld moesten worden zodat toch een redelijke verdeling over de diameterrange van de opstand verkregen werd.

4. HET ONDERZOEK

In dit hoofdstuk zullen de opstanden beschreven worden evenals de gevolgde werkmethode met de gebruikte machines en werktuigen.

4.1. Opstandsbeschrijving

Voor fijnspar, groveden, douglas en Japanse lariks zijn elk twee opstanden uitgezocht. De opstandsgegevens staan in tabel 1. Het verschil in leeftijd van de beide Japanse lariksopstanden is kleiner dan de bedoeling was. Bij de beoordeling van de bruikbaarheid van de opstand zijn we misleid door het veel hogere stamtal van Uddel vak 9.

De kiemleeftijd is bepaald aan de hand van een drietal stamschijven per opstand en aan de hand van de opstandslegger. Vaak werden leeftijdsverschillen van twee of meer jaar geconstateerd tussen de opgegeven kiemleeftijd en de gemeten waarde. In dat geval is uitgegaan van de gemeten waarden.

De oudere fijnsparopstand betrof een menging met douglas. Bij alle berekeningen in de volgende hoofdstukken is net gedaan of de douglas ook fijnspar was. Uitgegaan is van het totale stamtal van 666 stuks/ha. Deze opstand is in het onderzoek opgenomen omdat hier vergelijkende tijdstudies zouden worden verricht van de oogst volgens het langhoutstelsel en volgens de boommethode. Dit deel van het onderzoek is echter niet uitgevoerd.

In tabel 2 worden de bodemkundige gegevens weergegeven. Bij het opnemen van het bodemtype en later bij het nemen van de grondmonsters zorgde vak 9 van de Japanse lariks voor een onaangename verrassing. Het bodemtype van het noordelijk deel van de opstand verschilde sterk van het zuidelijk deel. Het noordelijk deel bleek onthoofd te zijn, dat wil zeggen dat de bovenlaag was verwijderd. In het onderzoek zijn uit beide delen, die trouwens niet scherp begrensd zijn, bomen gebruikt. In de berekeningen zal dan ook worden uitgegaan van gemiddelde waarden voor deze opstand voor zover het de bodemkundige gegevens betreft.

Tabel 1. Opstandsgegevens

	houtsoort	kiem- leeftijd jr.	gemiddelde dbh cm voor dunning	h dom m na dunning	stamtal/ha voor dunning	na dunning	grondvlak m2 voor dunning	diameterrange dunning				
Garderen 137*	fijnspaar	45	19,7	18,8	20,6	18,0	666	234	432	20,30	14,40	12,0 - 25,3
Zeilmeer	fijnspaar	35	14,9	13,3	15,5	15,0	2183	548	1634	38,06	30,83	9,7 - 19,3
Uddel 144	groveden	62	23,8	20,2	24,6	20,7	570	107	462	25,36	21,96	14,8 - 29,7
Uddel 26	groveden	30	10,6	9,0	11,6	12,5	2960	1285	1675	26,12	17,70	7,4 - 14,4
Uddel 43	douglas	45	25,4	19,5	27,6	23,8	634	193	441	32,13	26,38	13,6 - 31,8
Uddel 16	douglas	34	16,2	12,9	17,4	18,0	1677	542	1135	34,57	26,99	7,4 - 22,1
Uddel 37	jap.lariks	38	19,3	17,5	19,7	21,4	1084	212	872	31,71	26,58	10,2 - 28,9
Uddel 9	jap.lariks	35	14,3	12,0	14,7	16,6	1677	280	1396	26,93	23,69	8,0 - 17,4

* het betreft een gemengde opstand met douglas

Tabel 2. Bodemkundige gegevens

opstand	bodemsubgroep	grondwater- trap	granulaire samenstelling	bewerkings- diepte (cm)	diepte beworteld profiel (cm)	bijzonderheden
Garderen 137	kamppodzolgrond	VII	sterk lemig, matig fijn zand	40-50	70	landbouwvoorbouw
Zeilmeer	haarpodzolgrond in dekzand	VII	zwak lemig, matig fijn zand	40	75	landbouwvoorbouw
Uddel 144	holtpodzolgrond in verspoeld preglaciaal	VII*	leemarm, fijn tot grof zand	40	120	
Uddel 26	haarpodzolgrond	VII*	leemarm, grof zand	50	120	
Uddel 43	holtpodzolgrond	VII*	leemarm, matig fijn zandig	30	125	
Uddel 16	holtpodzolgrond	VII*	zwak lemig, matig fijn tot grof zand	40	50	landbouwvoorbouw
Uddel 37	haarpodzolgrond	VII	leemarm, matig fijn zand dieper dan 70 cm matig fijn lemig zand	50	70	briklaag
Uddel 9 noord- zijde	haarpodzolgrond	VII*	leemarm tot zwak lemig, matig fijn tot grof zand	-	60	gedeelte- ontheofd
Uddel 9 zuid- zijde	holtpodzolgrond	VII*	leemarm tot zwak lemig, matig fijn tot grof zand	-	80	plaatse- briklaag

4.2. Uitvoering

Het onderzoek werd uitgevoerd in de winter van 1981 in de periode januari tot april. Alle bomen bevonden zich in deze tijd van het jaar nog in winterrust. De Japanse lariks had in deze tijd uiteraard geen naalden.

In eerste instantie werd een groot aantal opstanden bekeken die op de nominatie stonden om gedund te worden. De opstanden die werden uitgekozen werden gemeten zowel naar diameter als naar opperhoogte. Dan werd de dunning getekend en meteen geklemd. Uit de klemstaat van de dunning werden de 34 bomen gehaald die benodigd waren voor stroom 1 en 2. Uit de klemstaat van de hele opstand werden de vijf opstandsmiddenbomen gehaald voor stroom 3.

De uitgekozen bomen werden duidelijk gemarkeerd om te zien tot welke stroom zij behoorden.

Meestal werd in een opstand met het uitvoeren van het wegen van de bomen van stroom 1 begonnen. Vlak voor het vellen werden alle gemerkte bomen in de opstand genummerd van 1-24 (dunningsbomen wegen), 25-34 (dunningsbomen analyse) en 35-39 (opstandsmiddenbomen).

Met behulp van een motorzaag werden de bomen 1-24 geveld. Het wegen van de bomen werd gedaan met een elektronische trekkrachtopnemer die aan de bek van een hydraulische kraan hing (afb. 2). Deze trekkrachtopnemer was geleend van het IMAG. De kraan was opgebouwd aan een zware vierwielaangedreven trekker, en had voldoende reikwijdte en hefvermogen om zelfs de zwaarste boom (bijna 800 kg) op te tillen. Elke boom werd met twee nylonhijsbanden aan de trekkrachtopnemer gehangen en dan zo hoog opgetild dat hij geheel vrij van de grond hing. Met aflezen werd gewacht tot de boom stil hing. Hierna werd de boom al naar gelang de aanwezige ruimte uitgesleept met een trekker met tang of met een paard. De chauffeur was geïnstrueerd net zo te slepen alsof het langhout betrof. Hij moest dus zeker niet voorzichtig doen om te voorkomen dat er takken zouden afbreken. Wel werd hem gevraagd om de top mee te nemen mocht deze breken, dit ten behoeve van de sectiemetingen.

Op de weg werden de bomen dan opnieuw gewogen (afb. 3). Ze werden eerst even uitgeschud om zand en ruwe humus te verwijderen. Terwijl de boom nog in de hijsbanden hing werd deze afgetopt op ca. 7 cm Ø en opnieuw gewogen. Dan liet de chauffeur de boom zover zakken dat deze makkelijk met de motorzaag gesnoeid kon worden. De kale stam werd dan



afb. 2. Wegen van de boom in de opstand met de trekkrachtopnemer aan de kraan.



afb. 3. Wegen van de boom aan de weg, na het slepen.

gewogen. Daarna werd de stam weggelegd samen met de daarbij behorende top voor het verrichten van sectiemetingen.

De resultaten van het wegen worden weergegeven in hoofdstuk 5.1. De trekkrachtopnemer had een nauwkeurigheid van + of - 5 kg. Deze afwijking was constant òf naar boven òf naar beneden, zodat alle wegen van eenzelfde boom dezelfde meetfout hadden.

Voor deze fase van het onderzoek waren vijf tot zes man nodig, namelijk één voor het vellingswerk, twee voor het wegen, twee trekkerchauffeurs (waarvan één alleen 's ochtends) en één voor het sectie meten.

In de tweede fase van de uitvoering werden de bomen uit stroom 2 en 3 geveld. De bomen werden stuk voor stuk geheel afgehandeld. De bomen werden geveld en heel voorzichtig en zorgvuldig met de motorzaag gesnoeid. Al het takhout (ook de dode takken) werd op een groot zeil verzameld (afb. 4), terwijl de boom gemeten werd. De top werd dan ook op het zeil gelegd. Het verzamelde tak- en tophout werd dan met de motorzaag klein gezaagd tot stukjes van ca. 10 cm lengte. Dit materiaal



afb. 4. Verzamelen van de takken van de bomen van stroom 2 en 3 op het zeil.



afb. 5. Wegen van de zakken met fijngezaagd kroonmateriaal direkt na het verpakken.

werd in grote plastic zakken verpakt die werden voorzien van opstands-, boom- en volgnummer. Mocht er een gaatje in de zak komen dan werd dit met breed plakband gedicht. De zakken werden met een ijzerdraadje zoveel mogelijk luchtdicht afgesloten en bovendien voorzien van een gekleurd label met daarop opstands-, boom- en volgnummer. De zakken werden naar de weg gedragen en daar gewogen met een snelweger



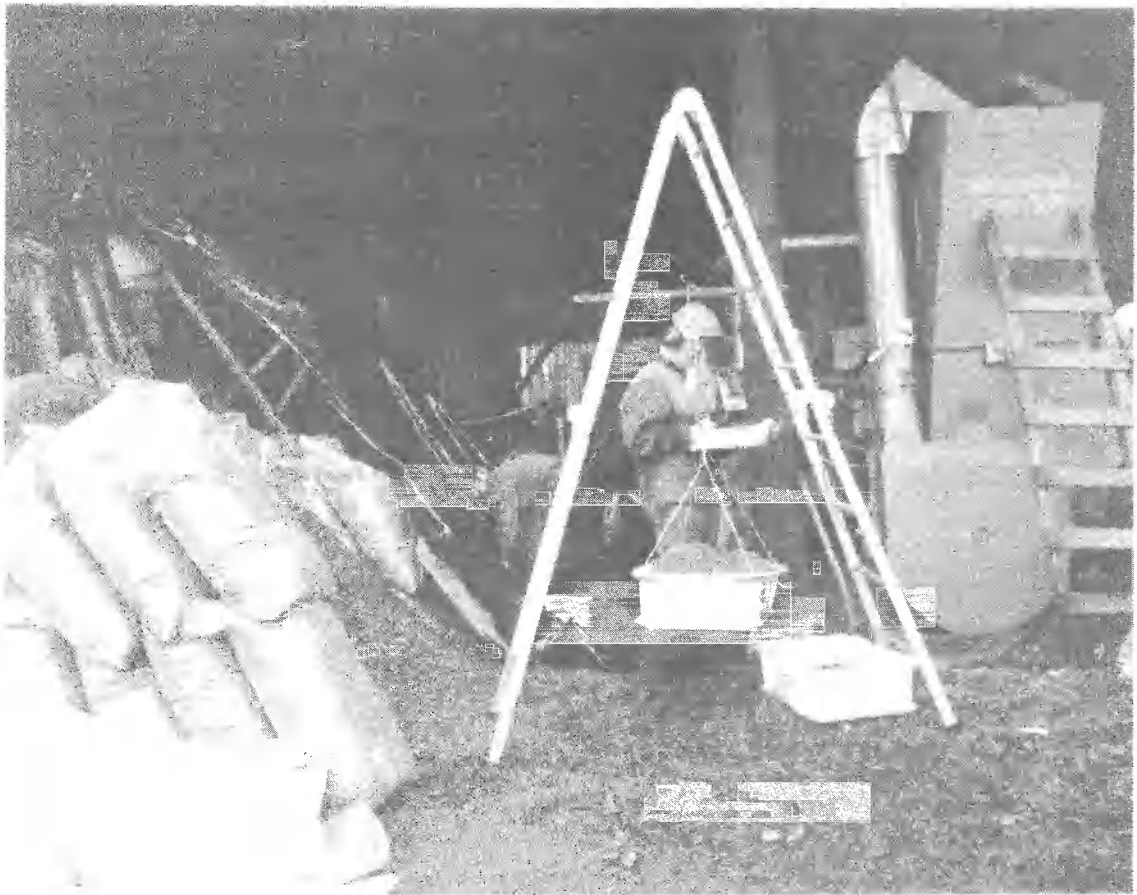
afb. 6. Verspanen en malen van het kroonmateriaal met een compostmachine.

die aan een tak of iets dergelijks werd opgehangen (afb. 5). De snelweger had een weegbereik van 0-25 kg met een nauwkeurigheid van 50 gram. Daarna werden de zakken met een aanhanger of een busje naar een centrale plaats gebracht omdat al snel bleek dat wilde zwijnen bij voorkeur onder de zakken willen wroeten.

Van de vijf grondvlakmiddenbomen werd ook de stam in zijn geheel nog gewogen. Van alle vijftien bomen uit stroom 2 en 3 werden stamschijven gezaagd en wel één van de voet, één van de top en één uit het midden van het werkhout. Deze schijven werden per boom in een plastic zak verpakt die voorzien was van opstands- en boomnummer. Na het wegen werden ook deze zakken naar de centrale plaats vervoerd.

In het totaal stonden op de verzamelplaats uiteindelijk 550 zakken met kroonmateriaal en 120 zakken met stamschijven. Het kroonmateriaal woog bijna 6000 kg, de stamschijven ca. 600 kg.

Het was de bedoeling al dit materiaal in een zo kort mogelijke tijd fijn te malen. Hiertoe werd een compostmachine gehuurd, die het materiaal eerst verspaant en via een bunker boven op de machine hermaalt tot het zo fijn is als gewenst (afb. 6). Om er zeker van te zijn



afb. 7. Wegen van het kroonmateriaal na het verspanen.

dat de zakken geen vocht verloren hadden werden ze voor het malen opnieuw gewogen. Na het malen werd de hele massa nogmaals gewogen.

Het materiaal werd daartoe in een plastic bak (met bekend gewicht) geschept die aan de snelweger werd gewogen. (afb. 7). Per bak werd dan een handje materiaal genomen voor het mengmonster. Het materiaal was echt goed gemengd omdat zakken van meer dan één boom per lading van de machine werden gemalen. Na het malen werd dan nog het materiaal omgeschept om de fijne en grovere delen te mengen en dan werd het in de bakken geschept. Pas dan werd het monster getrokken.

Deze omslachtige methode werd gekozen omdat er geen andere goede methode is om monsters te nemen uit de kroon. Het volume van de kroon is onbekend.

Van het kroonmateriaal werden 2 x 8 monsters getrokken (stroom 2 en stroom 3) en van de stam ook 2 x 8 (weer stroom 2 en 3). In het totaal werd ca. 133 kg veldvochtig monster ingeleverd bij het laboratorium verdeeld over 32 monsters.

Dit onderdeel van het onderzoek was het werk van vier man, één die de boom velde, snoeide en het kroonmateriaal klein zaagde, twee

die het kroonmateriaal verzamelden en in zakken verpakte, en één die sectiemetingen aan de bomen verrichtte en hielp bij het wegen. Het fijnmalen van het kroonmateriaal werd met een compostmachine door drie man gedaan, twee man voor het herhaaldelijk wegen en het openen van de zakken en één man voor het eigenlijke malen.

In het laboratorium werden het drogestofgehalte en N-, P-, K-, Ca- en Mg-totaal bepaald. De resultaten van deze bepalingen worden resp. in hoofdstuk 5.2. en 5.3. weergegeven.

Als laatste werden alle opstanden bodemkundig beoordeeld (stroom 4). Met een grondboor werd op verschillende plaatsen het bodemprofiel bekeken. Later werd per opstand één profielkuil gegraven, behalve in de probleemopstand Uddel 9 waar twee kuilen werden gegraven. In de profielkuilen werden ringmonsters genomen van het bewortelde profiel. Voor het bepalen van de bodemvruchtbaarheid zijn de opstanden volgens een willekeurig patroon bemonsterd (0-25 cm). Voor het bepalen van de hoeveelheid voedingsstoffen in de ruwe humus is deze ook volgens een willekeurig patroon bemonsterd.

De resultaten van de analyses van al deze monsters wordt weergegeven in hoofdstuk 5.4.

Als we naderhand terugkijken op de uitvoering van het veldwerk van het onderzoek kunnen we nagaan hoeveel mandagen er per opstand nodig waren:

Stroom 1:	24 bomen vellen, wegen en uitslepen	5,5 mandag 1,5 dag trekker
Stroom 2 en 3:	15 bomen vellen en inpakken kroonmateriaal en stamschijven wegen en malen	8 mandagen 1,5 mandag 0,5 dag trekker
Stroom 4:	bodemkundige beoordeling profielkuilen graven, monsters nemen	1 mandag

Totaal zouden onder gunstige omstandigheden dus 128 mandagen in het totaal voor acht opstanden of 16 mandagen per opstand benodigd zijn. In de praktijk waren het er meer doordat het weer in de proefperiode lang niet altijd meewerkte. In eerste instantie was gedacht het onderzoek uit te voeren in januari/februari 1981, maar het liep uit tot eind april voordat alle bomen waren geveld.

Tabel 3. Overzicht van maten en gewichten van alle opstanden

	Garderen			fijnspar			Zeilmeer			vak 144			groveden			vak 26			douglass			vak 16			vak 37			jap. lariks			vak 9		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
dhb* cm	18,4	18,4	19,9	13,8	13,6	14,6	20,8	21,2	24,4	10,3	9,7	10,5	20,6	20,8	25,5	13,8	13,6	16,3	18,3	18,2	19,7	12,3	12,2	14,1									
hoogte m	16,2	16,0	16,8	13,8	14,3	14,6	18,2	18,6	19,9	11,6	11,6	11,3	21,2	21,0	22,6	14,0	13,5	15,5	19,5	19,2	19,8	14,9	14,0	15,9									
werkhoutlengte m	12,9	12,9	13,5	10,1	10,4	11,3	14,7	15,5	16,8	7,0	6,9	7,5	16,3	16,5	18,9	8,3	7,7	11,1	15,1	15,2	16,1	10,3	9,2	11,5									
inhoud** werk- hout dm ³	235	230	260	111	115	132	283	318	420	45	40	48	334	334	519	107	91	133	275	262	304	90	80	120									
gewicht boom kg	305	-	302	128	-	155	288	-	410	59	-	64	306	-	463	117	-	153	268	-	283	91	-	128									
gewicht *** kroon kg	86	69	91	39	47	46	64	53	64	20	16	19	70	77	103	40	47	45	37	37	46	18	20	25									

* met bast

** volgens kegelformule, afgetopt op 7 cm Ø

*** inclusief dode takken

**** 1 = 24 dunningsbomen wegen

2 = 10 dunningsbomen analyse

3 = 5 grondvlakmiddenbomen analyse

5. RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK

Alle bij het wegen en meten verzamelde gegevens zijn statistisch verwerkt. De resultaten van deze verwerking worden behandeld in hoofdstuk 5.1. In hoofdstuk 5.2. worden de resultaten van de drogestofbepalingen behandeld en gecombineerd met de resultaten van 5.1. In het hoofdstuk 5.3. worden de resultaten van de voedingsstoffenanalyses weergegeven en gecombineerd met de gecombineerde resultaten van 5.1. en 5.2.

In het laatste onderdeel van het hoofdstuk worden de resultaten van het bodemkundig onderzoek weergegeven en vergeleken met de gecombineerde gegevens van 5.1., 5.2. en 5.3.

5.1. Resultaten van het wegen en meten

In tabel 3 worden de gemiddelde waarden voor de meest relevante maten en gewichten weergegeven voor de acht opstanden. De gemiddelden van alle maten en gewichten staan in bijlage 2 tabel I.

Vervolgens is berekend of er verband bestaat tussen een aantal variabelen betreffende de hele boom nl.

- dbh met bast en boomgewicht (vers gewicht)
- volume werkhout volgens kegelformule en boomgewicht (vers gewicht)
- hoogte en boomgewicht (vers gewicht)

Deze verbanden zijn eerst uitgerekend per opstand en daarna per houtsoort. Eerst is een lineair verband berekend, daarna een kwadratisch verband.

In tabel 4 worden de waarden van r^2 (het percentage verklaarde variantie) weergegeven van de lineaire en kwadratische regressieanalyses van de gecombineerde gegevens van beide opstanden per houtsoort.

Tabel 4. Waarden van r^2 van de lineaire en kwadratische regressieanalyses voor drie variabelen ten opzichte van het verse boomgewicht

	dbh ten opzichte van het verse boomgewicht		boomhoogte ten opzichte van het verse boomgewicht		inhoud werkhout (m.s.) ten opzichte van het verse boomgewicht	
	lineair	kwadratisch	lineair	kwadratisch	lineair	kwadratisch
fijnspar	0,8908	0,9167	0,8259	0,8480	0,9635	0,9647
groveden	0,9359	0,9543	0,7562	0,7752	0,9821	0,9821
douglas	0,9101	0,9692	0,7177	0,7899	0,9849	0,9852
Jap. lariks	0,9417	0,9698	0,8129	0,8273	0,9837	0,9857

n= 58 bomen voor beide opstanden samen.

Uit de tabel blijkt dat de inhoud werkhout de beste correlatie geeft. De kwadratische correlatie is echter niet significant, zodat voor de grafieken de lineaire regressie is gekozen.

In grafiek 1 worden de lijnen weergegeven zoals die uit deze regressie-analyse naar voren kwamen per houtsoort voor beide opstanden gecombineerd.

De formules van de lijnen zijn:

fijnspar	$Y = - 6,01 + 1,2699 X$	$SY = 25,48$	$Sa = 6,73$	$Sb = 0,031$
groveden	$Y = 14,67 + 0,9636 X$	$SY = 21,16$	$Sa = 4,13$	$Sb = 0,017$
douglas	$Y = 18,02 + 0,8815 X$	$SY = 21,43$	$Sa = 4,47$	$Sb = 0,014$
Jap.lariks	$Y = 16,69 + 0,8927 X$	$SY = 16,56$	$Sa = 3,61$	$Sb = 0,015$

Y = vers boomgewicht in kg

X = inhoud werkhout in dm^3 (met schors)

Hierna is nagegaan of er verband bestaat tussen de diameter (dbh) resp. de werkhoutinhoud ten opzichte van de kroonmassa. In tabel 5 zijn de waarden van r^2 weergegeven voor deze regressies.

Tabel 5. Waarden van r^2 van de lineaire en kwadratische regressie-analyses voor twee variabelen t.o.v. het kroongewicht

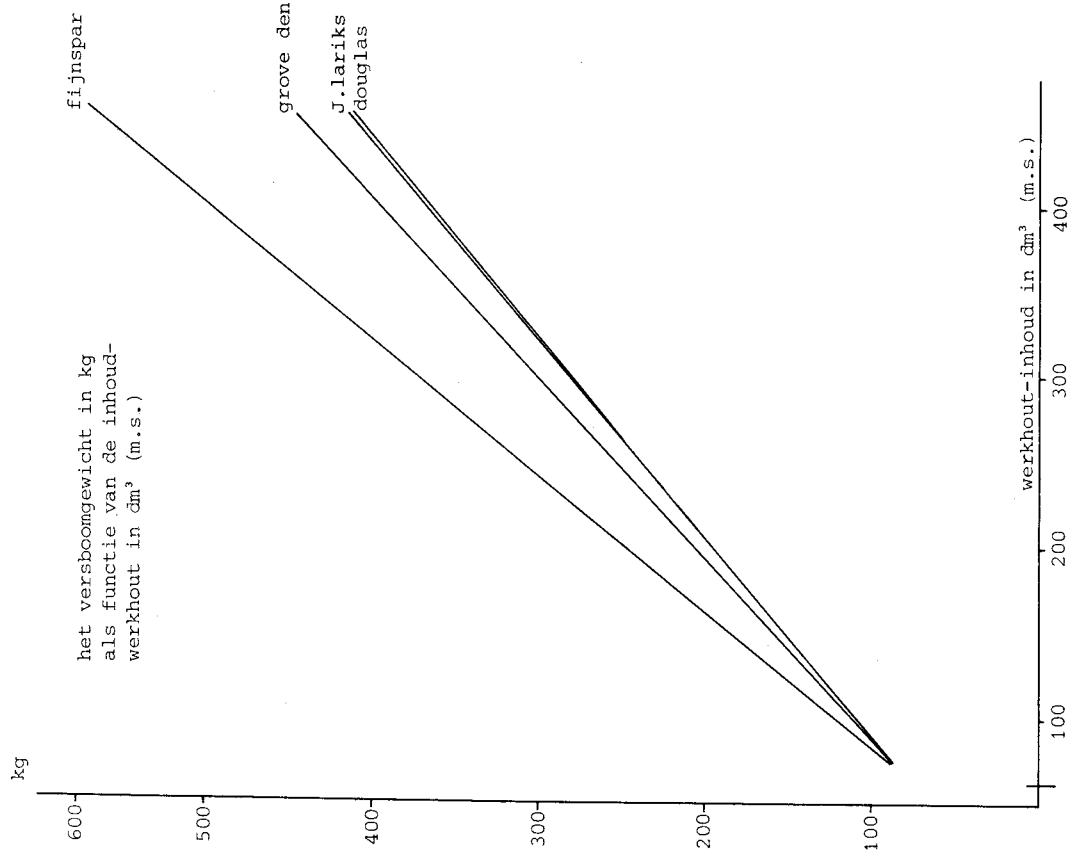
	dbh t.o.v. het kroon- gewicht (vers)		inhoud werkhout t.o.v. het kroongewicht (vers)	
	lineair	kwadratisch	lineair	kwadratisch
fijnspar	0,7670	0,7859	0,8240	0,8241
groveden	0,7157	0,7574	0,7564	0,7614
douglas	0,7562	0,7901	0,7279	0,7283
Jap. lariks	0,7362	0,7326	0,7175	0,7391

n = 78 bomen voor beide opstanden samen

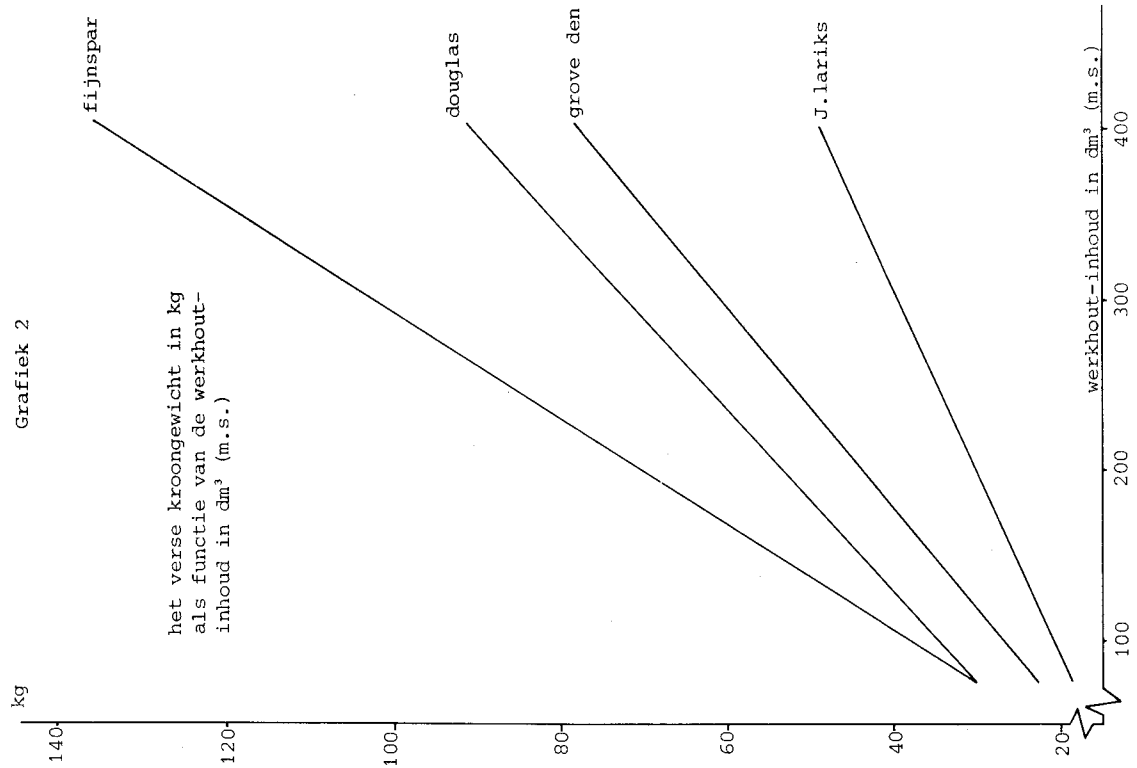
Er blijkt uit deze tabel 5 een redelijk verband tussen zowel de dbh als de inhoud werkhout. De inhoud werkhout heeft overwegend de hoogste waarde van r^2 . De kwadratische correlatie is niet significant, zodat ook hier voor de lineaire regressie is gekozen.

In grafiek 2 worden de lijnen weergegeven zoals die uit deze regressieanalyses naar voren kwamen, per houtsoort voor beide opstanden gecombineerd. De formules van deze lijnen zijn:

Grafiek 1



Grafiek 2



fijnspar	$Y = 5,60 + 0,3218 X$	$SY = 15,31$	$Sa = 3,46$	$Sb = 0,017$
groveden	$Y = 10,15 + 0,1705 X$	$SY = 16,10$	$Sa = 2,68$	$Sb = 0,011$
douglas	$Y = 15,64 + 0,1885 X$	$SY = 22,03$	$Sa = 3,95$	$Sb = 0,013$
Jap.lariks	$Y = 11,50 + 0,0923 X$	$SY = 8,05$	$Sa = 1,52$	$Sb = 0,007$

Y = vers kroongewicht in kg

X = inhoud werkhout (m.s.) in dm³

Vervolgens is nagegaan of er verband bestaat tussen de diameter (dbh) resp. de werkhoutinhoud t.o.v. de hoeveelheid bij het slepen verloren takken. In tabel 6 zijn de waarden van r^2 weergegeven van deze regressies.

Tabel 6. Waarden van r^2 van de lineaire en kwadratische regressieanalyses van twee variabelen t.o.v. de hoeveelheid verloren takken.

	dbh t.o.v. hoeveelheid verloren takken (vers)		inhoud werkhout (m.s.) t.o.v. hoeveelheid verloren takken (vers)	
	lineair	kwadratisch	lineair	kwadratisch
fijnspar	0,2458	0,2524	0,2799	0,2915
groveden	0,6456	0,6659	0,6836	0,6836
douglas	0,6414	0,7228	0,7408	0,7462
Japanse lariks	0,6703	0,6704	0,6362	0,6778

n = 48 dunningsbomen voor beide opstanden samen

Uit de tabel blijkt dat de correlatie te laag ligt om van een redelijk verband te kunnen spreken. Voor de verdere berekeningen zal worden uitgegaan van de gemiddeld verloren hoeveelheid kroonmateriaal. In tabel 7 worden deze gemiddelde waarden weergegeven.

Tabel 7. Gemiddelde hoeveelheid per boom tijdens het uitslepen verloren vers kroonmateriaal uit 24 bomen berekend

opstand	dbh cm	gewicht ver- loren kroon- materiaal kg/boom	gewicht kroonmateri- aal kg/boom	verloren kroonmateriaal als % van het totale kroon- gewicht
fijnspar Garderen 137	19,7	10,2	86,2	11,8
fijnspar Zeilmeer	14,9	6,4	38,9	16,5
groveden Uddel 144	23,8	33,5	64,4	52,0
groveden Uddel 26	10,6	4,4	20,4	21,6
douglas Uddel 43	25,4	40,7	70,0	58,1
douglas Uddel 16	16,2	11,7	39,9	29,3
Jap.lariks Uddel 37	19,3	20,2	36,5	55,3
Jap.lariks Uddel 9	14,3	7,4	17,5	42,2

Uit de tabel 7 blijkt dat fijnspar zeer weinig kroonmateriaal verliest. Zoals overigens te verwachten viel verliest lariks de meeste takken. Door de veel bredere kroon en minder buigzame takken verliezen oudere opstanden duidelijk meer kroonmateriaal dan jongere opstanden behalve fijnspar. Met de percentages uit de laatste kolom zal in het volgende hoofdstuk verder worden gerekend.

Ook voor de relaties tussen topgewicht en diameter (dbh) resp. inhoud werkhout is een lage correlatie vastgesteld. Dit betekent dat het topgewicht niet afhangt van de dbh of de inhoud werkhout. In tabel 8 worden daarom de gemiddelde gewichten van de verse top per opstand weergegeven.

Tabel 8. Gemiddeld vers gewicht van de top afgetopt op 7 cm Ø berekend uit 24 bomen

	dbh cm	gewicht top kg/boom	gewicht kroonmateri- aal kg/boom	top als % van het totale kroongewicht
opstand				
fijnspar Garderen 137	19,7	28,4	86,2	32,9
fijnspar Zeilmeer	14,9	16,6	38,9	42,7
groveden Uddel 144	23,8	16,0	64,4	24,8
groveden Uddel 26	10,6	11,8	20,4	57,8
douglas Uddel 43	25,4	13,8	70,0	19,7
douglas Uddel 16	16,2	10,9	39,9	27,3
Jap.lariks Uddel 37	19,3	11,0	36,5	30,1
Jap.lariks Uddel 9	14,3	9,2	17,5	52,6

Indien de bomen in het bos getopt worden en vervolgens naar de weg gesleept, wordt betrekkelijk weinig materiaal extra meegenomen. In tabel 9 worden de waarden van tabel 7 en 8 gecombineerd. Alleen bij de fijnspar en de jonge douglas opstand wordt een aanzienlijk deel van het kroonmateriaal meegenomen.

Tabel 9. Gemiddeld vers gewicht van de top gecombineerd met de hoeveelheid verloren takken

	dbh cm	gewicht top + verloren takken kg/boom	gewicht kroonmate- riaal kg/boom	top + verloren takken als % van het totale kroongewicht
fijnspar Garderen 137	19,7	38,6	86,2	44,8
fijnspar Zeilmeer	14,9	23,0	38,9	59,1
groveden Uddel 144	23,8	49,5	64,4	76,9
groveden Uddel 26	10,6	16,2	20,4	79,4
douglas Uddel 43	25,4	54,5	70,0	77,9
douglas Uddel 16	16,2	22,6	39,9	56,6
Jap.lariks Uddel 37	19,3	31,2	36,5	85,5
Jap.lariks Uddel 9	14,3	16,6	17,5	94,9

In tabel 10 wordt het vers gewicht van de boom vergeleken met het vers gewicht van de kroon. Deze tabel wordt in de volgende hoofdstuk-

ken interessant omdat dan ook het drogestofgehalte en het gehalte aan voedingsstoffen kunnen worden toegevoegd.

Zoals te verwachten viel was er een uitstekende correlatie tussen het werkhoutvolume en het gewicht van het werkhout. In alle gevallen lag de correlatie-coëfficiënt r^2 boven 0,96.

De onttrekking aan vers gewicht per ha kunnen we afleiden uit tabel 1 waarin de opstandsgegevens staan en tabel 7, 8 en 9. De gegevens uit de tabellen 7, 8 en 9 zijn vermenigvuldigd met het aantal bomen dat bij de dunning is verdwenen. In tabel 11 wordt het resultaat van deze berekening weergegeven.

In tabel 11 is sprake van afrondingsverschillen. Hierdoor kloppen de optellingen van de onderdelen van de kroon niet met het berekende kroongewicht. De afwijking is in alle gevallen kleiner dan 1%.

Tabel 10. Gemiddeld versgewicht van de boom vergeleken met het gemiddeld versgewicht van de kroon

	dbh	dunningsbomen			grondvlakmiddenbomen		
		kg boom	kg kroon	% kroon t.o.v. boom	kg boom	kg kroon	% kroon t.o.v. boom
fijnspar Garderen 137	19,7	305,2	86,2	28,2	301,8	91,0	30,2
fijnspar Zeilmeer	14,9	127,7	38,9	30,5	154,6	46,4	30,0
groveden Uddel 144	23,8	287,5	64,4	22,4	410,0	64,2	15,7
groveden Uddel 26	10,6	59,2	20,4	34,5	64,4	19,2	29,8
douglas Uddel 43	25,4	305,9	70,0	22,9	463,4	103,4	22,3
douglas Uddel 16	16,2	117,0	39,9	34,1	153,4	45,2	29,5
Jap.lariks Uddel 37	19,3	268,3	36,5	13,6	283,8	46,2	16,3
Jap.lariks Uddel 9	14,3	91,3	17,5	19,2	128,0	24,6	19,2

Uit tabel 11 blijkt dat vooral voor fijnspar en voor de jonge opstanden (groveden 26, douglas 16, lariks 9) de extra onttrekking vrij aanzienlijk is. Voor lariks in wintertoestand is de extra onttrekking relatief gering.

In tabel 12 wordt de hoeveelheid versgewicht van de opstand weergegeven die berekend is door het totale stamtal te vermenigvuldigen met de gemeten gemiddelde waarden van het wegen van de grondvlakmiddenbomen.

Tabel 11. Onttrekking aan versgewicht per hectare voor dunningsbomen in kilo

opstand	dbh cm	versgewicht werkhout- langhout- methode kg/ha	versgewicht kroon kg/ha	versgewicht verloren takken kg/ha	versgewicht top kg/ha	versgewicht meegenomen takken kg/ha	totaal bij boom- methode meegenomen versgewicht kg/ha	% extra meegenomen ten opzichte van langhoutmethode
fijnspar Garderen 137	19,7	51246	20170	2386	6645	10974	69030	35
fijnspar Zeilmeer	14,9	48607	21317	3507	9096	8658	66417	37
groveden Uddel 144	23,8	23871	6890	3584	1712	1572	27177	14
groveden Uddel 26	10,6	50372	26214	5654	15163	5268	70932	41
douglas Uddel 43	25,4	45509	13510	7855	2663	2952	51164	12
douglas Uddel 16	16,2	41734	21625	6341	5907	9322	57018	37
Jap. lariks Uddel 37	19,3	49141	7738	4282	2332	1187	52597	7
Jap. lariks Uddel 9	14,3	20600	4816	1948	2606	268	23468	14

Tabel 12. Hoeveelheid vers gewicht van de opstand per hectare uitgaande van de grondvlakmiddenbomen. Stamtal voor dunning

opstand	dbh cm	stamtal n/ha	vers- gewicht werkhout kg/ha	vers- gewicht kroon kg/ha	vers- gewicht totaal kg/ha
fijnspar Garderen 137	19,7	666	140392	60606	200998
fijnspar Zeilmeer	14,9	2183	236200	101291	337491
groveden Uddel 144	23,8	570	197106	36594	233700
groveden Uddel 26	10,6	2960	134384	56832	191216
douglas Uddel 43	25,4	634	228240	65555	293795
douglas Uddel 16	16,2	1677	181786	75800	257586
Jap.lariks Uddel 37	19,3	1084	257558	50080	307638
Jap.lariks Uddel 9	14,3	1677	173401	41254	214655

5.2. Resultaten van de drogestofbepalingen

Van elk van de acht opstanden werden van vier monsters het drogestofgehalte bepaald. Het betrof elk een monster van de kroon en van de stam van de dunningsbomen en elk een monster van de kroon en de stam van de grondvlakmiddenbomen. In tabel 14 wordt per opstand het drogestofgehalte opgegeven voor de dunningsbomen en grondvlakmiddenbomen respectievelijk voor kroon en stam.

Tabel 13. Overzicht van drogestofgehalten van kroonmateriaal en werkhout voor dunnings- en grondvlakmiddenbomen.
Het drogestofgehalte is bepaald ten opzichte van het gewicht van het veldvochtig monster.

opstand	dbh cm	drogestofgehalte dunningsbomen		drogestofgehalte opstandsmiddenbomen	
		kroon	werkhout	kroon	werkhout
fijnspar Garderen 137	19,7	0,48	0,42	0,47	0,47
fijnspar Zeilmeer	14,9	0,46	0,42	0,48	0,48
groveden Uddel 144	23,8	0,45	0,43	0,45	0,45
groveden Uddel 26	10,6	0,46	0,43	0,46	0,46
douglas Uddel 43	25,4	0,48	0,47	0,47	0,47
douglas Uddel 16	16,2	0,49	0,46	0,48	0,48
Jap.lariks Uddel 37	19,3	0,54	0,49	0,52	0,52
Jap.lariks Uddel 9	14,3	0,54	0,55	0,50	0,50

De resultaten van de drogestofgehaltebepaling lijken na correctie (zie bijlage 3) aardig op één lijn te liggen, behalve één uitschieter naar beneden voor het werkhout van de lariks van vak 37 ten opzichte van lariks vak 9. Waarschijnlijk hebben hier door toeval alle afrondingen naar beneden plaatsgevonden.

Aan de hand van tabel 13 en de tabellen uit het vorige hoofdstuk kunnen we nu de onttrekking aan drogestof bepalen. In tabel 14 wordt de aanwezige hoeveelheid biomassa in kg drogestof per hectare weergegeven door de gegevens uit tabel 12 te vermenigvuldigen met het drogestofgehalte van de grondvlakmiddenbomen.

Tabel 14. Hoeveelheid biomassa van de opstand in kg drogestof/ha voor kroon en stam

	dbh cm	biomassa werkhout kg ds/ha	biomassa kroon kg ds/ha	totale bio- massa kg ds/ha
opstand				
fijnspar Garderen 137	19,7	65984	28484	94468
fijnspar Zeilmeer	14,9	113376	48619	161995
groveden Uddel 144	23,8	88697	16467	105164
groveden Uddel 26	10,6	61816	26142	87958
douglas Uddel 43	25,4	107272	30810	138082
douglas Uddel 16	16,2	87257	36384	123641
Jap.lariks Uddel 37	19,3	133930	26041	159971
Jap.lariks Uddel 9	14,3	86700	20627	107327

In tabel 15 wordt aangegeven hoeveel biomassa er bij de uitvoerde dunning onttrokken wordt. De gegevens uit tabel 11 zijn vermenigvuldigd met het drogestofgehalte uit tabel 13.

Tabel 15. Biomassa van de dunning, uitgesplitst in onderdelen in kg ds/ha en totaal

opstand	dbh cm	biomassa werkhout kg ds/ha	biomassa kroon takken kg ds/ha	biomassa verloren takken kg ds/ha	biomassa top kg ds/ha	biomassa meegenomen takken kg ds/ha	biomassa totaal kg ds/ha
fijnspar Garderen 137	19,7	21523	9681	1145	3189	5267	31204
fijnspar Zeilmeer	14,9	20415	9805	1613	4184	3982	30220
groveden Uddel 144	23,8	10264	3100	1612	770	707	13364
groveden Uddel 26	10,6	21660	12058	2600	6975	2423	33718
douglas Uddel 43	25,4	21389	6484	3770	1278	1416	27873
douglas Uddel 16	16,2	19197	10596	3107	2894	4567	29793
Jap.lariks Uddel 37	19,3	24079	4178	2312	1259	641	28257
Jap.lariks Uddel 9	14,3	11358	2646	1119	1391	136	14004

In tabel 16 wordt de hoeveelheid biomassa die onttrokken wordt bij een dunning vergeleken met die van de opstand vóór dunning. Eerst wordt de biomassa van het werkhout (= langhoutmethode) weergegeven, dan werkhout met top en meegenomen takken (boommethode) en dan die van het werkhout met alleen de meegenomen takken (boommethode met aftoppen).

Als er bij een dunning de boommethode wordt toegepast stijgt de onttrekking aan biomassa afhankelijk van de houtsoort en de leeftijd van de opstand met 8 tot 43% van de biomassa van de langhoutmethode. Deze toename kan worden beperkt door de bomen in de opstand te toppen. De toename blijft dan beperkt tot 1 tot 24%.

Vooraf in jongere opstanden (Zeilmeer, Uddel 26, 16 en 9) is het effect van toppen het grootst: de toename blijft beperkt tot 1 tot 24% ten opzichte van de boommethode zonder toppen 14 tot 43%. Voor de oudere opstanden (Garderen, Uddel 144, 43 en 37) is dit respectievelijk 3 tot 24% ten opzichte van 8 tot 40%.

In de jonge grovedennenopstand Uddel 26 is het effect van het toppen het grootst: slechts 11% meer wordt er meegenomen ten opzichte van de langhoutmethode. Dit is 32% minder dan de boommethode. Bij fijnspar is daarna het effect het grootst. Ook voor lariks heeft het toppen een behoorlijk effect.

Tabel 16. De onttrekking aan biomassa in kg ds/ha voor de drie houtoogstmethoden t.o.v. de biomassa van de opstand. Tevens wordt de extra afvoer t.o.v. de langhoutmethode (= 100%) aangegeven.

opstand	dbh cm	biomassa opstand kg ds/ha	langhoutmethode		boommethode met aftoppen		boommethode		% extra af- voer t.o.v. langhout- methode
			biomassa werkhout dunning kg ds/ha	%	biomassa werkhout + takken kg ds/ha	%	biomassa werkhout + top + takken kg ds/ha	%	
fijnspaar Garderen 137	19,7	94468	21523	22,8	26790	28,4	29979	31,7	39
fijnspaar Zeilmeer	14,9	161995	20415	12,6	24397	15,1	28581	17,6	40
groveden Uddel 144	23,8	105164	10264	9,8	10971	10,3	11741	11,1	14
groveden Uddel 26	10,6	87958	21660	24,6	24083	27,4	31058	35,3	43
douglas Uddel 43	25,4	138082	21389	15,5	22805	16,5	24083	17,4	13
douglas Uddel 16	16,2	123641	19197	15,5	23764	19,2	26658	21,6	39
Jap.lariks Uddel 37	19,3	159971	24079	15,1	24720	15,5	25979	16,2	8
Jap.lariks Uddel 9	14,3	107327	11358	10,6	11494	10,7	12885	12,0	14

5.3. Resultaten van de voedingsstoffenanalyses

Alle 32 monsters waarvan het drogestofgehalte is bepaald zijn doorgestuurd naar het laboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek voor bepaling van het N-totaal, P-totaal, K-totaal, Ca-totaal en Mg-totaal. Makkelijk was dit niet voor hen omdat het materiaal nog vrij veel grove delen bevatte, die eerst fijngemalen moesten worden.

In tabel 17 en 18 worden de gehalten aan voedingsstoffen van respectievelijk het kroonmateriaal en het stamhout voor zowel dunningsbomen als grondvlakmiddenbomen gegeven. De gehalten worden gegeven in % ten opzichte van de drogestof.

Uit tabel 17 en 18 blijkt dat de meeste voedingsstoffen zoals verwacht in de kroon zitten. Het werkhout bevat weinig voedingsstoffen.

Tabel 17. Voedingsstoffengehalten in het werkhout en de kroon van dunningsbomen in % van de drogestof

opstand	werkhout					kroon				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
fijnspar Garderen 137	0,21	0,03	0,09	0,13	0,03	1,33	0,05	0,16	0,29	0,04
fijnspar Zeilmeer	0,18	0,02	0,08	0,25	0,02	0,99	0,06	0,25	0,57	0,03
groveden Uddel 144	0,11	0,01	0,05	0,09	0,01	0,80	0,03	0,17	0,18	0,03
groveden Uddel 26	0,16	0,01	0,06	0,11	0,02	0,85	0,04	0,20	0,18	0,03
douglas Uddel 43	0,08	0,01	0,03	0,04	0,01	0,91	0,04	0,20	0,27	0,03
douglas Uddel 16	0,16	0,01	0,04	0,06	0,01	0,86	0,04	0,20	0,25	0,04
Jap.lariks Uddel 37	0,14	<0,01 ^{*)}	0,04	0,06	0,01	0,67	0,03	0,13	0,25	0,02
Jap.lariks Uddel 9	0,13	<0,01 ^{*)}	0,03	0,06	0,01	0,64	0,03	0,11	0,24	0,02

*) Het stamhout bevatte te weinig fosfor om het in de analyse betrouwbaar aan te tonen. De procentuele toename is in feite dus oneindig groot.

In tabel 19 wordt aangegeven hoeveel kilo er per hectare aanwezig is in de biomassa van de opstand. Deze gegevens worden berekend door de gegevens uit tabel 14 te vermenigvuldigen met die uit tabel 18.

Tabel 18. Voedingsstoffengehalten in het werkhout en de kroon van grondvlakmiddenbomen in % van de drogestof

opstand	werkhout					kroon				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
fijnspar Garderen 137	0,11	0,01	0,09	0,11	0,02	1,17	0,04	0,14	0,24	0,04
fijnspar Zeilmeer	0,19	0,02	0,07	0,24	0,01	1,09	0,06	0,22	0,54	0,03
groveden Uddel 144	0,11	0,03	0,04	0,11	0,02	0,86	0,04	0,20	0,22	0,04
groveden Uddel 26	0,18	0,01	0,06	0,11	0,02	0,82	0,04	0,19	0,20	0,04
douglas Uddel 43	0,11	0,01	0,02	0,04	0,01	1,01	0,04	0,19	0,27	0,04
douglas Uddel 16	0,11	0,01	0,04	0,06	0,01	0,90	0,04	0,23	0,26	0,05
Jap.lariks Uddel 37	0,13	<0,01	0,04	0,06	0,01	0,64	0,04	0,14	0,26	0,03
Jap.lariks Uddel 9	0,11	<0,01	0,04	0,05	0,01	0,62	0,04	0,16	0,27	0,02

In tabel 20 wordt hetzelfde gedaan voor de hoeveelheid voedingsstoffen in kg per ha voor de dunning.

In tabel 21 worden de gevolgen van de toepassing van de boommethode samengevat. Aangegeven wordt de extra onttrekking aan biomassa en de zich daarin bevindende voedingsstoffen in % ten opzichte van de langhoutmethode.

Wat in deze tabel opvalt is dat in de jonge opstanden (fijnspar Zeilmeer, groveden vak 26, douglas vak 16, lariks vak 9) vrijwel altijd verhoudingsgewijs meer biomassa en voedingsstoffen worden afgevoerd dan in de oudere opstanden. Ook valt te constateren dat de extra onttrekking bij lariks in de wintermaanden veel lager ligt dan die van de andere houtsoorten door het ontbreken van de naalden.

Tabel 19. Hoeveelheden voedingsstoffen in kg per hectare, aanwezig in de biomassa van de hele opstand voor dunning

opstand	dbh cm	kg N/ha		kg P/ha		kg K/ha		kg Ca/ha		kg Mg/ha						
		werk- hout	kroon	totaal	werk- hout	kroon	totaal	werk- hout	kroon	totaal	werk- hout	kroon	totaal			
fijnspar Garderen 137	19,7	72,58	333,26	399,24	6,60	11,39	17,99	59,39	39,88	99,27	72,58	68,36	140,94	13,20	11,39	24,59
fijnspar Zeilmeer	14,9	215,41	529,95	745,36	22,68	29,17	51,85	79,36	106,96	186,35	272,10	262,54	534,64	11,34	14,59	25,93
groveden Uddel 144	23,8	97,57	141,62	239,19	26,61	6,59	33,20	35,48	32,93	68,41	97,57	36,23	133,80	17,74	6,59	24,33
groveden Uddel 26	10,6	111,27	214,36	325,63	6,18	10,46	16,64	37,09	49,67	86,76	68,00	52,28	120,28	12,36	10,46	22,82
douglas Uddel 43	25,4	118,00	311,18	429,18	10,73	12,32	24,05	21,45	58,54	79,99	42,91	83,19	126,10	10,73	12,32	23,05
douglas Uddel 16	16,2	96,98	327,46	423,44	8,73	14,55	23,28	34,90	83,68	118,58	52,35	83,68	136,03	8,73	18,19	26,92
Jap.lariks Uddel 37	19,3	174,11	166,66	340,77	0,00	10,42	10,42	53,57	36,46	90,03	80,36	67,71	148,07	13,39	7,81	21,20
Jap.lariks Uddel 9	14,3	95,37	127,89	223,26	0,00	8,25	8,25	34,68	33,00	67,68	43,35	55,69	99,04	8,67	4,13	12,80

Tabel 20. Hoeveelheden voedingsstoffen in kg per hectare aanwezig in de biomassa van de dunning

opstand	dbh cm	kg N/ha			kg P/ha			kg K/ha			kg Ca/ha			kg Mg/ha		
		werk- hout	kroon	totaal	werk- hout	kroon	totaal	werk- hout	kroon	totaal	werk- hout	kroon	totaal	werk- hout	kroon	totaal
fiijnspar Garderen 137	19,7	45,20	128,76	173,96	6,46	4,84	11,30	19,37	15,49	34,86	27,98	28,07	56,05	6,46	3,87	10,33
fiijnspar Zeilmeer	14,9	36,75	97,07	133,82	4,08	5,88	9,96	16,33	24,51	40,84	51,04	55,89	106,93	4,08	2,94	7,02
groveden Uddel 144	23,8	11,29	24,80	36,09	1,03	0,93	1,96	5,13	5,27	10,40	9,24	5,58	14,82	1,03	0,93	1,96
groveden Uddel 26	10,6	34,66	102,49	137,15	2,17	4,82	6,99	13,00	24,12	37,12	23,83	21,70	45,53	4,33	3,62	7,95
douglas Uddel 43	25,4	17,11	59,00	76,11	2,14	2,59	4,73	6,42	12,97	19,39	8,56	17,51	26,07	2,14	1,95	4,09
douglas Uddel 16	16,2	30,72	91,13	121,85	1,92	4,24	6,16	7,68	21,19	28,87	11,52	26,49	30,01	1,92	4,24	6,16
Jap.lariks Uddel 37	19,3	33,71	27,99	61,70	0,00	1,25	1,25	9,63	5,43	15,06	14,45	10,45	24,90	2,41	0,84	3,25
Jap.lariks Uddel 9	14,3	14,77	16,93	31,70	0,00	0,79	0,79	3,41	2,91	6,32	6,81	6,35	13,16	1,14	0,53	1,67

Tabel 21. Extra onttrekking aan biomassa en voedingsstoffen als gevolg van de toepassing van de boommethode in dunningen uitgedrukt in % ten opzichte van de langhoutmethode

	dbh cm	bio- massa %	N %	P %	K %	Ca %	Mg %
opstand							
fijnspar Garderen 137	19,7	39	249	65	70	88	52
fijnspar Zeilmeer	14,9	40	220	120	125	91	60
groveden Uddel 144	23,8	14	105	43	49	29	43
groveden Uddel 26	10,6	43	231	173	145	71	65
douglas Uddel 43	25,4	13	195	50	84	85	37
douglas Uddel 16	16,2	39	209	156	194	162	156
Jap.lariks Uddel 37	19,3	8	38	1)	26	33	16
Jap.lariks Uddel 9	14,3	13	66	1)	49	54	27

1) Het stamhout bevatte te weinig fosfor om het in de analyse betrouwbaar aan te tonen. De procentuele toename is in feite dus oneindig groot.

In tabel 22 wordt voor de drie oogstmethoden (langhout, boommethode met aftoppen, boommethode) aangegeven hoe groot de onttrekking is aan voedingsstoffen ten opzichte van de in de biomassa van de hele opstand aanwezige voedingsstoffen. Vooral voor de boommethode loopt de hoeveelheid erg op. Dit is het sterkst te zien bij de fijnsparopstand Garderen 137. Overigens is de toename ook sterk in de jonge opstanden Uddel 26 en 16. Voor de lariks is ook hier weer de toename het minst door het ontbreken van de naalden. Als we bij deze tabel 22 teruggrijpen naar tabel 16 waarin de onttrekking aan biomassa voor de drie oogstmethoden ten opzichte van de totale biomassa is weergegeven, valt op dat de onttrekking aan voedingsstoffen sterker oploopt dan de onttrekking aan biomassa. Dit komt omdat het kroonmateriaal de meeste voedingsstoffen bevat.

In tabel 23 wordt aangegeven hoeveel voedingsstoffen er extra onttrokken worden als de twee varianten van de boommethode in de dunning wordt toegepast ten opzichte van de langhoutmethode.

Voor al bij de boommethode wordt erg veel meer onttrokken dan bij de langhoutmethode.

Tabel 22. Hoeveelheid onttrokken voedingsstoffen als percentage van de in de biomassa van de opstand aanwezige hoeveelheid voor drie verschillende oogstmethoden

opstand	% onttrokken N			% onttrokken P			% onttrokken K			% onttrokken Ca			% onttrokken Mg		
	dbh cm	lang- hout	boom- meth. -top	boom- meth. -top	lang- hout	boom- meth. -top	boom- meth. -top	boom- meth. -top	lang- hout	boom- meth. -top	boom- meth. -top	lang- hout	boom- meth. -top	boom- meth. -top	boom- meth.
fijnspaar Garderen 137	19,7	11	29	39	36	51	59	20	28	33	31	26	35	40	
fijnspaar Zeilmeer	14,9	5	10	16	8	12	17	9	14	20	14	18	20	25	
groveden Uddel 144	23,8	5	7	10	3	4	4	8	9	11	8	9	4	5	6
groveden Uddel 26	10,6	11	17	35	13	19	36	15	21	37	23	34	19	22	31
douglas Uddel 43	25,4	4	7	10	9	11	13	8	12	15	10	13	9	11	13
douglas Uddel 16	16,2	7	17	22	8	16	21	6	14	19	17	22	7	14	18
Jap.lariks Uddel 37	19,3	10	11	14	0	2	5	11	12	13	11	13	11	12	13
Jap.lariks Uddel 9	14,3	7	7	11	0	0	6	5	5	8	7	10	9	9	11

Tabel 23. Percentage extra onttrokken voedingsstoffen voor de boommethode met toppen en de boommethode t.o.v. de langhoutmethode (= 100%)

opstand	dbh cm	% N		% P		% K		% Ca		% Mg	
		boom- methode -top	boom- methode -top	boom- methode -top	boom- methode -top	boom- methode -top	boom- methode -top	boom- methode -top	boom- methode -top	boom- methode -top	boom- methode -top
fijnspaar Garderen 137	19,7	155	249	41	65	43	70	55	88	33	52
fijnspaar Zeilmeer	14,9	107	220	59	120	61	125	44	91	29	60
groveden Uddel 144	23,8	50	105	20	43	23	49	14	29	21	43
groveden Uddel 26	10,6	59	231	45	173	37	145	18	71	17	65
douglas Uddel 43	25,4	75	143	27	50	44	84	45	85	20	37
douglas Uddel 16	16,2	128	209	95	156	119	194	99	162	95	156
Jap.lariks Uddel 37	19,3	13	38	-	-	9	26	11	33	5	16
Jap.lariks Uddel 9	14,3	6	67	-	-	5	50	5	54	3	27

5.4. Resultaten van het bodemkundig onderzoek*

In alle opstanden is het bodemvruchtbaarheidsniveau, de hoeveelheid en de samenstelling van de ruwe humus en de voorraden N, P, K, Ca en Mg in de bewortelde zone bepaald.

5.4.1. Bodemvruchtbaarheid

De resultaten van het bodemvruchtbaarheidsonderzoek zijn weergegeven in tabel 24. De gronden zijn meestal leemarm (10-17½%), soms lemig (17½-32½% leem).

Tabel 24. Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (0-25 cm)
16 maart 1982

opstand	granulaire samenstelling (%)					pH-KCl	org. stof (%)	N-totaal (%)	N-org. (%)	P-totaal (mg P ₂ O ₅ /100 g)
	<16 um	16-50 um	<50 um	50-105 um	>105 um					
fijnspar Garderen 137	6	13	19	16	59	3,7	5,9	0,117	1,98	28
fijnspar Zeilmeer	6	9	15	7	74	3,9	4,5	0,101	2,24	60
groveden Uddel 144	5	3	8	4	85	3,6	3,4	0,066	1,94	14
groveden Uddel 26	4	5	9	5	81	3,7	4,6	0,093	2,02	25
douglas Uddel 43	5	3	8	5	85	3,8	2,4	0,055	2,29	13
douglas Uddel 16	7	10	17	8	71	3,8	4,1	0,093	2,27	25
Jap.lariks Uddel 37	4	2	6	5	84	3,5	4,6	0,092	2,00	14
Japanse lariks 9 N	5	4	9	5	83	4,0	3,1	0,064	2,06	17
Japanse lariks 9 Z	7	3	10	3	84	4,0	2,6	0,051	1,96	17
gemiddelde van Uddel 9 N en 9 Z	6	4	10	4	84	4,0	2,8	0,058	2,01	17

De bodemchemische eigenschappen komen in het algemeen overeen met die gevonden door Schelling (1960). Deze eigenschappen houden in dat voor de onderzochte houtsoorten (fijnspar, groveden, douglas en Japanse lariks) de pH-KCl niet uitgesproken laag is en dat de kwaliteit van de organische stof (N-org.) voldoende is voor gemiddelde tot goede boniteit. De P-voorziening is soms aan de matige kant, ook als men bedenkt dat het hier holtpodzolgronden betreft waarvoor geldt dat P-totaal = 20 mg P₂O₅/100 g al een voldoende P-voorziening betekent (Aanleg en verzorging van bos en beplantingen, 1981). Het effect van de landbouwvoorbouw in de opstanden Garderen vak 137 en Zeilmeer komt in de N-totaalwaarden duidelijk tot uiting (0,101 en 0,117 %; de overige opstan-

* geschreven door J. van den Burg

den 0,051-0,093 %). In de opstand Zeilmeer is ook het P-totaalcijfer door de landbouwvoorbouw sterk toegenomen. Daarentegen vertoont de pH-KCl van de landbouwvoorbouwopstanden geen afwijkingen van de pH-KCl-waarden van de overige opstanden.

Op grond van de N- en P-voorziening zijn de onderzochte gronden als geschikt voor de teelt van de aangeplante boomsoorten te beschouwen. Het feit dat de werkelijke boniteit lager ligt dan uit de bodemvruchtbaarheid zou blijken (alleen de groveden heeft boniteit II-III, de overige opstanden ongeveer III-IV) zal te verklaren zijn uit de vochtvoorziening die niet optimaal is.

5.4.2. Minerale voedingsstoffen in de bewortelde zone

Tabel 25 geeft een overzicht van de hoeveelheden N, P, K, Ca en Mg die in de bewortelde zone aanwezig zijn. De N-voorraad kan met die

Tabel 25. Voorraden minerale voedingsstoffen in de bewortelde zone
16 maart 1982

opstand	horizont	diepte (cm)	gewicht van de droge grond (ton/ha)	totale hoeveelheden minerale voedingsstoffen per horizont kg/ha (elementen)					volumegegewicht van de grond (g/cm ³)
				N	P	K	Ca	Mg	
fijnspar Garderen 137	Ap	0-40	4.864	5302	595	632	1216	778	1,22
	B3	40-70	4.236	1949	389	551	847	1356	1,41
	totaal		9.100	7251	984	1183	2063	2134	
fijnspar Zeilmeer	AP	0-40	4.876	4291	937	488	975	780	1,22
	B2h	40-75	5.145	1492	427	566	1029	1595	1,47
	totaal		10.021	5783	1364	1054	2004	2375	
groveden Uddel 144	Ap	0-35	5.330	3305	303	533	1066	480	1,52
	C	35-120	13.413	1341	644	1475	2683	4829	1,58
	totaal		18.743	4646	947	2008	3749	5309	
groveden Uddel 26	Ap	0-45	4.968	2484	412	397	248	546	1,10
	C	45-120	11.588	232	203	464	2318	579	1,54
	totaal		16.556	2716	615	861	2566	1125	
douglas Uddel 43	Ap	0-30	4.452	1558	233	712	668	757	1,48
	C	30-125	15.181	1822	796	2277	1518	6528	1,60
	totaal		19.633	3380	1029	2989	2186	7285	
douglas Uddel 16	Ap	0-50	6.195	5266	622	743	1239	1363	1,24
Jap.lariks Uddel 37	Ap	0-70	10.332	3513	316	620	517	517	1,48
Jap.lariks Uddel 9 N	Ap	0-60	8.430	3372	589	506	1264	927	1,40
Jap.lariks Uddel 9 Z	Ap	0-35	4.736	2936	310	710	1184	1279	1,35
	Ap+C	35-80	7.160	931	501	644	1432	4869	1,59
	totaal		11.896	3867	811	1354	2616	6148	
Gemiddelde van Uddel 9 N en 9 Z	totaal		10.163	3620	700	930	1940	3538	

uit literatuurgegevens worden vergeleken: ze komt ongeveer overeen met die gevonden door Schelling (1960) en ligt lager dan in Zuid-Duitsland werd gevonden onder opstanden van *Abies alba* (Fiedler e.a. 1973). Deze laatste auteurs vermelden ook dat voor goede groei van groveden een totale hoeveelheid van 3 à 5 ton N in de bewortelde zone aanwezig moet zijn, hetgeen in de in dit onderzoek beschreven opstanden van groveden het geval is. Uit vergelijking van de gegevens van Fiedler e.a. (1973) voor P en K blijkt dat in de onderzochte opstanden de P- en K-voorraden aan de lage kant zijn.

5.4.3. Hoeveelheid ruwe humus en de daarin aanwezig minerale voedingsstoffen

De resultaten van het ruwe humusonderzoek zijn verwerkt in tabel 26 en 27.

Tabel 26. Ruwe humusonderzoek
16 maart 1982

opstand	pH- KCl	gloeiverlies (org.stof) (%)	N- org. (%)	N- totaal (% N)	P- totaal (%P)	K- totaal (%K)	Ca- totaal (%Ca)	Mg- totaal (%Mg)
fijnspar Garderen 137	2,9	57,8	2,22	1,28	0,10	0,02	0,09	0,03
fijnspar Zeilmeer	3,3	57,5	2,13	1,23	0,08	0,02	0,29	0,02
groveden Uddel 144	2,9	48,0	1,94	0,93	0,04	0,02	0,09	0,02
groveden Uddel 26	3,0	60,0	1,92	1,15	0,05	0,02	0,13	0,02
douglas Uddel 43	3,0	51,3	2,34	1,20	0,04	0,02	0,15	0,02
douglas Uddel 16	3,2	39,8	2,16	0,86	0,04	0,02	0,24	0,02
Jap.lariks Uddel 37	3,0	75,6	2,09	1,58	0,05	0,02	0,28	0,04
Jap.lariks Uddel 9 N	2,8	70,2	2,02	1,42	0,05	0,02	0,17	0,03
Jap.lariks Uddel 9 Z	2,9	45,4	2,12	0,96	0,03	0,02	0,08	0,02
Gemiddelde van Uddel 9 N en 9 Z	2,8	57,8	2,07	1,19	0,04	0,02	0,12	0,02

De hoeveelheden zoals die onder fijnspar en Japanse lariks zijn aangetroffen stemmen redelijk overeen met die onder eerste generatie naaldbossen in Drente (Blok en Van den Burg 1974), hoewel in dit onderzoek onder fijnspar de hoeveelheden droge stof en stikstof wat hoger waren dan in Drente.

Tabel 27. Voorraden minerale voedingsstoffen in de ruwe humus 16 maart 1982

opstand	ruwe humus ton/ha (elementen)	org. stof ton/ha	totale hoeveelheden minerale voedingsstoffen, kg/ha				
			N	P	K	Ca	Mg
fijnspar Garderen 137	133,5	77,2	1709	140	33	124	40
fijnspar Zeilmeer	76,0	43,7	934	60	19	223	14
groveden Uddel 144	132,9	63,8	1236	52	33	124	24
groveden Uddel 26	70,4	42,3	810	34	18	91	17
douglas Uddel 43	81,4	41,7	976	32	20	122	20
douglas Uddel 16	129,3	51,5	1112	51	32	305	23
Jap.lariks Uddel 37	61,4	46,4	971	32	15	171	26
Jap.lariks Uddel 9 N	76,5	53,7	1086	37	19	131	23
Jap.lariks Uddel 9 Z	98,6	44,7	946	34	25	78	24
gemiddelde van Uddel 9 N en 9 Z	87,6	49,2	1016	36	22	104	24

Onder grovedennenopstanden in Noord-Brabant vond Van Goor (1953) geringere hoeveelheden ruwe humus en stikstof dan in dit onderzoek werd vastgesteld.

5.4.4. Totale voorraden in bewortelde zone en ruwe humus

In tabel 28 zijn de totale hoeveelheden aan N, P, K, Ca en Mg weergegeven.

Tabel 28. Totale hoeveelheden minerale voedingsstoffen in ruwe humus en bewortelde zone 16 maart 1982

opstand	totale hoeveelheden minerale voedingsstoffen kg/ha (elementen)				
	N	P	K	Ca	Mg
fijnspar Garderen 137	9860	1124	1216	2187	2174
fijnspar Zeilmeer	6717	1424	1073	2227	2389
groveden Uddel 144	5882	999	2041	3873	5333
groveden Uddel 26	3526	649	879	2657	1142
douglas Uddel 43	4356	1061	3009	2308	7305
douglas Uddel 16	6378	673	775	1544	1386
Jap.lariks Uddel 37	4484	348	635	688	543
Jap.lariks Uddel 9 N	4458	626	525	1395	950
Jap.lariks Uddel 9 Z	4813	845	1379	2694	6172
gemiddelde van Uddel 9 N en 9 Z	4636	736	952	2044	3561

Vergelijking met tabel 26 en 27 laat zien dat van de totale hoeveelheid N 14-23 % in de ruwe humus is opgeslagen. Het optellen van deze hoeveelheden heeft meer rekenkundige dan bodemkundige betekenis omdat

het stikstof in substraten met verschillende eigenschappen betreft. Wel blijkt dat in balansstudies de ruwe humus niet mag worden verwaarloosd.

5.4.5. De invloed van de bodemvruchtbaarheid op de samenstelling van het stamhout

Het vaststellen van deze invloed is maar beperkt mogelijk omdat het slechts twee groeiplaatsen per boomsoort betreft. Literatuurgegevens van Fiedler und Höhne (1965) en Rodin and Bazilevich (1967) laten zien dat de onderzochte opstanden niet afwijken voor wat de gehalten aan de macroelementen betreft. Opvallend is dat het effect van de landbouwvoorbouw in de fijnsparopstand Zeilmeer vooral is terug te vinden in het Ca-gehalte van stamhout en kroon.

5.4.6. Vergelijking van minerale voedingsstoffen in opstand en bodem

De onderzochte opstanden waren alle van zodanige leeftijd dat nog niet tot velling kon worden overgegaan. Vergelijking met door een aantal auteurs samengevatte literatuurgegevens (Van Dijk 1972; Mitscherlich 1975; Yildirm 1978; Morrison 1974) heeft dan ook beperkte waarde. Wel kan de gemiddelde jaarlijkse vastlegging van macro-elementen in de onderzochte opstanden worden vergeleken met gegevens van Morrison (1974) (tabel 29).

Tabel 29. Gemiddelde jaarlijkse vastlegging aan minerale voedingsstoffen (kg/ha) in de onderzochte opstanden, berekend uit de leeftijd en de totale hoeveelheden in kroon + stam van de gehele opstand in 1981, in vergelijking met gegevens van Morrison (1974)

	in dit onderzoek					volgens Morrison				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
opstand										
fijnspar Garderen 137	8,9	0,4	2,2	3,1	0,5					
fijnspar Zeilmeer	21,3	1,5	5,3	15,3	0,7					
groveden Uddel 144	3,9	0,5	1,1	2,1	0,4	7	1	3	4	1
groveden Uddel 26	10,8	0,6	2,9	4,0	0,8	11	2	10	10	4
douglas Uddel 43	9,5	0,5	1,8	2,8	0,5					
douglas Uddel 16	12,4	0,7	3,5	4,0	0,8					
Jap.lariks Uddel 37	9,0	0,3	2,4	3,9	0,6					
Jap.lariks Uddel 9	6,4	0,2	1,9	2,8	0,4					

Er is goede overeenkomst tussen de jaarlijkse vastlegging van N in de biomassa van de bomen (behalve in de opstand van fijnspar te Zeilmeer waar de vastlegging hoger is, vermoedelijk het gevolg van de nawerking van de landbouwvoorbouw). De accumulatie aan P, K, Ca (weer met uitzondering van de fijnsparopstand te Zeilmeer) en Mg is geringer, vermoedelijk een gevolg van de geringere voorraden in de bodem in vergelijking met in de literatuur vermelde opstanden.

Enig inzicht in de betekenis van met de oogst onttrokken hoeveelheden aan minerale voedingsstoffen verschaft de vergelijking hoeveelheden in de opstand en die in de bodem. De vergelijking is beperkt tot de minerale voedingsstoffen in de minerale grond, omdat deze in eerste instantie het aanbod voor de bomen bepalen. Effecten van veranderingen van de minerale voedingsstoffenvoorraad in de ruwe humus hebben wel grote effecten, maar ze treden vaak pas jaren na de veranderingen op. Welk aandeel de totale hoeveelheden minerale voedingsstoffen in de biomassa van de opstand uitmaakt van de totale hoeveelheden in de bodem is weergegeven in tabel 30.

Tabel 30. Minerale voedingsstoffen (N, P, K, Ca en Mg) in de biomassa van de opstanden als percentage van de voorraden in de wortelde zone

opstand	N	P	K	Ca	Mg
fijnspar Garderen 137	5,5	1,8	8,4	6,8	1,2
fijnspar Zeilmeer	12,9	3,8	17,6	26,7	1,1
groveden Uddel 144	5,1	3,5	3,4	3,6	0,5
groveden Uddel 26	12,0	2,8	10,1	4,7	2,0
douglas Uddel 43	12,7	2,3	2,7	5,8	0,3
douglas Uddel 16	8,0	3,7	16,0	11,0	2,0
Jap.lariks Uddel 37	9,7	3,2	14,5	28,6	4,1
Jap.lariks Uddel 9	6,2	1,1	7,3	5,1	0,4

6. BESPREKING RESULTATEN

In dit hoofdstuk zal dieper op de resultaten worden ingegaan en waar mogelijk vindt een vergelijking plaats met buitenlandse resultaten.

Statistische analyse van de resultaten van het wegen heeft aangetoond dat er een zeer goed verband bestaat tussen de inhoud van de stam en het versgewicht van de boom. Dat de inhoud van de stam het versgewicht van de boom het best verklaart stemt overeen met de literatuur (Pardé 1980, Stanck 1978). Stanck geeft ook weer dat er zoals bij dit onderzoek een goede correlatie bestaat tussen de inhoud van de stam en het versgewicht van de kroon.

Bovenstaande analyse heeft ook aangetoond dat combinatie van de gegevens van de jonge en oudere opstand een hogere correlatie geeft dan die van de beide opstanden afzonderlijk. Hierdoor is het mogelijk om aan de gevonden relaties een zekere voorspellende waarde toe te kennen. Met de resultaten van dit onderzoek kan een voorlopige schatting worden gemaakt van de hoeveelheid biomassa die in het Nederlandse naalddhoutbos beschikbaar is. Voor een nauwkeurige bepaling hiervan is een uitgebreider onderzoek nodig waarbij de gegevens van dit onderzoek als basis kunnen dienen.

Dat er geen goed verband bestaat tussen dbh resp. staminhoud en de hoeveelheid verloren takken is te begrijpen. De sleepafstand en de omstandigheden waaronder de bomen werden gesleept verschillen van boom tot boom evenals de velrichting. Soms moet een boom zowat rond getrokken worden om aan de weg gebracht te worden. Dan verliest deze natuurlijk meer kroonmateriaal dan wanneer hij rechthout getrokken had kunnen worden. Ook treden er verschillen op als de bomen niet één voor één maar met meer tegelijk gesleept worden. Waarnemingen in de praktijk hebben aangetoond dat vooral bij douglas, groveden en Japanse lariks er erg veel kroonmateriaal in de opstand achterblijft als er met de trekker over de kroon wordt gereden. De takken van fijnspar zijn over het algemeen te taai om op deze manier af te breken.

Bij de toepassing van de boommethode in dunningen wordt ten opzichte van de langhoutmethode tot 40% meer verse massa meegenomen. Dit geldt in het bijzonder voor jonge opstanden en in het algemeen voor fijnspar.

Het eerste valt te verklaren doordat er over het algemeen een veel diepere kroon op de bomen aanwezig is in de jeugdfase dan op latere leeftijd. Op jonge leeftijd is de lengte van het werkhout veel korter ten opzichte van de totale boomlengte dan op oudere leeftijd.

Het tweede is te verklaren doordat de kroon van fijnspar veel taaier en vaak ook dichter is dan die van de andere houtsoorten. Voor Japanse lariks is de extra onttrekking voor zowel de oude als de jonge opstand gering doordat het kroonmateriaal van deze houtsoort erg bros is en omdat in de winterperiode geveld werd.

De drogestofgehalten van de verschillende houtsoorten stemmen goed overeen met de literatuur (Pardé 1980). Het drogestofgehalte van Japanse lariks ligt hoger dan dat van de andere houtsoorten.

De biomassa van de opstanden is niet te vergelijken met buitenlandse resultaten omdat of het stamtal of de groeiplaats te sterk afwijken van de Nederlandse omstandigheden (zie Pardé, table 5).

Als we kijken naar de toegepaste oogstmethoden, namelijk langhout, boommethode met toppen en boommethode is het duidelijk dat bij de laatste methode de meeste biomassa zal worden afgevoerd. Ten opzichte van de langhoutmethode wordt bij de boommethode 8 tot 43% meer biomassa (gemeten in d.s.) afgevoerd. De hogere percentages gelden in het bijzonder voor de jonge opstanden en voor fijnspar in het algemeen. Gemiddeld over alle opstanden wordt 26% meer biomassa geoogst. Wordt de boommethode met toppen in de opstand toegepast dan bedraagt de extra onttrekking 1 tot 24%. Het toppen heeft het meest effect in de fijnsparopstanden en in de jonge opstanden. Gemiddeld over alle opstanden wordt nu 12% meer biomassa geoogst ten opzichte van de langhoutmethode.

Voor alle opstanden is het gehalte aan macrovoedingsstoffen (N, P, K, Ca en Mg) bepaald voor dunningsbomen en grondvlakmiddenbomen en wel voor kroonmateriaal en stamhout. De resultaten zijn soms moeilijk te interpreteren daar vooral in het hout de gehalten aan macrovoedingsstoffen zeer gering zijn. In het hout van de Japanse lariks kon slechts met moeite een spoor fosfor aangetoond worden. In de tabellen is dit aangegeven met 0,0. Vanwege de lage gehalten zijn de getallen in de tabellen 19 en 20 niet afgerond. Maar men dient zich er bewust van te zijn dat hier met een schijnnaauwkeurigheid wordt gewerkt.

We hebben al gezien dat door de toepassing van de boommethode tot 43% meer biomassa wordt afgevoerd dan met de langhoutmethode, voor de

macrovoedingsstoffen liggen deze percentages echter veel hoger. Voor stikstof loopt de extra onttrekking op tot 250% ten opzichte van de langhoutmethode (zie tabel 22). Voor de overige voedingsstoffen liggen de percentages niet zo extreem hoog. Gemiddeld over alle opstanden én over alle voedingsstoffen worden bij de boommethode twee maal zoveel voedingsstoffen onttrokken als bij de langhoutmethode. Door het achterlaten van de top in de opstand wordt de extra onttrekking ongeveer met de helft teruggebracht.

Willen we de onttrekking aan voedingsstoffen meer in perspectief plaatsen dan kunnen we de onttrokken hoeveelheid vergelijken met een tweetal voorraden. De eerste voorraad is de hoeveelheid die aanwezig is in de opstand. Het heeft echter weinig zin de in de dunning onttrokken hoeveelheid hiermee te vergelijken omdat het geen echte voorraad is. Wel kan de onttrekking worden vergeleken met de hoeveelheid voedingsstoffen in de bodem en ruwe humus. In tegenstelling tot de vergelijking gemaakt in paragraaf 5.4.6 is hierbij wel de ruwe humus als potentiële voorraad opgenomen.

In tabel 31 wordt de hoeveelheid voedingsstoffen die zich in de opstand bevindt en die welke bij een oogst volgens de langhout- of boommethode wordt onttrokken weergegeven als een percentage van de in de bodem en ruwe humus aanwezige voorraad. Weer zien we dat de onttrekking bij fijnspar en bij de jonge opstanden (met uitzondering van lariks) groter is dan bij de oudere opstanden. De onttrekking aan kalium, calcium en stikstof is groter dan die aan fosfor en magnesium.

Uit tabel 31 blijkt dat bij toepassing van de boommethode slechts enkele procenten van de voorraad aan voedingsstoffen in de bodem en ruwe humus worden onttrokken. Herhaalde toepassing van deze oogstmethode zal het effect versterken. Wordt de gehele bovengrondse biomassa van de opstand geoogst dan blijken de percentages aanzienlijk op te lopen: voor N tot 11%, voor P tot 4%, voor K tot 17%, voor Ca tot 24% en voor Mg tot 2%

Met de resultaten van dit onderzoek kan niet zonder meer een uitspraak worden gedaan over de blijvende gevolgen voor de bodemvruchtbaarheid en dus voor de produktiviteit van de opstand, indien de boommethode wordt toegepast.

Tabel 31. Hoeveelheid voedingsstoffen in de opstand en die welke bij een oogst volgens de boommethode wordt onttrokken als percentage van de voedingsstoffenvoorraad in de bodem en de ruwe humus

voedingsstof	dbh	N		P		K		Ca		Mg					
		oogst	opstand	oogst	opstand	oogst	opstand	oogst	opstand	oogst	opstand				
opstand	cm	opstand	langhout boommm.	opstand	langhout boommm.	opstand	langhout boommm.	opstand	langhout boommm.	opstand	langhout boommm.				
fijspar Garderen 137	19,7	4,0	0,5	1,6	0,6	1,0	8,2	1,6	2,7	6,4	1,3	2,4	1,1	0,3	0,5
fijspar Zeilmeer	14,9	11,1	0,5	1,8	0,3	0,6	17,4	1,5	3,4	24,0	2,3	4,4	1,1	0,2	0,3
Groveden Uddel 144	23,8	4,1	0,2	0,4	0,1	0,25	3,4	0,3	0,4	3,5	0,2	0,3	0,5	0,02	0,03
Groveden Uddel 26	10,6	9,2	1,0	3,3	0,3	0,9	9,9	1,5	3,6	4,5	0,9	1,5	2,0	0,4	0,6
Douglas Uddel 43	25,4	9,8	0,4	1,0	0,2	0,3	2,7	0,2	0,4	5,5	0,4	0,7	0,3	0,03	0,04
Douglas Uddel 16	16,2	6,6	0,5	1,5	0,3	0,7	15,3	1,0	2,9	8,8	0,7	2,0	1,9	0,1	0,35
Jap.lariks Uddel 37	19,3	7,6	0,8	1,0	-	0,2	14,2	1,5	1,9	21,5	2,1	2,6	0,3	0,04	0,05
Jap.lariks Uddel 9	14,3	4,8	0,3	0,5	-	0,1	7,1	0,4	0,5	4,8	0,3	0,5	0,4	0,03	0,04

Zweedse onderzoeken wijzen erop dat toepassing van de boommethode niet verantwoord lijkt op de armere gronden. Hier is een duidelijke vermindering van de produktiviteit te verwachten. (Project Whole Tree Utilization, 1977).

Naast de relatie van de onttrokken hoeveelheden voedingsstoffen ten opzichte van de bodem en ruwe humus spelen bij het beoordelen van de bodemvruchtbaarheid nog diverse andere aspecten mee die niet in dit onderzoek zijn betrokken. Bij een volledige analyse van de voedingsstoffenkringloop zal ook rekening moeten worden gehouden met de hoeveelheden mineralen die via de atmosfeer in de bodem komen of rechtstreeks door de boom worden opgenomen. Ook de aanwezige ondergroei speelt een belangrijke rol in de voedingsstoffenkringloop.

De gepresenteerde resultaten moeten worden gezien als een indicatie wat er aan biomassa en aan voedingsstoffen wordt onttrokken, indien onder Nederlandse omstandigheden de boommethode wordt toegepast. Voor een beoordeling van de gevolgen is verder onderzoek nodig.

7. CONCLUSIES

- Tijdens het onderzoek is voor de vier onderzochte naaldhoutsoorten (fijnspar, groveden, douglas en Japanse lariks) een goede correlatie vastgesteld tussen het volume werkhout en het boomgewicht. Ook het kroongewicht is een functie van het volume werkhout.
- Met de resultaten van dit onderzoek kan een goede indicatie worden verkregen van de hoeveelheid biomassa die in het Nederlandse naaldhoutbos voorradig is.
- Door het slepen van de bomen naar de weg bleef afhankelijk van de houtsoort 12 tot bijna 60% van het kroonmateriaal in de opstand achter.
- Werden de bomen in de opstand getopt vóór het uitslepen dan bleef 45 tot 95% van het kroonmateriaal achter.
- De biomassa van de kroon bevat de meeste voedingsstoffen. Het gehalte voedingsstoffen in de stam is gering.
- Bij toepassing van de boommethode werd 8 tot 43% meer biomassa (ge-noten in d.s.) geoogst dan met de langhoutmethode. Voor alle opstanden was dit gemiddeld 26%. De grootste onttrekking vond plaats in fijnspar en in de jonge opstanden. Werd de top in de opstand achtergelaten, dan werd gemiddeld 12% meer biomassa geoogst.
- De onttrekking aan voedingsstoffen was bij de boommethode twee maal zo groot als bij de langhoutmethode. Voor stikstof liep de extra onttrekking in één opstand op tot 250% ten opzichte van de langhoutmethode. Bij aftoppen werd de extra onttrekking aan voedingsstoffen gehalveerd.
- Het gepresenteerde cijfermateriaal geeft aan wat er aan extra biomassa en voedingsstoffen worden onttrokken door toepassing van de boommethode. Voor het beoordelen van de gevolgen hiervan voor de bodemvruchtbaarheid zijn de onttrokken hoeveelheden gerelateerd aan de voorraden in bodem en ruwe humus. Deze relatie is echter te beperkt om tot definitieve uitspraken te komen. Hiervoor is verdere bestudering van de voedingsstoffenkringloop nodig.

Tabel 32. Totale gewichten verzameld kroonmateriaal en stamschijven voor 10 dunningsbomen en 5 opstandsmiddenbomen voor de drie wegingen

opstand	kroon dunning			kroon middenbomen		
	weging 1*	weging 2*	weging 3*	weging 1	weging 2	weging 3
fijnspar Garderen 137	683,1	665,3	609,7	453,8	449,4	427,0
fijnspar Zeilmeer	469,0	481,0	440,2	226,2	239,6	219,8
groveden Uddel 144	526,4	524,0	491,8	321,2	330,0	327,0
groveden Uddel 26	157,4	159,2	153,9	105,3	106,1	94,2
douglas Uddel 43	774,7	769,0	754,5	516,9	509,1	482,7
douglas Uddel 16	469,5	468,6	456,9	226,2	226,5	217,4
lariks Uddel 37	366,7	382,7	360,5	230,2	234,4	223,0
lariks Uddel 9	200,2	206,7	210,0	122,7	120,3	117,6
Totaal	3647,0	3656,5	3477,5	2220,5	2215,4	2108,7

opstand	stamschijven dunning			stamschijven middenbomen		
	weging 1*	weging 2*	weging 3*	weging 1	weging 2	weging 3
fijnspar Garderen 137	60,5	61,4	52,4	34,5	35,2	31,4
fijnspar Zeilmeer	39,6	40,5	35,6	20,5	22,6	21,3
groveden Uddel 144	64,1	65,0	55,3	45,1	43,7	38,2
groveden Uddel 26	18,5	18,0	17,6	10,2	10,0	11,2
douglas Uddel 43	65,9	65,6	55,7	43,0	43,0	37,6
douglas Uddel 16	36,9	36,7	32,6	20,7	21,1	20,1
lariks Uddel 37	50,2	51,2	44,2	32,6	32,5	29,2
lariks Uddel 9	25,1	26,2	24,5	15,6	16,3	16,3
Totaal	360,8	365,0	317,9	222,2	224,4	205,3

probleemgevallen

- * weging 1 in het bos na het inpakken
- weging 2 na opslag vóór het malen
- weging 3 na het malen

LITERATUUR

- Aanleg en beheer van bos en beplantingen (Eindreclatie P.R. Schütz en G. van Tol). 1981. Pudoc, Wageningen. 504 p.
- Alban, D.H. e.a. 1978. Biomass and nutrient distribution in aspen, pine and spruce stands on the same soil type in Minnesota. Canadian Journal of Forest Research 8(3): 290-299. 1978.
- Alemdag I.S. 1980. Manual of data collection and processing for the development of forest biomass relationships. Information report PI-X-4 Canadian Forestry Service.
- Alemdag, I.S. 1982. Aboveground dry matter of Jack Pine, Black spruce, white spruce and balsam fir trees at two localities in Ontario. Forestry Chronicle 58(1): 26-30.
- Blok, H., en J. van den Burg. 1974. Bodemvruchtbaarheid, minerale voedingstoestand en groei van Japanse lariks- en fijnsparopstanden in Drente (Resultaten van in 1969 t/m 1971 uitgevoerd onderzoek). Rapport Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De Dorschkamp" Wageningen, nr. 66. 92 p.
- Dijk, K. van. 1972. De invloed van de exploitatiemethode op de mineralenverzorging van de bodem onder fijnsparopstanden. Doctoraalscriptie Landbouwhogeschool, afdeling Houtteelt. 50 p.
- Fiedler, H.J., und H. Höhne. 1965. Vorkommen und Gehalt der Makronährstoffe in Waldbäumen. Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden 11(3): 989999.
- Fiedler, H.J., W. Nebe und F. Hoffmann. 1973. Forstliche Pflanzenernährung und Düngung. Fischer, Stuttgart. 481 S.
- Freedman, B., R. Morash and A.J. Hanson. 1980. Biomass and nutrient removals by conventional and whole-tree clearcutting of a red spruce-balsam fir stand in central Nova Scotia. Canadian Journal of Forest Research 11: 249-257.
- Goor, C.P. van. 1953. Over de toelaatbaarheid van moswinning in grovedennenbossen. Tijdschrift der Nederlandsche Heidemaatschappij 64: 277-281.
- Mälkönen, E. 1973. The effect of complete tree utilization on the nutrient reserves of forest soils. Paper no. 5. Working Group on Forest Biomass. Nancy.
- Mitscherlich, G. 1975. Wald, Wachstum und Umwelt - eine Einführung in die ökologischen Grundlagen des Waldwachstums, III. Band: Boden, Luft und Produktion. Sauerländer, Frankfurt/M. 352 S.
- Morrison, I.K. 1974. Mineral nutrition of conifers with special references to nutrient status interpretation: a review of literature. Publication Department of the Environment, Canadian Forestry Service, No. 1343. 74 p.

Pardé, D.R. 1980. Forest biomass. Forestry Abstracts 41(8): 343-362.

Project Whole Tree Utilization. 1977. Final Summary Report. Royal College of Forestry, Garpenberg.

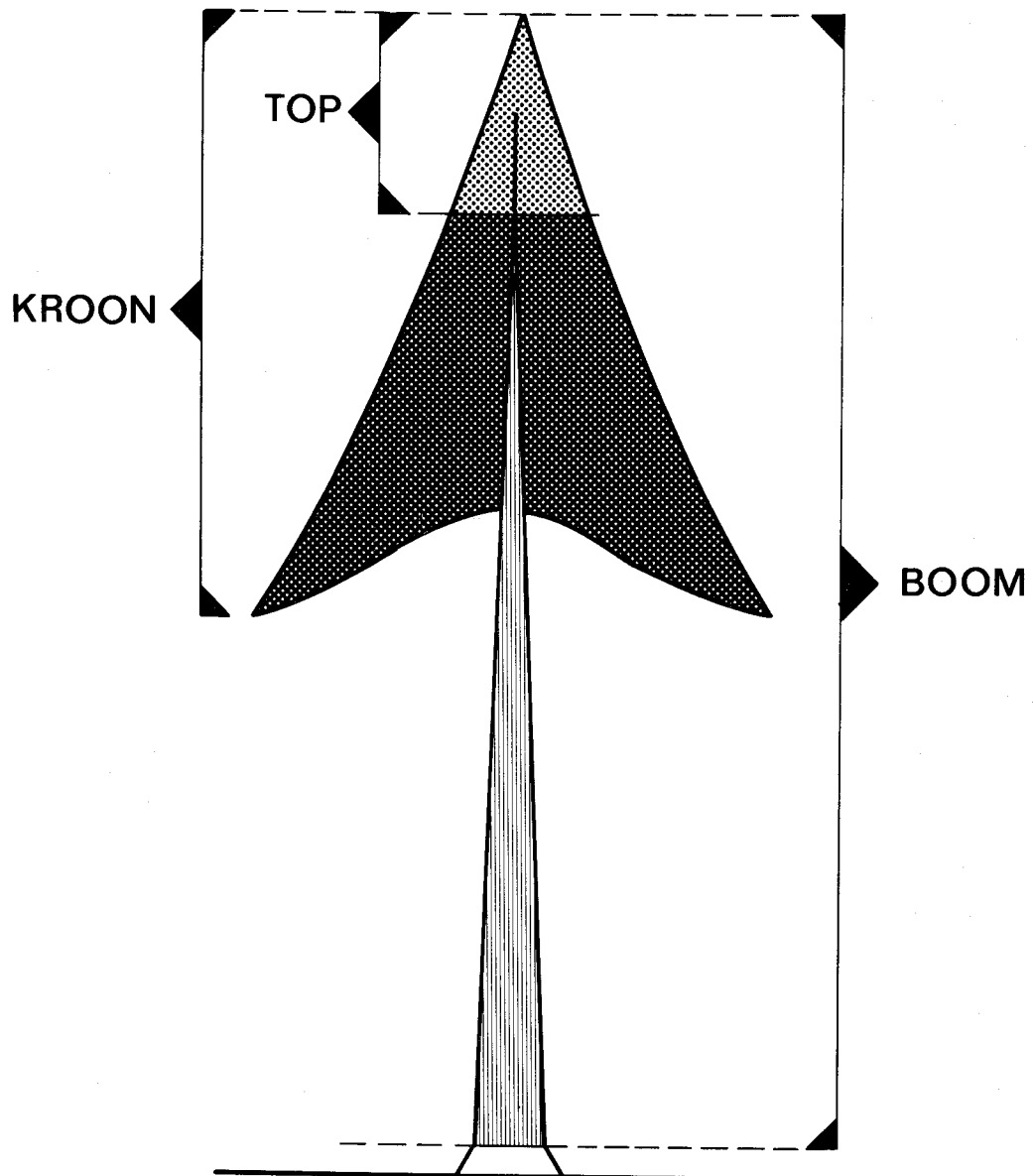
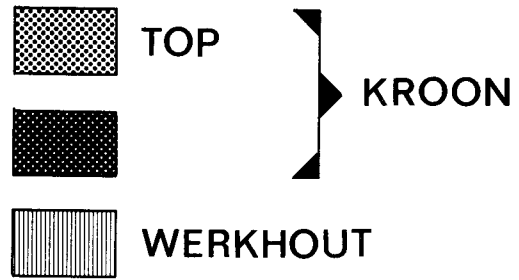
Rodin, L.E. and N.I. Bazilevich. 1967. Production and mineral cycling in terrestrial vegetation (translated from the Russian by Scripta Technica Ltd). Oliver and Boyd, Edinburgh en Londen. 288 p.

Schelling, J. 1960. De hoge bosgronden van Midden-Nederland. Uitvoering verslag Stichting Bosbouwproefstation "De Dorschkamp" Wageningen, Band 5 nr. 1. 67 p.

Stanck, W., e.a. 1978. Equations predicting primary productivity (biomass) of trees, shrubs and lesser vegetation based on current literature. Report Canadian Forestry Service, BC-X-183.

Yildirim, M. 1978. Der Nährstoffexport aus Fichtenreinbeständen in Abhängigkeit vom Holzernteverfahren. Dissertatie Georg-August-Universität Göttingen. 165 S.

bijlage 1 BIOMASSA VERDELING



Bijlage 2. Volledig overzicht van gemiddelde waarden van alle meet- en weegcijfers voor alle opstanden

Tabel I. Gemiddelden van sectie meting, waarnemingen en wegingen

opstand boomnummer*	fijnspar Garderen			fijnspar Zeilmeer			groveden 144			groveden 26		
	1-24	25-34	35-39	1-24	25-34	35-39	1-24	25-34	35-39	1-24	25-34	35-39
dbh met bast cm	18,41	18,45	19,86	13,76	13,58	14,56	20,76	21,17	24,24	10,32	9,69	10,46
hoogte m	16,21	16,01	16,76	13,83	14,32	14,60	18,19	18,56	19,92	11,64	11,56	11,34
werkhoutlengte m	12,88	12,85	13,54	10,10	10,39	11,28	14,72	15,49	16,76	6,96	6,89	7,54
top ø cm	7,05	6,86	7,04	6,72	6,20	6,70	7,45	7,18	7,44	6,22	5,76	6,02
inhoud volgens	spil + bast dm ³			244,0	238,5	269,4	119,0	123,3	139,4	293,7	328,5	431,6
kegelformule	spil-bast dm ³			215,6	211,6	238,0	104,3	108,3	122,4	245,2	278,7	364,8
	werkhout + bast dm ³			234,7	229,6	260,4	110,7	114,9	132,0	282,9	318,4	420,0
	werkhout-bast dm ³			207,8	204,2	230,2	97,5	101,3	116,0	236,5	270,9	356,0
inhoud** volgens	werkhout + bast dm ³			231,9	226,3	254,2	107,0	104,4	128,0	256,7	294,7	401,4
cylinderformule	werkhout-bast dm ³			207,7	202,4	227,0	94,7	101,6	112,8	233,2	267,7	364,2
schorspercentage bij inhoud volgens cylinderformule	11,4	11,5	11,2	12,2	11,9	12,2	9,8	10,5	9,6	13,0	15,7	16,2
gewicht boom kg	305,2		301,8	127,7		154,6	287,5		410,0	59,2		64,4
gewicht werkhout kg	219,0		210,8	88,7		108,2	223,1		345,8	39,2		45,4
gewicht kroon kg	86,2	68,5	91,0	38,9	46,9	46,4	64,4	53,3	64,2	20,4	15,8	19,2
gewicht afgevalle takken kg	10,2			6,4			33,5			4,4		
gewicht meegenomen takken kg	46,9			15,8			14,7			4,1		
gewicht top kg	28,4			16,6			16,0			11,8		
dbh met bast cm	20,63	20,80	25,46	13,72	13,55	16,3	18,27	18,19	19,70	12,32	12,20	14,14
hoogte m	21,20	21,04	22,56	13,98	13,49	15,48	19,51	19,23	19,78	14,90	13,94	15,90
werkhoutlengte m	16,30	16,48	18,88	8,29	7,73	11,08	15,08	15,20	16,10	10,32	9,19	11,46
top ø cm	7,29	6,84	6,68	6,66	6,66	6,18	7,35	6,96	6,82	6,58	6,16	6,74
inhoud volgens	spil + bast dm ³			346,5	345,6	531,8	116,4	100,1	140,6	285,8	270,9	313,0
kegelformule	spil-bast dm ³			301,5	294,9	462,0	95,6	79,0	118,8	236,2	223,2	257,6
	werkhout + bast dm ³			333,5	333,8	519,4	106,7	90,5	133,2	275,2	262,0	304,2
	werkhout - bast dm ³			290,8	285,5	452,6	87,7	71,8	112,8	227,7	215,9	250,8
inhoud** volgens	werkhout + bast dm ³			311,0	312,0	508,4	97,6	82,8	122,6	284,5	267,6	309,2
cylinderformule	werkhout - bast dm ³			278,0	278,0	460,6	86,2	71,7	111,0	237,3	220,3	256,2
schorspercentage bij inhoud volgens cylinderformule	11,4	11,4	10,0	13,7	15,5	11,4	17,7	18,6	17,6	20,0	24,0	21,4
gewicht boom per kg	305,9		463,4	117,0		153,4	268,3		283,8	90,5		128,0
gewicht werkhout kg	235,8		360,0	77,0		108,4	231,8		237,6	74,1		103,4
gewicht kroon kg	70,0	77,4	103,4	39,9	47,1	45,2	36,5	37,0	46,2	17,2	20,1	24,6
gewicht afgevalle takken kg	40,7			11,7			20,2			7,4		
gewicht meegenomen takken kg	15,3			17,2			5,6			1,3		
gewicht top kg	13,8			10,9			11,0			9,5		

* 1-24 dunningsbomen, gesleept.
25-34 dunningsbomen voor monsternamen.
35-39 opstandsmiddenbomen voor monsternamen.

** handelsmethode

bijlage 3

Correctie op het drogestofgehalte

Bij het wegen van de zakken vóór het malen bleek dat een aantal zakken zwaarder was geworden dan bij de weging in het bos. Deze zakken hadden met de krop naar boven in de regen gestaan. Het water dat zich boven de krop verzamelde sijpelde heel langzaam in de zak waardoor het gewicht toenam. Een ander aantal zakken was door gaatjes in de zakken lichter geworden. Water was uit de zakken verdampt. Deze veranderingen in gewicht hebben invloed op het gewicht van het veldvochtig monster en dienen dus gecorrigeerd te worden bij de bepaling van het drogestofgehalte.

Bij het malen van het kroonmateriaal ontstond veel warmte waardoor ook water verdampte. Alle monsters moeten dus voor deze gewichtsafname gecorrigeerd worden. Toen echter op kantoor naderhand de gewichten van alle zakken per opstand werden opgeteld van de eerste, de tweede en de derde weging (resp. in het bos na het inpakken, vóór het malen en na het malen) bleek dat in een enkel geval per opstand er na het malen meer gewicht aanwezig was dan vóór het malen. Bij onderzoek is gebleken dat bij het vermalen een deel van het materiaal in het inwendige van de machine aankoekte en dat deze koek soms pas bij een volgende lading weer los raakte. Het is niet na te gaan hoe groot deze koek was en wanneer hij los gekomen is. In tabel 32 worden de weegresultaten van de eerste, tweede en derde weging weergegeven voor zowel het kroonmateriaal als voor de stamschijven. Besloten is dit probleem rekenkundig op te lossen.

De correctie valt in twee stappen uiteen, namelijk de eerste stap voor correctie voor waterverlies of wateropname tijdens de opslagperiode en de tweede stap voor het waterverlies tijdens het malen.

De eerste stap is relatief eenvoudig uit te voeren. Per opstand wordt het gewicht van de zakken vóór en na de opslag bepaald. Het gewicht van vóór de opslag wordt gedeeld door dat van na de opslag. Het gewicht van het veldvochtig monster wordt met deze factoren vermenigvuldigen en zo gecorrigeerd.

De tweede stap is echter niet zo eenvoudig uit te voeren omdat hierbij ook het in de machine aangekoekte materiaal een rol speelt. Als we echter aannemen dat al het materiaal tijdens het malen verhou-

dingsgewijs evenveel vocht verloren heeft, kunnen we dit probleem rekenkundig oplossen. Deze aanname kunnen we doen daar uit een lineaire regressieanalyse is gebleken dat er een hoge correlatie ($r^2 = 0,95$) bestaat tussen de wegingen voor en na malen voor de monsters van zowel kroonmateriaal als van het stamhout. Voor elke waarde vóór het malen is nu een waarde na het malen berekend met behulp van de lineaire regressiefunctie. Door het gewicht vóór het malen te delen door het berekende gewicht na het malen ontstaat weer een correctiefactor waarmee het al volgens de eerste stap gecorrigeerde gewicht van het veldvochtig monster vermenigvuldigd moet worden.

Door het in het laboratorium bepaalde drooggewicht van het monster te delen door het tweemaal gecorrigeerde gewicht van het veldvochtig monster krijgen we het drogestofgehalte.

De stappen zien er dus als volgt uit:

$$\text{A. gewicht veldvochtig monster} \times \frac{\text{1e weging}}{\text{2e weging}} = \text{nieuw gewicht veldvochtig monster}$$

$$\text{B. nieuw gewicht veldvochtig monster} \times \frac{\text{2e weging}}{\text{gecorrigeerde 3e weging}} = \text{herzien gewicht veldvochtig monster}$$

$$\text{C. } \frac{\text{drooggewicht monster}}{\text{herzien gewicht veldvochtig monster}} = \text{drogestofgehalte}$$