

Inventarisatie van kleinschalig bos

Bosbeheerseenheden worden periodiek geïnventariseerd. Het doel van deze inventarisaties is het verschaffen van informatie, die relevant is voor de beheersvoering. De rol, die de verzamelde informatie speelt in het beheersproces is tweeledig: enerzijds wordt de informatie gebruikt bij het formuleren en concretiseren van doelstellingen, anderzijds wordt de informatie gebruikt om de effectiviteit van het gevoerde beheer inzake het realiseren van doelstellingen te evalueren.

Met andere woorden, de resultaten van de bosinventarisatie worden gebruikt om :

- het beheer over de afgelopen beheersperiode te beoordelen (zijn de doelstellingen, die aan het begin van de vorige periode zijn verwoord, verwezenlijkt?);
- de formulering van doelstellingen voor de komende periode te onderbouwen.

De bosinventarisatie is dus een wezenlijk onderdeel van het beheer van bos. De inventarisatie op het niveau van de beheerseenheden levert echter geen recepten voor het beheer, maar geeft eerder het kader, waarbinnen de beheersmaatregelen zich zullen afspelen. Bij de daadwerkelijke uitvoering van de beheersmaatregelen is de specifieke kennis, die de verantwoordelijke beheerder heeft van de lokale omstandigheden, van doorslaggevend belang.

Voor een goede gang van zaken

is het noodzakelijk om toestand en dynamiek van het bos te beschrijven in termen, die aansluiten bij de beheersdoelstellingen. De informatiebehoefte is gerelateerd aan de beslissingscriteria, die worden gehanteerd in het bosbeheer. De aard van de benodigde informatie wordt daarmee in belangrijke mate bepaald door de vorm van het bosbeheer. Daarnaast oefent de omgeving invloed uit op de informatiebehoefte (bv. de markt, de overheid, etc.).

In Nederland is het gebruikelijk om vanuit het beheer en de beheersplanning het bos te bezien als een verzameling homogene behandelingseenheden (opstanden) met een hoofdboomsoort en een leeftijdsklasse. Dit komt voort uit de plantage-structuur van de bossen. Beslissingen hebben betrekking op opstanden: wel of niet dunnen, kappen en verjongen enzovoorts. De informatiebehoefte ligt dus op opstandsniveau. Informatie wordt verzameld door per opstand metingen te verrichten, die worden gebruikt om met behulp van opstandsgewijze voorraad- en bijgroeimodelen opstandsvoorraad en -bijgroei te schatten. Deze methode bestaat kortweg uit de volgende onderdelen:

- alle opstanden worden gemeten;
- per opstand worden een aantal Bitterlich metingen verricht om het grondvlak per ha te schatten;
- de opperhoogte van de opstand wordt geschat. Verschillende analyse-technieken die worden gebruikt om beslissingen te ondersteunen

zijn ook gebaseerd op die indeling in opstanden. Opbrengstregeling geschiedt door technieken waarin oppervlakten per omloop (lees hoofdboomsoortgroep)- en leeftijdsklassen de parameters vormen.

Het bosbeheer is in ontwikkeling, waarbij steeds minder oppervlak- tegewijs wordt gewerkt. De bosontwikkeling leidt er toe dat ook andere dan kaalkapsystemen zijn te hanteren. De ontwikkeling gaat in de richting van natuurlijk bosbeheer (zie bijvoorbeeld activiteiten van Pro Silva), en zelfs wordt hier en daar de term uitkapbeheer gebruikt. Er zal steeds minder sprake zijn van uniforme behandelingseenheden. Het bos is niet langer een verzameling van grote homogene oppervlaktes, m.a.w. de sterke ruimtelijke scheiding van boomsoorten en leeftijden vervaagt. Het in toenemende mate kleinschaliger wordende bos zorgt ervoor, dat de homogene behandelingseenheid, gekarakteriseerd door hoofdboomsoort en leeftijdsklasse, zijn betekenis als basiseenheid voor beheer en beheersplanning verliest. De alternatieve basiseenheid is uiteraard de boom, bijv. gekarakteriseerd door boomsoort en diameterklasse. Door het veranderende bosbeheer verschuift de informatiebehoefte vanuit het beheer dus van de oppervlakte naar de boom.

De volgende nadelen maken de hierboven beschreven opstandsgewijze inventarisatie ongeschikt voor toepassing in kleinschalig bos:

- De toenemende kleinschaligheid van het bos heeft tot gevolg, dat de kosten van opstandsgewijze inventarisaties te hoog worden.
- Met de Bitterlich metingen alleen kan men niet voldoen aan de veranderende informatiebehoefte, die gepaard gaat met het veranderende bosbeheer. Het Nederlandse model-instrumentarium is niet zover ontwikkeld, dat op basis van enkele oppervlakte-gebonden kenmerken betrouwbare informatie met betrekking tot de verschillende boomsoorten en diameterklassen kan worden gegeven.

In dit artikel wordt een inventarisatiemethode beschreven, die als alternatief voor de huidige procedure kan dienen. Het betreft een methodiek, die op verschillende manieren uitgewerkt kan worden, al naar gelang de specifieke wensen van de gebruiker. Twee specifieke uitwerkingen ervan zijn in de praktijk getoetst en worden reeds gebruikt door het Staatsbosbeheer en de Bosgroep Gelderland. De inventarisatiemethode heeft de volgende voordelen ten opzichte van de gebruikelijke opstandsgewijze methode:

- De toepasbaarheid van de methodiek is onafhankelijk van de bosstructuur;
- De methode biedt de gebruiker de mogelijkheid tot het gebruik van lokale volume- en bijgroeimodellen ter vervanging van landelijk geldige modellen;
- De methode is flexibel in de afweging van kosten en kwaliteit van informatie;
- De methode geeft inzicht in de betrouwbaarheid van de resultaten.

De informatiebehoefte

De hier te beschrijven methode betreft in eerste instantie informa-

tie verbonden met het boombestand in bosbeheerseenheden. De inventarisatiemethode is gericht op het verkrijgen van inzicht in de verdeling van boomsoorten naar diameterklassen, en daar direct aan verbonden de berekende houtvoorraad en houtbijgroei, de bosstructuur, het staande dode hout en dergelijke. De keuze voor informatie met betrekking tot het boombestand komt voort uit de gedachte dat het wezenlijke van bos is de aanwezigheid van bomen. Kwantitatieve informatie over het bomenbestand kan worden geïnterpreteerd naar bospatroon en daarbijbehorende dynamiek (proces), hetgeen de te besturen fenomenen zijn. De opeenvolgende inventarisaties beschrijven toestanden in een continu proces van bosontwikkeling. Door toestanden te vergelijken is men in staat de processen te beschrijven. De aangegeven beperking houdt niet in dat andere informatie onbelangrijk wordt geacht, noch dat andere grootheden niet in een zelfde procedure zijn te inventariseren. De procedure kent namelijk als basis steekproefvlakten die representatief zijn voor een bepaalde oppervlakte. Dit heeft tot gevolg dat informatie verzameld kan worden die verbonden is met de boom of met de oppervlakte, zoals bijv. vegetatietypen, liggend dood hout, structuurtypen, en in het algemeen fenomenen die zijn waar te nemen en te classificeren. Er is één belangrijke beperking, namelijk dat de methode geen informatie geeft per opstand of afdeling.

Naar ons idee zal een methode als wordt beschreven in hoofdzak worden toegepast in beheerssituaties gericht op produktiebos, multifunctioneel bos of bossen waarin sprake is van zogenaamd *geïntegreerd* bosbeheer. In de beschreven vormen

van bosbeheer speelt houtproductie in meerdere of mindere mate een rol. Houtproductie kan worden opgevat als een bedrijfsproces. Het is een typisch proces, omdat het productie-apparaat (de assimilerende delen aan de staande voorraad hout, groeiing stock is in dit verband een functionele term) en het produkt (bijgroei van staande voorraad) onlosmakelijk met elkaar zijn verbonden. Het oogsten van hout beperkt zich dan ook niet tot het wegnemen van het produkt, zoals in een landbouwsysteem bijvoorbeeld, maar beïnvloedt ook de grootte van het productie-apparaat. Met andere woorden, beslissingen ten aanzien van het niveau van de houtvoorraad bepalen het niveau en de aanwending van het belangrijkste produktiemiddel. Het variëren van de hoogte van de voorraad is het zoeken naar een optimale balans tussen voorraad (productie-apparaat) en bijgroei (produkt).

Het produkt hout, dat voortkomt uit het beschreven bedrijfsproces wordt aangeboden op de markt. Op deze markt variëren prijzen naar plaats, tijd en de combinatie soort-sortiment. Voor een goede bedrijfsvoering is het noodzakelijk dat marktinformatie wordt gekoppeld aan de potentiële stroom van produkten, die kan worden geleverd. Inzicht in de opbouw van de houtvoorraad en bijgroei is daarvoor van belang. Dit geldt te meer daar het mogelijk is het tijdstip van levering te kiezen binnen een zeer ruime marge. Immers, het hout op stam verminderd in principe niet in kwaliteit als wordt gewacht met oogsten.

Omdat groeiprocessen in bossen zich afspelen over lange termijnen is het noodzakelijk de effecten van beheersingrepen op langere termijn te evalueren. Informatie welke inzicht geeft in

houtvoorraad en bijgroei, en te verwachten veranderingen daarin is relevant voor de bosbeheerder.

Concluderend kan worden gesteld dat op grond van het hiervoor beschreven karakter van bosbeheersbeslissingen de volgende informatie relevant is:

- niveau van houtvoorraad (per bedrijf of bedrijfsklasse);
- niveau van bijgroei;
- houtvoorraad per diameterklasse en boomsoort;
- bijgroei per diameterklasse en boomsoort;
- te verwachten veranderingen in genoemde variabelen.

Indien men is geïnteresseerd in de natuurwaarden van bossen, dan spelen variabelen een rol als: soortensamenstelling (diversiteit), structuur (als indicator van voorkomende natuurlijke processen), voorkomen van dood hout e.d. De te presenteren methodiek is eenvoudig te richten op dit soort variabelen. Dit vereist wel de mogelijkheden van classificatie en interpretatie (waardering) van deze variabelen.

De inventarisatiemethode

In het algemeen kan men de volgende eisen stellen aan een inventarisatiemethode, die wordt toegepast als wezenlijk onderdeel van het beheersproces:

- er moet een acceptabel verband bestaan tussen de kosten van de inventarisatie en de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van te verzamelen gegevens;
- de methode moet onafhankelijk zijn van de bosstructuur, opdat de resultaten door de tijd vergelijkbaar zullen blijven;
- de methodiek moet het karakter hebben van een monitorsysteem, opdat op grond van te beschrijven toestanden in de tijd inzicht wordt gekre-

gen in de bosontwikkeling;

- de uit te voeren inventarisatie moet controleerbaar zijn.

Een systematische steekproefsgewijze inventarisatiemethode voldoet, althans in de Nederlandse situatie (denk aan de infrastructuur) naar onze mening het beste aan de gestelde eisen.

Voordelen van een systematisch steekproefnet zijn:

- De variatie van de schattingen is bij het gebruik een systematische steekproef kleiner dan bij een aselekte steekproef. Dit wordt veroorzaakt door de gegarandeerde representatieve ruimtelijke verdeling van de steekproefpunten.
- De systematische steekproef geeft bij een redelijke dichtheid de mogelijkheid tot poststratificatie. Dit is een statistische techniek waarbij men de steekproefpunten toedeelt aan vergelijkbare delen (strata) van het bos waardoor de betrouwbaarheid van de schattingen kan worden vergroot.

Systematische steekproefsgewijze inventarisaties kan men uitvoeren met behulp van permanente dan wel tijdelijke steekproefpunten. Onder een permanent steekproefpunt verstaan we een steekproefpunt, waarvan de locatie exact kan worden teruggevonden en waarvan de bomen, die zich op het met het punt geassocieerde plot bevinden, ook exact zijn terug te vinden. Onder tijdelijke steekproefpunten verstaan we punten, waarvan de locatie is vastgelegd op een overzichtskaart van het bosgebied en waarvan de locaties van de met het punt geassocieerde bomen niet zijn vastgelegd.

Voor beide methoden geschiedt het vaststellen van de staande voorraad hout op dezelfde wijze.

Alle bomen binnen het steekproefplot worden geklemd en de boomsoort wordt genoteerd. Ten behoeve van de voorraadschattingen kan gebruik worden gemaakt van lokale massatarieven. Van een aantal bomen binnen de steekproef, hier proefbomen genoemd, wordt de hoogte gemeten. Met behulp van massatabellen wordt voor elke proefboom het spilhoutvolume berekend op basis van de gemeten diameter en boomhoogte. Gebruik makend van deze gegevens worden lokale massatarieven vervaardigd, dat wil zeggen dat per soort een locatie-specifiek verband wordt bepaald tussen borsthoogtediameter en spilvolume. Deze relatie wordt dan gebruikt om het spilhoutvolume te schatten van alle overige bomen binnen de steekproef.

Permanente en tijdelijke punten verschillen wel, waar het schattingen van de bijgroei betreft. Doordat het mogelijk is bij een volgende inventarisatie de blijvende bomen terug te vinden kan men de werkelijke bijgroei (en ook bijv. het geogste volume) meten. Deze werkwijze is bijvoorbeeld gevolgd door het HOSP-project van het Ministerie van LNV, directie NBLF (van Heusden, 1990). Een onbevredigend aspect van deze werkwijze is, dat men bij een eerste inventarisatie van een bosobject niet over bijgroecijsers kan beschikken. Daarnaast heeft het gebruik van permanente steekproefpunten nog de volgende nadelen, die betrekking hebben op de kosten:

- het installeren van permanente steekproefpunten is relatief duur;
- het terug zoeken van de steekproefpunten is relatief duur;
- permanente steekproefpunten moeten regelmatig worden hermeten; indien men te lang

weg blijft is het vanwege opgetreden veranderingen moeilijk om precies dezelfde bomen te meten, vast te stellen welke bomen zijn ingegroeid boven de meetdrempel e.d. De betrouwbaarheid van de informatie neemt af. Waarschijnlijk is een termijn van 4 tot 5 jaar optimaal, hetgeen mogelijk een te groot beslag legt op de beschikbare middelen.

Gezien deze nadelen is het voor grote boseigenaren aan te bevelen tijdelijke steekproefpunten te gebruiken. Daarbij is het uiteraard wel de opzet, dat bij opeenvolgende inventarisaties gebruik wordt gemaakt van dezelfde (maar niet exact terug te vinden) locaties van de steekproefpunten. Voor het schatten van de bijgroei staan, in het geval van het gebruik van tijdelijke steekproefpunten, twee opties tot onze beschikking :

- De bijgroei wordt boomsgewijs geschat met behulp van de bijgroeischaters, die zijn ontwikkeld in het kader van de Houtoogststatistiek (Schoonderwoerd, 1990). Deze schatters geven de te verwachten grondvlakbijgroei van de boom als functie van de boomsoort, de huidige concurrentiepositie en de afmeting van de boom in relatie tot zijn leeftijd.
- De bijgroei wordt direct gemeten aan proefbomen door het nemen van boorkernen. Analooq aan de hierboven beschreven object-specifieke massatarieven gebruikt men de boorkern-gegevens om object-specifieke bijgroeitarieven vast te stellen.

Elk steekproefpunt van het systematische net, dat binnen het te inventariseren bosgebied valt, krijgt een proefvlakte, waarop de metingen worden verricht. De proefvlakte is cirkelvormig, omdat dit in het veld de meest efficiënte arbeidsgang zal geven.

De oppervlakte die per steekproefpunt wordt bemonsterd is variabel en hangt af van de ter plekke aangetroffen dichtheid van de bomen. Een constante oppervlakte zou betekenen, dat relatief dikke bomen ondervertegenwoordigd zijn in de steekproef, terwijl relatief dunne bomen (waarvan er veel meer zijn per oppervlakte-eenheid), zijn oververtegenwoordigd. Daarbij komt dat op steekproefpunten met dunne bomen heel veel geklemd zou moeten worden.

Bemonsteringspercentage

Het bemonsteringspercentage, met andere woorden de grootte van de steekproef, wordt bepaald door het aantal steekproefpunten en de te bemonsteren oppervlakte per steekproefpunt. De bemonstering die men toepast is afhankelijk van de eisen die men stelt aan de kwaliteit van de informatie (betrouwbaarheid) en de kosten die men wil maken voor een inventarisatie.

Betrouwbaarheid is van belang, omdat de resultaten van de inventarisatie zijn verkregen uit een steekproef. De gevonden resultaten gelden als schattingen voor de gehele oppervlakte, en hoeven niet noodzakelijkerwijs gelijk te zijn aan de juiste waarden. De betrouwbaarheid van de schattingen is een maat voor de spreiding in uitkomsten, die men krijgt als de uitgevoerde steekproef zou worden herhaald. Bij een herhaling wordt er aseleect een nieuw net van steekproeven over de beheerseenheid gelegd. De betrouwbaarheid van de schattingen wordt weergegeven in de vorm van het zogenaamde 95% betrouwbaarheidsinterval. Dit interval geeft de range aan waarbinnen de schattingen zullen vallen in (ongeveer) 95 % van de herhalingen.

De betrouwbaarheid van inventarisatie-resultaten is afhankelijk van:

- de spreiding in de gemeten grootheden tussen de punten

De spreiding tussen de verschillende steekproefpunten is afhankelijk van de bosstructuur en als zodanig niet te manipuleren ten behoeve van de inventarisatie. Het is wel mogelijk (en raadzaam) om, gebruik makend van kaartinformatie, het effect van de aanwezige spreiding op de betrouwbaarheid te verkleinen door het toepassen van stratificatie: het indelen van het bos in homogene groepen (strata) op basis van een op de kaart aangegeven eigenschap, bijvoorbeeld

bijvoorbeeld (hoofd)boomsoort en opstandsleeftijd(sklasse). Daarmee kan men het aantal steekproefpunten verminderen dat men nodig heeft om een gewenst betrouwbaarheidsniveau te bereiken. Voor een relatief grootschalige beheerseenheid bijvoorbeeld, met veel monocultures, heeft men zonder stratificeren vier maal zo veel steekproefpunten nodig dan mét stratificeren om een bepaald betrouwbaarheidsniveau te bereiken.

Bij kleinschaliger en meer gemengd bos wordt het voordeel geringer, ten minste bij toepassing van hoofdboomsoort en opstandsleeftijdsklasse als stratificatie-variabelen. Als in een dergelijk beheer de begrippen hoofdboomsoort en opstandsleeftijd hun betekenis hebben verloren, is het effect van stratificeren met deze variabelen op de uiteindelijke betrouwbaarheid nihil. Mogelijk kunnen andere kenmerken, bijv. bodemtypen, de basis voor een stratificatie geven in dergelijk gevarieerd bos.

- de spreiding rond de verschillende modellen die worden toegepast bij de verwerking van de meetresultaten zoals massatarieven, massatabellen en bijgroeimodellen.

Uit ervaringen met de inventari-

satie van bosbeheerseenheden is gebleken, dat de invloed van deze variatiebron op de uiteindelijke betrouwbaarheid van de resultaten gering is (bijv. Jansen, 1990).

– het aantal steekproefpunten
Het aantal steekproefpunten is dus het enige instrument, dat men tot zijn beschikking heeft om de betrouwbaarheid van de resultaten te manipuleren. Hier wordt de afweging gemaakt tussen het belang, dat men stelt aan de betrouwbaarheid van de verschillende schattingen en de kosten, die het uit te voeren veldwerk met zich meebrengt.

De resultaten

Toepassing van de beschreven inventarisatie-methode levert, gegeven een zekere invulling van de verschillende keuzes, die men tijdens de vormgeving van de inventarisaties heeft, de volgende resultaten :

- Een set lokale massatarieven;
- Een set lokale bijgroetarieven;
- Een gedetailleerde beschrijving van de levende staande voorraad in de vorm van schattingen van stamtaal, staande voorraad en lopende bijgroei per boomsoort en diameterklasse;
- (Geschatte) betrouwbaarhe-

den van de genoemde schattingen;

- Een gedetailleerde beschrijving van de dode staande voorraad in de vorm van schattingen van stamtaal en voorraad per boomsoort en diameterklasse;
- (Geschatte) betrouwbaarheden van de genoemde schattingen;
- Indices voor de soortendiversiteit van het bos;
- Een index voor de bosstructuur.

Alle resultaten kunnen weergegeven worden voor de verschillende onderscheiden strata (als er is gestratificeerd) of planeenheden. Uiteraard hangt de betrouwbaarheid van de schattingen per deelgebied van het bos sterk af van de grootte van het gebied.

Voor een fictieve bosbeheerse-eenheid (een deel van een niet nader te noemen groter bosgebied in Nederland, dat volgens de hier beschreven methode is geïnventariseerd) worden de resultaten gepresenteerd in de figuren 1 tot en met 8. Het betreft hier een steekproef van 301 punten in een gebied van 406.42 ha bos. Van de geselecteerde proefbomen is de hoogte gemeten, en op basis van deze metin-

gen zijn lokale massatarieven ontwikkeld. Figuur 1 is een weergave van de gemeten volumes van de proefbomen. In vergelijking tot de landelijke massatarieven, die zijn gebaseerd op metingen van de Nederlandse Houtoogststatistiek, ligt het gemiddelde boomvolume van de inlandse eik in de beheerseenheid bij een bepaalde dbh aanzienlijk lager. Met andere woorden, het landelijke massatarief overschat het volume inlandse eik, en zelfs aanzienlijk. Een vergelijking tussen het lokale en het landelijke tarief voor eik wordt gemaakt in figuur 2. Dergelijke afwijkingen ten opzichte van het landelijk gemiddelde komen ook bij andere boomsoorten en in andere beheerseenheden voor. Ten behoeve van een zuivere schatting van de staande voorraad is het dus aan te bevelen lokale massatarieven te maken.

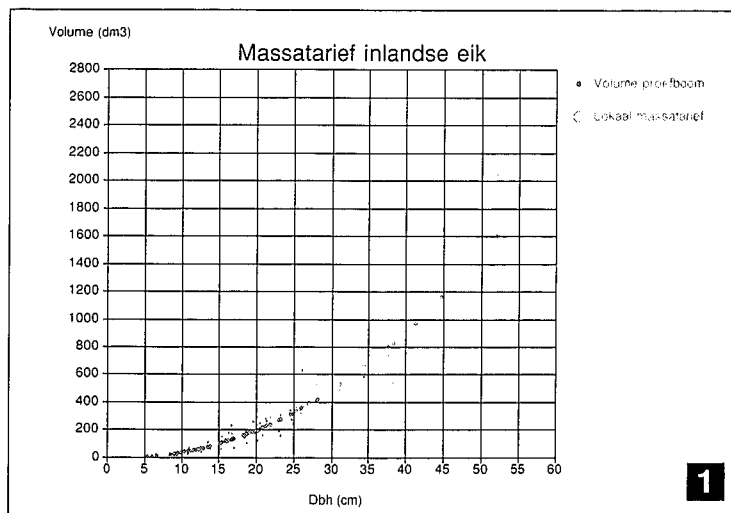
Verschillen tussen de landelijke en lokale massatarieven voor een boomsoort zijn in feite verschillen tussen de landelijke en lokale gemiddelde hoogte, die bomen van de betreffende soort hebben bij een zekere diameter. Het ligt voor de hand dergelijke verschillen aan te treffen, wanneer men landelijke cijfers toepast op lokaal niveau. Daarnaast zijn een aantal mogelijke oorzaken van deze hoogteverschillen direct aan te wijzen, bijv. :

- een groot aantal van de bomen in het bos is verstoord in zijn hoogte-diameter verhouding (dit komt o.a. voor als de inlandse eik vnl. uit hakhout is ontstaan ; een andere mogelijkheid is te vinden in de kustgebieden, waar de wind een duidelijke stempel drukt op de h-d verhouding) ;
- bij goede groeiplaatsen met op grote schaal dunningsachterstanden.

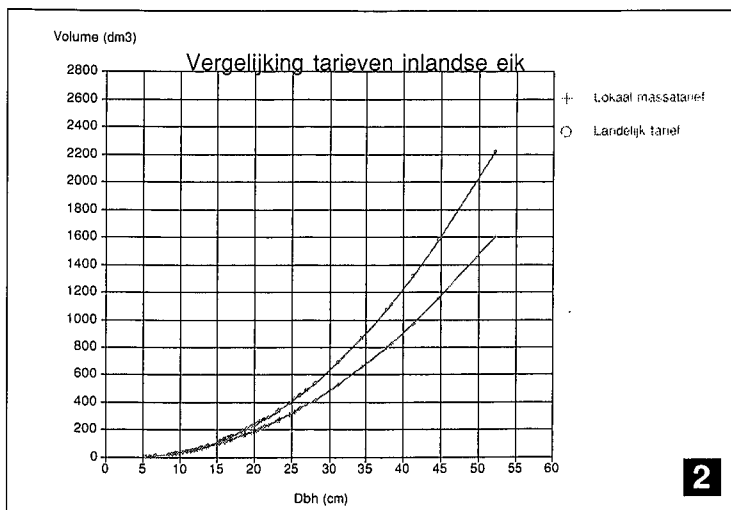
Van de proefbomen is niet alleen

Tabel 1. Overzicht voorraad en bijgroei per boomsoort

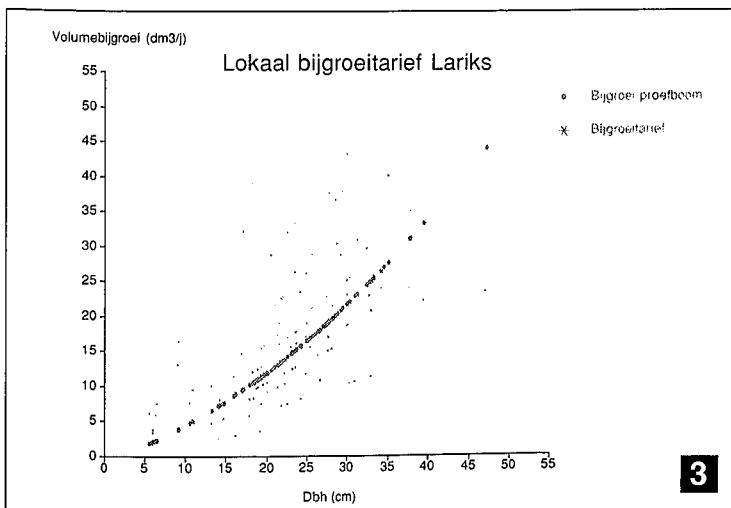
Boomsoort	Staande voorraad			Lopende bijgroei			Bijgroei procent
	totaal (m ³)	per ha (m ³ /ha)	95%btbhi	totaal (m ³ /j)	per ha (m ³ /ha/j)	95%btbhi	
Am.eik	10376	25.5	+/- 20%	376.1	0.93	+/- 19%	3.6
Berk	1485	3.7	+/- 41%	76.4	0.19	+/- 41%	5.1
Beuk	9846	24.2	+/- 22%	275.9	0.68	+/- 23%	2.8
Inl.eik	2597	6.4	+/- 31%	101.8	0.25	+/- 34%	3.9
Ov.loof	203	0.5	+/-107%	13.4	0.03	+/-110%	6.6
Douglas	7954	19.6	+/- 19%	603.6	1.49	+/- 19%	7.6
Groveden	12854	31.6	+/- 14%	523.8	1.29	+/- 16%	4.1
Jap.lar.	7734	19.0	+/- 12%	480.3	1.18	+/- 13%	6.2
Ov.naald	4943	12.2	+/- 22%	451.6	1.11	+/- 30%	9.1
Totaal:	57992	142.7	+/- 9%	2902.8	7.14	+/- 9%	5.0



1



2



3

de hoogte gemeten, maar ook de jaarringbreedte van de afgelopen 5 groeiseizoenen. Op basis van deze waarnemingen is de lopende volumebijgroei per proefboom geschat door gebruik te maken van de ontwikkelde lokale massatarieven. Analoog aan de hierboven beschreven massatarieven is ten behoeve van de bijgroeischattingen per boomsoort een lokaal tarief bepaald, dat het verband tussen de diameter van een boom van de betreffende soort en de bijbehorende gemiddelde lopende volumebijgroei (dm^3/j) kwantificeert. Figuur 3 is een weergave van zo'n lokaal bijgroeitariet voor de lariks in het geïnventariseerde bos. Deze werkwijze maakt het dus mogelijk de bijgroei te schatten met lokale modellen.

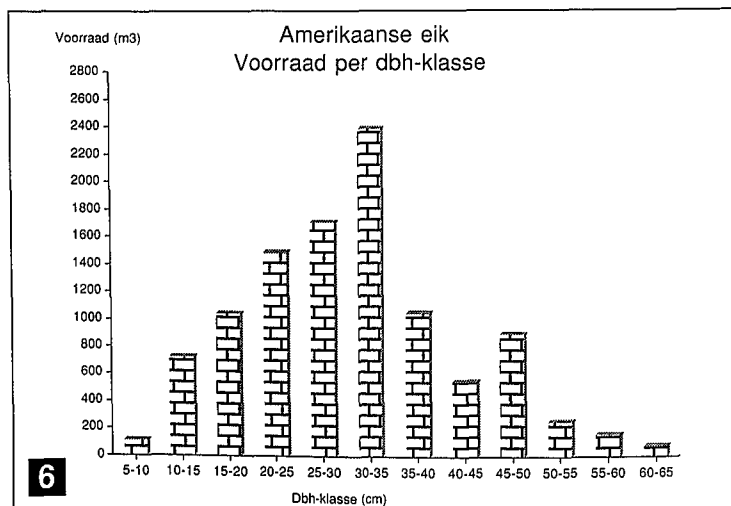
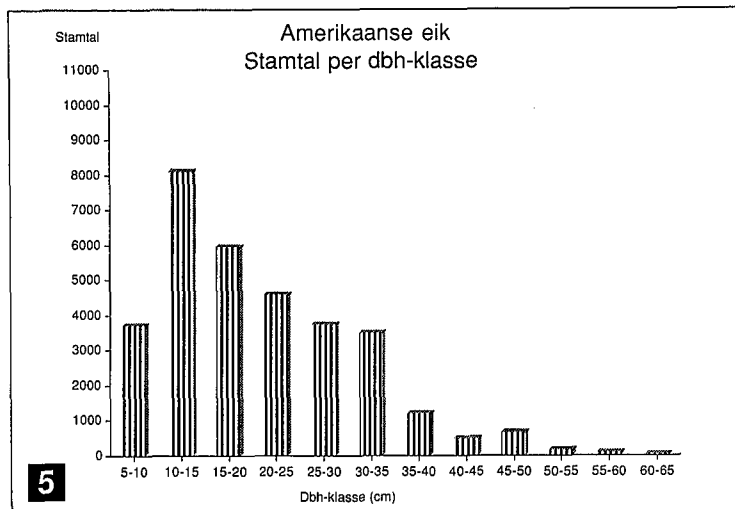
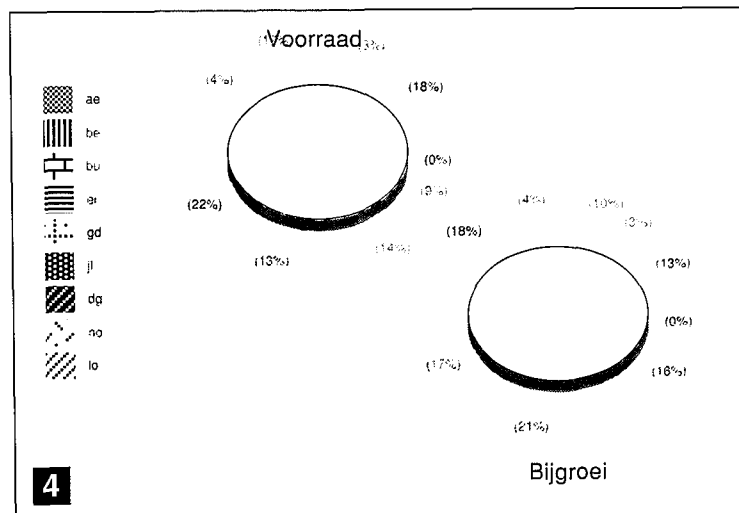
Met behulp van de ontwikkelde lokale modellen voor volume en volumebijgroei worden nu de verzamelde basisgegevens verwerkt tot schattingen van stamtal, voorraad en lopende bijgroei per boomsoort en diameterklasse. Figuur 4 en tabel 1 geven een overzicht van de huidige boomsoortensamenstelling van het bos in termen van voorraad en lopende bijgroei. Deze informatie is dus wezenlijk verschillend van de oppervlaktegewijze verdeling van hoofdboomsoorten. De bijgroei-prestatie in relatie tot de voorraad is in figuur 4 af te lezen als het verschil tussen de twee fracties. Boomsoorten met een groter aandeel in de bijgroei dan in de voorraad zijn goed groeiend (zie in tabel 1 de bijgroei-percentages).

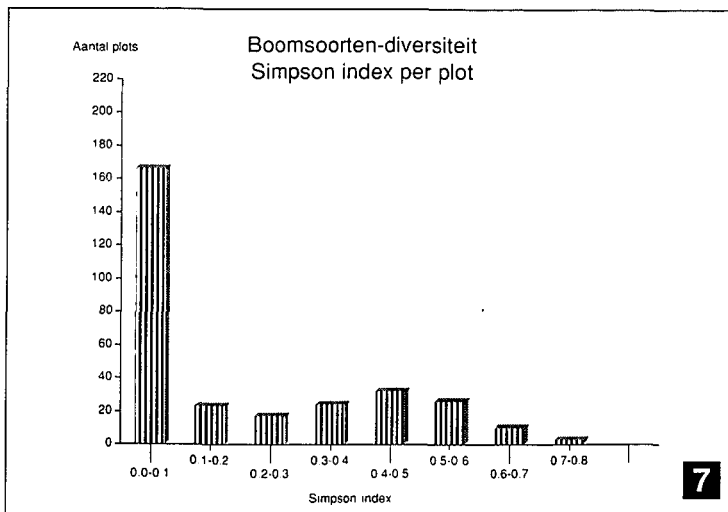
De informatie wordt per boomsoort nader uitgesplitst naar diameterklassen; in dit voorbeeld wordt een breedte van 5 cm gehanteerd. Figuur 5 geeft de stamtalverdeling over de diameterklassen weer voor de Amerikaanse eik in het geïnventariseerde bos. Duidelijk is hier het

gebrek aan verjonging van Amerikaanse eik. Tevens krijgt men een indruk van de afmetingen, die de betreffende boomsoort kan bereiken in het onderhavige bos. Verder dient men de huidige verdelingen van stamtal en voorraad (Figuur 6) te vergelijken met een referentie-verdeling om te kunnen beoordelen in hoeverre de huidige samenstelling tegemoet komt aan de doelstellingen (zie volgende paragraaf).

De figuren 5 en 6 hebben betrekking op de levende staande voorraad. Gelijksortige informatie is beschikbaar voor de dode staande voorraad.

Via het niveau en de samenstelling van de kap en verjonging stuurt men de ontwikkeling van het voorraads-niveau en de samenstelling van deze voorraad, uitgesplitst in boomsoorten en diameterklassen. Via de ruimtelijke verdeling van de kap stuurt men de ontwikkeling van de bosstructuur: de ruimtelijke opbouw van het bos. De bosstructuur kan variëren van zeer schematisch, alle bomen van zekere soort en grootte staan bij elkaar (in gelijkjarige monocultures), tot gevarieerd, waar bomen van verschillende soorten en afmetingen elkaars directe burens zijn (plenterbos). In het algemeen kan worden gesteld, dat met het ouder worden van het Nederlandse bos, de ruimtelijke opbouw ervan minder schematisch wordt, mede onder invloed van het hierop inspelende bosbeheer. Alweer algemeen gesteld, het bosbeheer stelt zich tot doel deze differentiatie in het bos te begeleiden en te stimuleren of, zoals vaak is te lezen, de structuur te verhogen/verbeteren/vermeerderen. De formulering van de doelstellingen met betrekking tot de bosstructuur komt meestal niet verder dan bovenstaande vaag-





heid. Dit wordt veroorzaakt door een gebrek aan definities en aan een meetschaal voor de (aspecten) van structuur.

Twee aspecten van de bosstructuur kunnen met behulp van de gegevens, die de hier beschreven inventarisatie-methodiek oplevert, worden gekarakteriseerd door een meetbare en evalueerbare index, die in principe de planning en controle van de ontwikkeling van deze aspecten van de bosstructuur mogelijk maakt. Het betreft de ruimtelijke verdeling van boomsoorten (soortendiversiteit, mengingen) en de ruimtelijke verdeling van de combinatie van boomsoorten en diameterklassen in het bos. Dergelijke indices zijn toepassingen van het diversiteitsconcept van Patil en Taillie (1982). Dit concept is onder meer toegepast door Swindel et al (1984) om de invloed van beheersingrepen op de soortendiversiteit van de begroeiing te kunnen meten.

Onder bosstructuur verstaan we de ruimtelijke verdeling van het bomenbestand, of nauwkeuriger de ruimtelijke verdeling van met bomen geassocieerde kenmerken, in het bos. Dus, beschouw

een boom X. Boom X heeft een aantal kenmerken, zoals boomsoort en diameterklasse. De vraag is nu, welke kenmerken de bomen in de directe omgeving van boom X hebben. En hoe de verdeling van deze kenmerken ter plekke te vertalen is naar een maat voor structuur. We definiëren nu (even grof gezegd), dat de structuur groter wordt als de bomen (aantal, grondvlak, etc.), alle buren van elkaar, verdeeld zijn over meer verschillende combinaties van boomsoort en diameterklasse. Er zijn nu verschillende indices te bedenken, die de eigenschap bezitten dat hun waarde groter wordt met toenemende structuur van het bos. Dergelijke indices kunnen dus in principe worden toegepast voor het volgen van de ontwikkeling van de bosstructuur. N.B., de soortendiversiteit is in deze context een aspect van de bosstructuur.

De plotnames, zoals die hier zijn beschreven, lenen zich goed voor de berekening van een structuurindex. Per steekproefpunt hebben we dan een waarde voor de structuur, waarvoor geldt, dat hoe groter de waarde is, des te groter/hoger/meer is de structuur ter plekke. Een maat

voor de structuur van het bos in een (deel van een) boswachterij is het gemiddelde over alle waargenomen steekproefpunten.

Figuur 7 geeft de resultaten van de plotsgewijze soortendiversiteit, die berekend is door voor elke waargenomen boomsoort i het aandeel P_i in het totale grondvlak binnen de plot te berekenen. Deze waarden P_i worden tot een index hervormd door bijvoorbeeld de Simpson index:

$$I = 1 - \sum (P_i)^2$$

Plots zonder bomen krijgen een indexwaarde $I=0$. Het betreft hier steekproefpunten op kapvlaktes, die geen bijdrage leveren aan de soortendiversiteit. Ook plots, waarbinnen zich slechts bomen van één soort bevinden hebben $I=0$. Voor plots met 20 bomen is de maximale waarde van I gelijk aan 0.95. De gemiddelde soortendiversiteit per plot (groepen van ca 20 bomen) volgens deze index is 0.23. Andere indices inclusief andere definities van P_i zijn mogelijk, maar worden hier niet gedemonstreerd.

Figuur 8 geeft de resultaten weer van de berekening van de structuurindex voor boomsoort en diameterklasse. De gehanteerde klassebreedte is 10 cm. Per voorkomende combinatie van boomsoort en diameterklasse wordt een waarde P_i berekend als de fractie bomen, die in de betreffende klasse (gekarakteriseerd door boomsoort en dbh-klasse) valt. Een plot-index wordt bijvoorbeeld berekend met de zgn. Shannon index :

$$I = -\sum (P_i \cdot \log P_i)$$

Ook hier krijgen de plots zonder bomen een indexwaarde $I=0$. Van plots in monocultures wordt door de index slechts de spreiding in diameter gemeten, voorzover aanwezig. De maximale waarde van deze index wordt bereikt, wanneer alle bomen binnen de plot in verschillende klassen

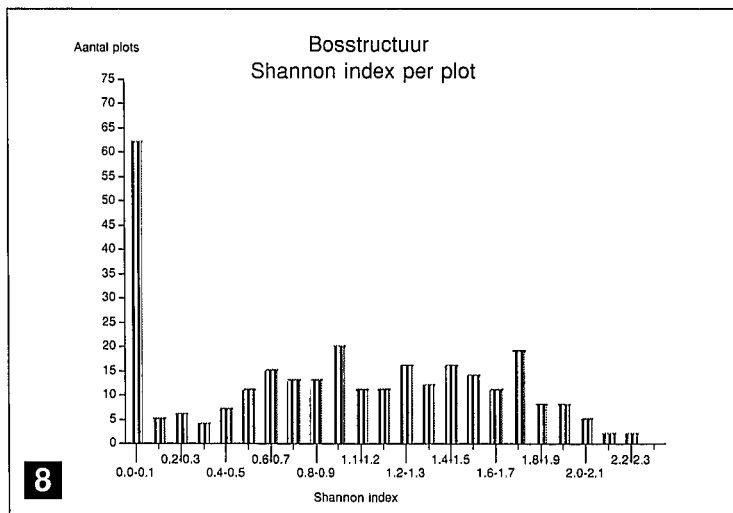
vallen. Voor een plot met 20 bomen is dit maximum ca 3.0. Gemiddeld per plot is de structuurindex voor de fictieve beheerseenheid 0.90.

Dit soort indices zijn wel enigszins gevoelig voor het aantal bomen, dat per plot wordt gemeten. Het is daarom van belang bij de uitvoering van de inventarisatie een plotgrootte te hanteren, zodanig dat het aantal te meten bomen zo dicht mogelijk bij het streefaantal ligt.

De hoogste gemiddelde waarde van de hier gehanteerde structuurindex vindt men in een perfect plenterbos, waar alle stadia van de boomontwikkeling overal aanwezig zijn. De minimale structuur vindt men in een gelijkjarig populierenbos, waar alle bomen van dezelfde soort zijn en ook nog alle nagenoeg even dik.

Niet altijd zal men echter willen streven naar een maximale structuur, zoals die hier is gedefinieerd. Andere definities van bosstructuur geven andere meet-schalen en kunnen dus niet zonder meer worden toegepast met het hier besproken concept. Bijvoorbeeld, als men de structuur relateert aan de verschillen in structuur, die men aantreft tussen de plots, (dus meer een macrostructuur), dan zou men niet de gemiddelde index moeten uitrekenen, maar juist de spreiding van de index over de plots.

Ook is het niet vanzelfsprekend, dat de verzamelde boomsgewijze informatie, te weten soort en diameter, de meest nuttige is voor de berekening van een structuurindex. Mogelijk geeft een speciaal voor dit doel geconstrueerde boomklasse bijv. voor de potenties van bomen, meer inzichten met betrekking tot het wezenlijke van de bosstructuur dan een willekeurige diame-



terklasse. Met andere woorden, de hier voorgestelde werkwijze is een aanzet tot de ontwikkeling van goede indices, en moet nog verder worden ontwikkeld.

Gebruik van de resultaten in de beheersplanning

De geproduceerde informatie wordt in eerste instantie gebruikt om het gevoerde beheer in de afgelopen beheersperiode te evalueren. Het betreft in dit stadium van de analyse vragen, die men direct kan beantwoorden op basis van de geproduceerde informatie.

Bijv.:

- Is de hoogte van de voorraad veranderd volgens de doelstelling?
- Is de verhouding tussen voorraad en bijgroei veranderd in de richting van de gewenste verhouding?
- Is de gewenste verschuiving in soortensamenstelling gerealiseerd?
- Is de verdeling van het aantal bomen over de diameterklassen conform hetgeen men heeft nagestreefd?
- Is er voldoende ingroei (geslaagde verjonging) in het bos?
- Is de nagestreefde verhoging

van de soortendiversiteit (mengingen) gerealiseerd?

- Is de staande voorraad dood hout conform de doelstelling?
- Is de differentiatie van het bos toegenomen?

In dit evaluatieproces is het met name van belang de oorzaken te achterhalen van die aspecten, waarvan de doelstellingen niet gerealiseerd konden worden.

Op basis van diverse criteria bepaalt men de doelstellingen voor de komende beheersperiode. Deze doelstellingen worden vertaald naar uit te voeren beheersmaatregelen, die geformuleerd worden in termen van de informatie, die door het inventarisatiesysteem wordt geleverd. Dit betekent, dat als wordt gesproken van een na te streven boomsoortensamenstelling binnen (een deel van) het bosgebied, deze samenstelling betrekking heeft op de staande voorraad (of op het stamta) en niet langer op de oppervlakte. De normale leeftijdsclassieverdeling heeft in het kleinschalige, gedifferentieerde bos zijn betekenis als basis voor de bepaling van de verantwoorde kap verloren. Analoog aan de normale leeftijdsklasse-opbouw van het bos kan men in termen

van de diameterklasse denken aan de normale diameterklasse-opbouw van het bos. Een dergelijke normale diameterverdeling uit zich dan in een strikt dalende frequentie van bomen in de opklimmende diameterklassen. De bijgroei, oogst, ingroei en mortaliteit (sterfte) in dit normale bos zijn zodanig, dat de normale diameteropbouw door de tijd gehandhaafd blijft (stabiele diameterfrequentie-curve).

Het enige instrument, dat de beheerder tot zijn beschikking heeft om direct de verschillende aspecten van de bossamenstelling te sturen is de kap. De Klein en Jansen (1992) gebruiken de evenwichtsverdeling als doelstructuur om te komen tot prognoses van de kap in ongelijkjarig bos. Zij kwantificeren de doelstructuur met behulp van een beschrijvend model. De verschillende parameters van dit model zijn biologisch relevant (dichtheid, doeldiameter, etc.), zodat het formuleren van de doelstructuur direct is gerelateerd aan de kennis van de mogelijkheden van groeiplaats en boomsoorten. Via deze benadering is het mogelijk om de verschillende grootheden, die de dynamiek van het bos bepalen (bijgroei, ingroei, sterfte, oogst, tijd) bijeen te brengen in een model. Het is efficiënt om daarbij gebruik te maken van de matrix-rekening en de reeds ontwikkelde theorie voor het gebruik ervan met betrekking tot het beheer van (ongelijkjarig/kleinschalig/gedifferentieerd) bos.

De verschillende onderdelen van het "dynamiek"- of overgangsmodel worden als volgt gekwantificeerd :

- Stel diameterklassen vast.
- Bepaal het tijdsinterval van de veranderingen, die beschreven worden door het model.
- Ontwikkel een model voor de

bijgroei per boom voor de onderscheiden diameter klassen. Bijgroeimetingen aan proefbomen spelen hier dus een belangrijke rol! Neem de dichtheid van het bos op als verklarende variabele. Schat de fracties blijvers en springers van de verschillende diameterklassen op basis van het bijgroemodel.

- Bepaal de benodigde hoeveelheid verjonging. Neem deze verjonging op in het model, eventueel gecorrigeerd voor de 'huidige' dichtheid.
- Specificeer een rekenregel voor de bepaling van de kap op basis van het verschil tussen de waargenomen voorraad en de doel-voorraad per boomsoort en diameter klasse.

De Klein en Jansen (1992) demonstren deze stappen in een uitgewerkt voorbeeld voor het Kolkbos op Schovenhorst.

Om de voorgestelde indices voor soortendiversiteit en bosstructuur toe te kunnen passen in het planingsproces hebben we meer informatie nodig. Hoe groot is de structuur en diversiteit in de doelbossen en hoe snel kunnen we de structuur van de bestaande bossen vergroten? Zonder deze informatie komen we niet verder dan het volgen van de ontwikkelingen. De vraag is dus, hoe we aan deze informatie kunnen komen. Mogelijke oplossingen zijn :

- Gebruik maken van de reeds verzamelde en nog te verzamelen inventarisatiegegevens om een indruk te krijgen van de structuur-grootte en mate van diversiteit in de verschillende gemeten bossen.
- Het meten van daartoe geselecteerde bossen, die model kunnen staan voor verschillende doelbossen.
- Simulatie van beheersingrepen met als uitgangspunt de

basisgegevens van de uitgevoerde inventarisaties. Doel is dan om een indruk te krijgen van de mogelijkheden, die er zijn om in een beheersperiode structuur en diversiteit te vergroten.

Om te komen tot een planning en controle van de bosstructuur en soortendiversiteit voor een (deel van een) boswachterij zijn de hier beschreven inzichten van belang. En gezien de belangstelling voor alle van het kaalkapsysteem afwijkende beheersbenaderingen is het zinvol om aandacht te besteden aan een dergelijk systeem van planning en controle.

Literatuur

- Cunia, T. 1985. On the error of biomass estimates in forest inventories. Part 1: Its major components. *Fac. For. Misc. Publ. 8*, SUNY College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, New York, U.S.A.
- Graat, R.A. en D.H. Joustra. 1992. Toepassing van Pro Silva-ideeën in het beheer van multifunctioneel bos. *NBT 64 (7)*, 323-328.
- Heusden, W.R.M. van (eindred.). 1990. Instructie inventarisatie steekproefpunten bosterrein. Directie Bos- en Landschapsbouw, afd. Statistiek.
- Jansen, J.J. 1990. De nauwkeurigheid van de volume-schatting bij de bosinventarisatie van de boswachterij Smilde. Rapport 1990-03-20, Vakgroep Bosbouw, LU, Wageningen.
- De Klein, J.P. en J.J. Jansen, 1992. Planning en controle in ongelijkjarig bos. *NBT 64 (7)*, 313-322.
- Patil, G.P. and C. Taillie. 1982. Diversity as a concept and its measurement. *JASA 77*, 548-561.
- Schoonderwoerd, H. 1990. Bijgroei-schatters voor individuele bomen in bosverband. Rapport 10, Maatschap Daamen & Schoonderwoerd, Maurik.
- Swindel, B.F., L.F. Conde and J.E. Smith. 1984. Species diversity : Concept, measurement and response to clearcutting and site-preparation. *For.Ecol.Man. 8*, 11-22.