



ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
departement Leefmilieu en Infrastructuur

Handleiding Bosinventarisatie Vlaams Gewest

**werkdocument
november 2000**

administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer
afdeling Bos en Groen

INHOUDSTAFEL

1.	ALGEMEEN.....	6
1.1.	<i>Doelstelling.....</i>	6
1.2.	<i>Definitie bos.....</i>	6
2.	STEEKPROEFTECHNIEK.....	8
2.1. <i>Uitgangsmateriaal</i>	8
2.2.	<i>Type steekproef.....</i>	8
2.3.	<i>Het proefvlak</i>	11
	2.3.1. <i>Bosbouw.....</i>	11
	2.3.2. <i>Vegetatie</i>	11
2.4.	<i>Organisatie</i>	13
2.5.	<i>Materiaal</i>	13
3.	UITZETTEN VAN DE PROEFVLAKKEN	15
3.1.	<i>Lokaliseren van de proefvlakken</i>	15
3.2.	<i>Afleggen van de uitgestippelde weg.....</i>	16
	3.2.1. <i>Algemeen</i>	16
	3.2.2. <i>Tussen het referentiepunt en het proefvlak bevindt zich een obstakel</i>	17
3.3.	<i>Verplaatsen van de proefvlakken.....</i>	18
3.4.	<i>Afbakenen van de proefvlakken</i>	18
3.5.	<i>Vastleggen van de proefvlakken</i>	19
4.	INZAMELEN VAN GEGEVENS.....	21
4.1.	<i>Eigenaarscategorie.....</i>	21
4.2.	<i>Bestandstype</i>	21
4.3.	<i>Structuur</i>	21
4.4.	<i>Sluitingsgraad.....</i>	23
4.5.	<i>Leeftijdsklasse.....</i>	24
4.6.	<i>Ontwikkelingsfase</i>	24
4.7.	<i>Topografie</i>	25
4.8.	<i>Sociaal</i>	25
4.9.	<i>Gegevens afkomstig van bomen behorend tot proefcirkel A₃/A₄.....</i>	26
4.10.	<i>Gegevens afkomstig van bomen behorend tot proefcirkel A₂.....</i>	32
4.11.	<i>Gegevens afkomstig van bomen behorend tot proefcirkel A₁.....</i>	33

5.	VERWERKEN BOSBOUWGEGEVENS.....	34
5.1.	<i>Dendrometrische parameters</i>	34
5.1.1.	Omtrek	34
5.1.2.	Hoogte.....	35
5.1.3.	Schorsdikte.....	36
5.1.4.	Stamtal (N).....	36
5.1.5.	Bestandsgrondvlak (G).....	37
5.1.6.	Bestandsvolume (V).....	38
5.2.	<i>Statistische verwerking van kwantitatieve kenmerken</i>	40
5.3.	<i>Statistische verwerking van kwalitatieve kenmerken</i>	42
6.	REFERENTIES.....	45

1. ALGEMEEN

1.1. Doelstelling

Om een efficiënt bosbeleid te kunnen voeren, moet de overheid kunnen beschikken over recente en nauwkeurige gegevens in verband met de basiskenmerken van het bos. Bosbedrijven die niet beschikken over dergelijke gegevens kunnen geen doeltreffende strategische beslissingen nemen (Dykstra, 1995). Het is dan ook van essentieel belang dat een regionale bosinventaris wordt uitgevoerd voor het inwinnen van gegevens betreffende het bos in Vlaanderen.

Een bosinventarisatie kan omschreven worden als een proces waarbij (1) (meet)gegevens in verband met het bos worden ingezameld, (2) die vervolgens worden geanalyseerd en verwerkt tot statistieken, en (3) waaruit tenslotte schattingen volgen van de gewenste kenmerken met de bedoeling het formuleren van beleids- en beheersvoorstellen (Cunia, 1985).

De doelstellingen van de bosinventarisatie van het Vlaamse Gewest zijn:

- het verzamelen van recente en nauwkeurige gegevens in verband met de kwantitatieve en kwalitatieve kenmerken van het bos,
- het voorspellen van de evolutie van deze kenmerken,
- het evalueren van de impact van het bosbeleid en het bosbeheer, en het uitwerken van aangepaste strategieën, ,
- het opmaken van internationale statistieken zoals gevraagd door de Europese Gemeenschap (EUROSTAT, EFICS) en de Verenigde Naties (FAO/ECE).

1.2. Definitie bos

Volgens artikel 3 van het Bosdecreet zijn bossen "grondoppervlakten waarvan de bomen en de houtachtige struikvegetaties het belangrijkste bestandsdeel uitmaken, waartoe een eigen fauna en flora behoren en die één of meer functies vervullen". Hierbij wordt niet als bos beschouwd:

- fruitboomgaarden,
- tuinen, plantsoenen en parken,
- lijnbepantingen en houtkanten, ondermeer langs wegen, rivieren en kanalen,
- boomkwekerijen en arboreta die buiten bos gelegen zijn,
- sierbepantingen,
- de aanplantingen met kerstbomen.

Om in de regionale bosinventarisatie te worden opgenomen, moet het bos bovendien voldoen aan een aantal minimumvoorwaarden:

- oppervlakte \geq 0,5 ha,
- breedte \geq 25 m,
- sluiting \geq 20 %.

Bij jonge aanplantingen en als gevolg van beheersmaatregelen (bv. kapping, lichte) of bosperturbaties (bv. storm, bosbrand) mag de sluiting tijdelijk minder zijn dan 20 %.

Voorbeelden van proefvlakken die worden opgenomen in de bosinventaris:

1. Een hakhoutbestand van 60 are bestaande uit 2 opstanden van 30 are, beide voldoende dicht en goed gesloten. Een proefvlak gelegen in dit hakhoutbestand wordt opgenomen in de bosinventarisatie.
2. Een brandvlakte van 5 jaar oud, met her en der wat opslag, sluiting 5 %. De sluiting is hier tijdelijk minder dan 20 %. Er mag echter worden verwacht dat de brandvlakte herbebest wordt en het bestand na verloop van tijd een sluiting van meer dan 20 % zal hebben. Een proefvlak gelegen in deze brandvlakte wordt opgenomen in de bosinventarisatie.

Voorbeelden van proefvlakken die niet worden opgenomen in de bosinventaris:

1. Een weidelandschap bestaande uit kavels van 30 m lengte, gescheiden door grensbeplantingen van elzenhakhout. De breedte van deze strook elzenhakhout bedraagt 8 m. Door de lengte is de oppervlakte meer dan 50 are, maar de breedte is minder dan 25 m. Een proefvlak gelegen in dit elzenhakhout wordt niet opgenomen in de bosinventaris.
2. Een hakhoutbestand van 40 are met uniforme samenstelling, voldoende dicht en goed gesloten. Wegens de geringe oppervlakte kan een proefvlak gelegen in dit hakhoutbestand niet worden opgenomen in de regionale bosinventarisatie.
3. Heide met enkele oude dennen en wat opslag van den en berk. Sluiting bedraagt 10 %. Een proefvlak gelegen binnen dit heidegebied wordt niet opgenomen in de bosinventarisatie (Staatsbosbeheer, 1988).

2. STEEKPROEFTECHNIEK

2.1. Uitgangsmateriaal

Voor de regionale bosinventarisatie wordt uitgegaan van de boskartering van het Vlaamse Gewest die gebaseerd is op kleur-infrarood luchtfoto's genomen in de periode 1981-1992. Bij elk orthofotoplan (1/5000) horen 4 transparante kaarten:

1. een basiskaart met aanduiding van administratieve grenzen, wegen, waterlopen e.d.,
2. een boomsoortenkaart,
3. een bosontwikkelingskaart met vermelding van de ontwikkelingsfase, de sluitingsgraad en de bedrijfsvorm,
4. een kaart met de eigenaarscategorieën.

De gegevens van de thematische boskaarten zijn eveneens opgeslagen in een databank die gelinkt is met de databank van de bosinventarisatie.

2.2. Type steekproef

De bosinventarisatie van het Vlaamse Gewest wordt uitgevoerd op basis van een systematische bemonstering waarbij de proefvlakken verdeeld zijn volgens een raster van 1 km x 0,5 km (oostwest-noordzuid georiënteerd). Dit komt overeen met 1 proefvlak per 50 ha bos. Het 1 km x 0,5 km meetnet is uitgezet op de boskartering (1981-1992) wat toelaat een scheiding bos - niet bos door te voeren en enkel de proefvlakken te weerhouden die gelegen zijn binnen bos (Fig. 1).

In Tabel 1, Tabel 2 en Tabel 3 wordt op basis van de boskartering (1981-1992) een overzicht gegeven van de verdeling van de proefvlakken volgens resp. bestandstype, eigenaar en houtvesterij.

Tabel 1: Verdeling van de proefvlakken volgens bestandstype (boskartering 1981-1992).

Bestandstype	Oppervlakte (ha)	Aantal proefvlakken
Te herbebossen ⁽¹⁾	9068,59	170
Loofhout	74714,77	1506
Gemengd loofhout	6744,93	129
Naaldhout	53608,00	1059
Gemengd naaldhout	8594,09	168
Open ruimte binnen bos ⁽²⁾	2171,29	42
Totaal	154904,67	3074

(1) De te herbebossen oppervlakte omvat de recente kap- en brandvlaktes.

(2) Tot de open ruimte binnen bos behoren o.a. wegen, lig- en speelweiden, hooilanden en woeste gronden met een sluiting minder dan 20 %.

Tabel 2: Verdeling van de proefvlakken volgens eigenaarscategorie (boskartering 1981-1992).

Eigenaarscategorie	Aantal proefvlakken	Percentage (%)
Staat / Gewest	284	9,2
Provincie	19	0,6
Gemeente	288	9,4
Openbare Instelling	76	2,5
Natuureservaten	82	2,7
Privé	2325	75,6

Tabel 3: Verdeling van de proefvlakken volgens houtvesterij (boskartering 1981-1992).

Houtvesterij	Aantal proefvlakken	Percentage (%)
Antwerpen	552	18,0
Bree	289	9,4
Brugge	145	4,7
Gent	362	11,8
Groenendaal	171	5,6
Hasselt	444	14,4
Hechtel	274	8,9
Leuven	353	11,5
Turnhout	484	15,7

In totaal zijn 3074 proefvlakken geselecteerd die in een periode van 3 jaar moeten opgemeten worden. In de helft van deze proefvlakken (1564 proefvlakken in totaal) worden in de zomermaanden (mei - september) vegetatieopnamen gemaakt. De vegetatieproefvlakken zijn verdeeld volgens een 1 km x 1 km meetnet, wat overeenkomt met 1 proefvlak per 100 ha bos.

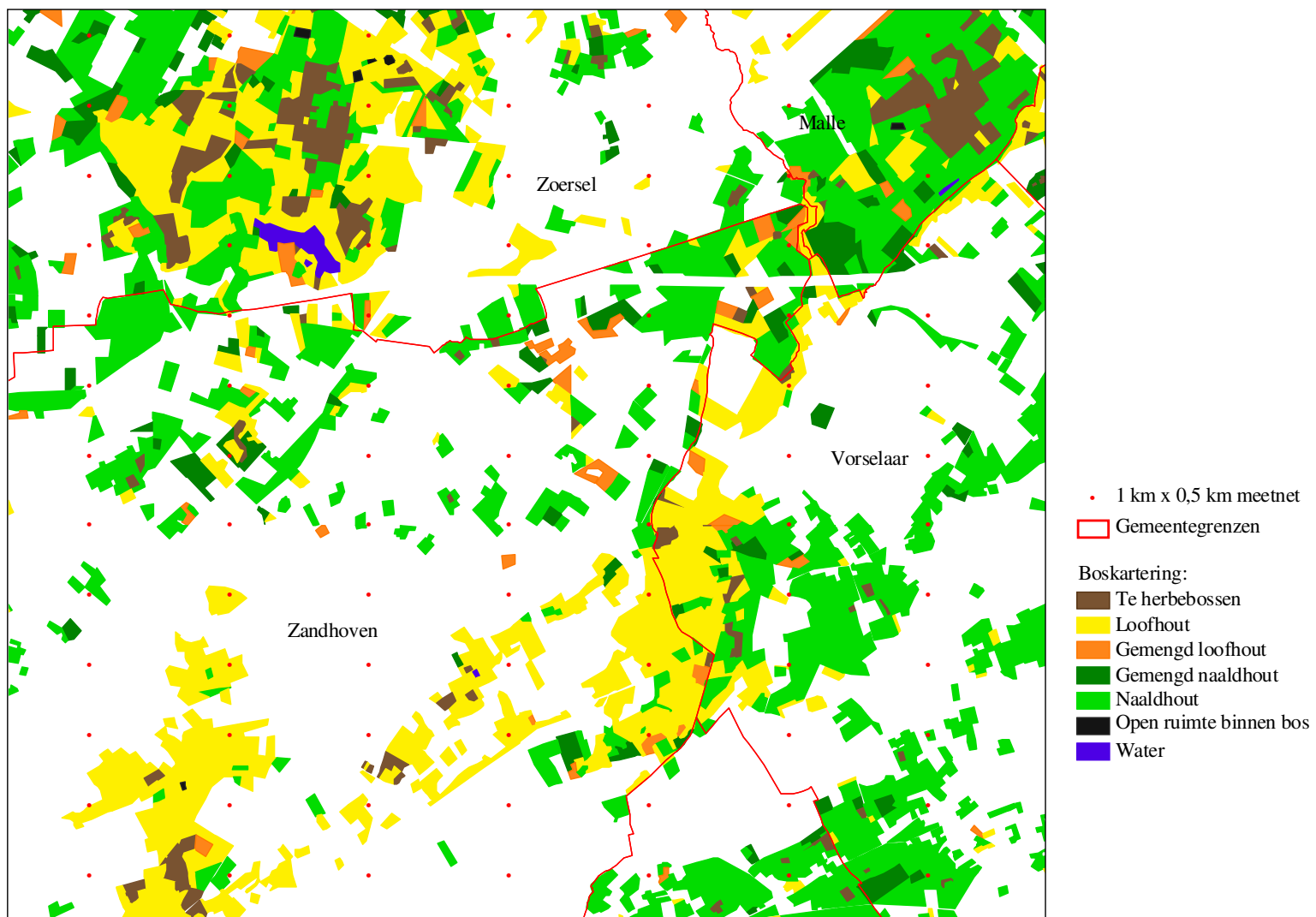


Fig. 1: Het 1 km x 0,5 km meetnet uitgezet op de boskartering (1981-1992).

2.3. Het proefvlak

2.3.1. Bosbouw

De bosbouwgegevens worden verzameld in proefvlakken bestaande uit 4 concentrische cirkels (Fig. 2). Naargelang de afmetingen van de boom gebeuren de metingen in één van de 4 cirkels:

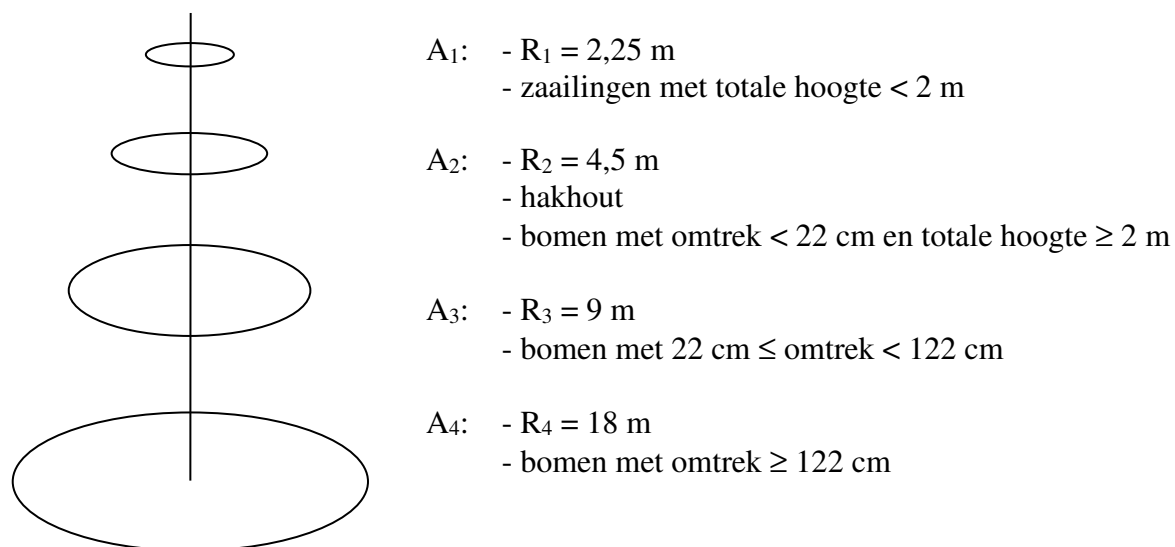


Fig. 2: Bosbouwproefvlak.

Voor deze proefcirkels zijn dezelfde afmetingen genomen als bij de bosinventarisatie van het Waalse Gewest om reden van:

- de uniformiteit in België,
- de absolute grootte van het proefvlak dat ongeveer 10 are (10,17 are) bedraagt en
- de kleinere binnencirkels waarin normaal reeds veel exemplaren voorkomen.

2.3.2. Vegetatie

De vegetatieopnames worden uitgevoerd binnen een proefvlak van 16 m x 16 m (Fig. 2). Om als proefvlak opgenomen te worden moet de vegetatie op het proefvlak homogeen zijn, zowel qua structuur als floristische samenstelling. Dit wordt op het zicht bepaald. Het homogeniteitscriterium wordt gehanteerd om te vermijden dat meer dan één vegetatietype in één opname bemonsterd wordt.

Het inzamelen van de vegetatiegegevens gebeurt per etage: boomlaag, struiklaag, kruidlaag en moslaag, en in verschillende stappen. Eerst wordt een vierkant uitgezet van 2 m x 2 m. Hierin worden alle aanwezige soorten genoteerd. Vervolgens wordt de oppervlakte verdubbeld en worden de nog niet opgenomen soorten genoteerd. Dit wordt herhaald tot een oppervlakte van

16 m x 16 m wordt bekomen. Tenslotte krijgen alle soorten een coëfficiënt die hun mate van voorkomen aangeeft.

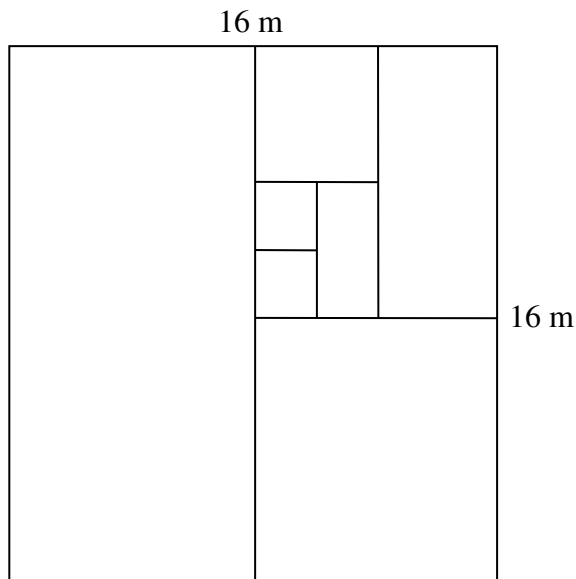


Fig. 3: Vegetatieproefvlak.

Het toekennen van de coëfficiënt gebeurt door middel van een gecombineerde schatting. Van elke soort wordt de bedekking geschat en bij een lage bedekking (< 5 %) wordt ook het aantal individuen (= abundantie) geschat. De schaal die gebruikt wordt, omvat volgende klassen:

- r : zeer weinig (1 - 2) individuen in het proefvlak,
- + : weinig (3 - 20) individuen in het proefvlak, bedekking kleiner dan 5 %,
- 1 : individuen talrijk (20 - 100), bedekking kleiner dan 5 %,
- 2m : individuen zeer talrijk (ontelbaar), bedekking kleiner dan 5 %,
- 2a : individuen willekeurig, bedekking 5 - 12,5 %,
- 2b : individuen willekeurig, bedekking 12,5 - 25 %,
- 3 : individuen willekeurig, bedekking 25 - 50 %,
- 4 : individuen willekeurig, bedekking 50 - 75 %,
- 5 : individuen willekeurig, bedekking 75 - 100 %.

Bij de moslaag wordt een iets aangepaste schaal gebruikt, aangezien mosopnamen maken op een oppervlakte van 256 m² uitzonderlijk is.

- r : zeer weinig (tot 1 à 2 handenvol) in het proefvlak,
- + : weinig (tot 1 m²) in het proefvlak,
- 1 : individuen talrijk (tot 12 m²),
- 2m : wordt niet gebruikt bij mossen!
- 2a : individuen willekeurig, bedekking 5 - 12,5 %,
- 2b : individuen willekeurig, bedekking 12,5 - 25 %,
- 3 : individuen willekeurig, bedekking 25 - 50 %,
- 4 : individuen willekeurig, bedekking 50 - 75 %,
- 5 : individuen willekeurig, bedekking 75 - 100 %.

Van de mossen worden stalen verzameld die worden gedetermineerd in de Nationale Plantentuin van Meise. De ganse mossencollectie wordt in het Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer bewaard.

Naast de soortgegevens worden tevens een aantal algemene kenmerken (op niveau van het proefvlak) genoteerd, zoals waterdiepte, voorkomen van ontwateringskanaaltjes of grachten, liggend dood hout, e.d.

2.4. Organisatie

Het terreinwerk wordt uitgevoerd door 3 opnameploegen, elk bestaande uit 3 personen (1 opnameleider en 2 technici). De standplaats van de 3 opnameploegen is resp.:

- de houtvesterij Gent,
- de houtvesterij Hasselt,
- de houtvesterij Turnhout.

Naast de opnameploegen bestaat het inventarisatieteam uit een bosbouwkundig ingenieur, een vegetatiedeskundige, een informaticus en een administratief medewerker.

2.5. Materiaal

Elke opnameploeg is uitgerust met volgend materiaal:

- lokaliseren van de proefvlakken:
 - stafkaart (1/25.000) en stratenatlas,
 - 2 overzichtskaartjes (1/20.000 en 1/10.000) waarop meerdere proefvlakken zijn aangeduid,
 - detailkaartje (1/5.000) waarop 1 proefvlak is weergegeven,
 - opnameformulier waarop o.a. vermeld staat (1) de gemeente waar het proefvlak gelegen is, (2) de afstand van referentiepunt tot proefvlak en (3) de voortbewegingsrichting,
 - kompas,
 - meetlint,
 - meetlat,
 - zakrekenmachientje,
 - hakmes om indien nodig de ondergroei te verwijderen,
- afbakenen van de proefvlakken:
 - meetlint
- vastleggen van de proefvlakken:
 - markeringselementen en houten piketjes om de centra van de proefvlakken vast te leggen,
 - rits voor het merken van getuigebomen.

- inzamelen dendrometrische gegevens:
 - meetlint (omtrek),
 - Blume-Leiss dendrometer (hoogte),
 - schorsboor (schorsdikte),
 - vetkrijt om de bomen te merken die reeds opgemeten zijn.

- vastleggen van de gegevens:
 - veldcomputer,
 - formulieren (reserve indien veldcomputer defect is).

3. UITZETTEN VAN DE PROEFVLAKKEN

Voor het lokaliseren van de proefvlakken zijn met behulp van een geografisch informatiesysteem (GIS) voor elk proefvlak gelegen binnen bos volgende administratieve gegevens opgevraagd:

- nummer 1/10.000 topografische kaart,
- nummer proefvlak,
- X- en Y-coördinaat van het proefvlak,
- provincie,
- gemeente,
- houtvesterij,

Enkel de proefvlakken gelegen binnen bos worden opgemeten op het terrein. Hiertoe verplaatst de opnameploeg zich met de auto naar de omgeving van de op te meten proefvlakken. Het uitzetten van de proefvlakken gebeurt in verschillende stappen:

3.1. Lokaliseren van de proefvlakken

Voor het lokaliseren van de proefvlakken wordt gewerkt met kopies van luchtfoto's (1/5.000, 1/10.000 en 1/20.000) waarop de proefvlakken zijn weergegeven. Op de kopie wordt in de nabijheid van het proefvlak een duidelijk te herkennen **referentiepunt** (bv. een kruispunt, een brandweg, ...) aangeduid.

Vanuit het referentiepunt wordt dan de voortbewegingsrichting vastgesteld of m.a.w. de hoek welke deze richting maakt met het noorden (= de **azimut**) (Fig. 3). Dit gebeurt met behulp van een kompas. Voor meer informatie in verband met het gebruik van het kompas zie bijlage 1.

Rekening houdend met de schaal van de luchtfoto wordt dan **de afstand** berekend **tussen het referentiepunt en het proefvlak**:

- Op de luchtfoto wordt de afstand "l" (mm) tussen het referentiepunt en het proefvlak gemeten tot op een 1/2 mm.
- De afstand "L" (m) die moet doorlopen worden op het terrein wordt bekomen door de afstand "l" te vermenigvuldigen met de noemer van de schaal gedeeld door 1000.

Voorbeeld:

Indien de schaal = 1/10.000 en de afstand op kaart tussen het referentiepunt en het proefvlak $l = 13,5$ mm, dan komt dit op het terrein overeen met een afstand $L = 13,5 \times 10 = 135$ m.

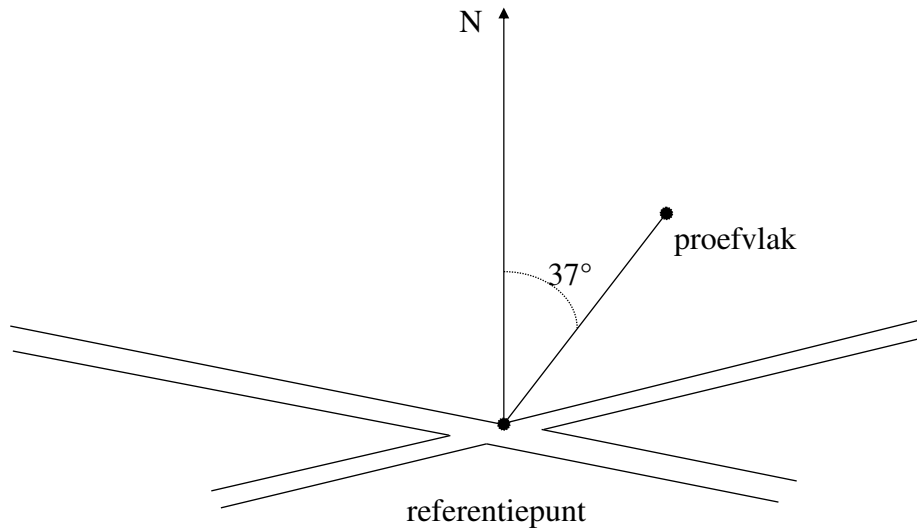


Fig. 4: Bepalen van de azimuth tussen het referentiepunt en het proefvlak.

De voortbewegingsrichting en de afstand van referentiepunt tot proefvlak worden op voorhand bepaald en genoteerd op een formulier dat meegenomen wordt op het terrein. In bijlage 2 wordt een voorbeeld gegeven van een dergelijk opnameformulier en bijhorende luchtfoto's (1/5.000, 1/10.000 en 1/20.000).

Met behulp van een kopie van de luchtfoto bereikt de opnameploeg, gewoonlijk met de auto en te voet, het referentiepunt op het terrein.

3.2. Afleggen van de uitgestippelde weg

3.2.1. Algemeen

Op het terrein wordt vanuit het referentiepunt, dat is aangeduid op een kopie van de luchtfoto, de voortbewegingsrichting uitgezet met behulp van een kompas. Een persoon gaat zo ver mogelijk voorwaarts in de uitgezette richting terwijl hij met een meetlint de afgelegde weg meet. Een tweede persoon telt de tussenafstanden op en maakt eventueel de weg vrij met een hakmes. Wanneer bekende lijnen doorkruist worden, worden deze met de luchtfoto vergeleken. Op die manier is een controle en eventuele correctie mogelijk. Wanneer de gewenste afstand (i.e. de afstand gemeten op kaart) is afgelegd, wordt een baak in dit punt geplaatst. Dit punt vormt het centrum van het proefvlak.

Voor de bosinventarisatie van het Vlaamse Gewest is het lokaliseren van de proefvlakken vanaf een referentiepunt de meest geschikte methode gezien de omstandigheden, namelijk:

- een goed uitgebouwd wegennet,
- talrijke herkenningspunten (referentiepunten),
- grote fysieke toegankelijkheid van de bossen in Vlaanderen.

3.2.2. Tussen het referentiepunt en het proefvlak bevindt zich een obstakel

Het is dikwijls noodzakelijk om de af te leggen weg op te delen in opeenvolgende loodrecht op elkaar staande segmenten, bv. wanneer obstakels voorkomen op het traject (Fig. 5).

Wanneer tussen het referentiepunt R en het proefvlak O een hindernis voorkomt, is het ook soms mogelijk om via een eerste traject van R naar R' te gaan (R' is een extra referentiepunt dat zich op dezelfde hoogte bevindt als R), en vervolgens via een tweede traject van R' naar O (Fig. 6).

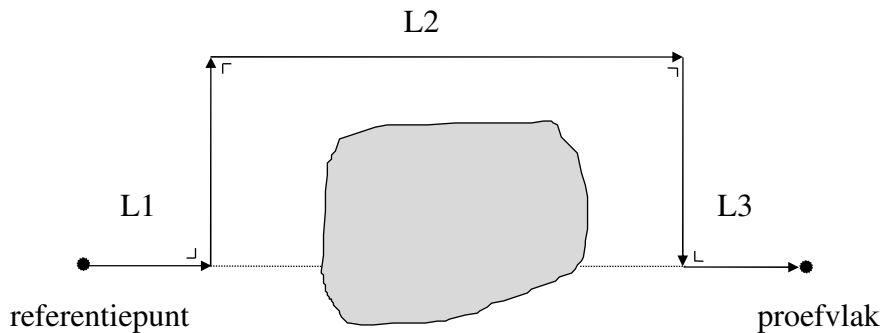


Fig. 5: Af te leggen weg wordt opgedeeld in loodrechte segmenten omdat een obstakel voorkomt op de uitgestippelde weg.

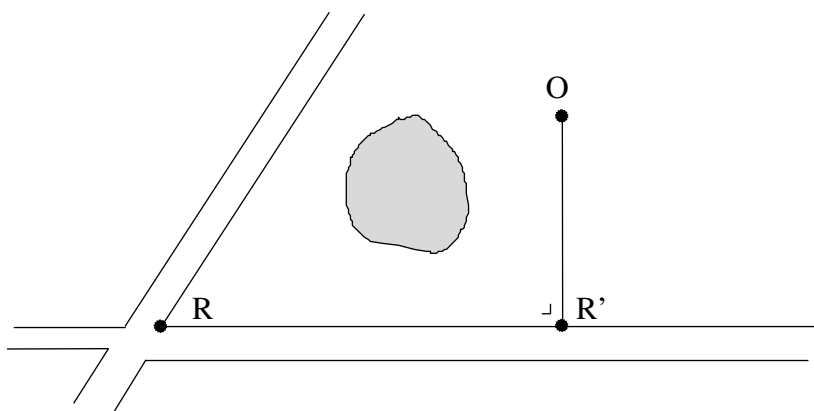


Fig. 6: Het proefvlak O wordt bereikt via een extra referentiepunt R'.

Indien geen enkele van bovenstaande procedures kan toegepast worden, wordt een ander referentiepunt gezocht.

Het proefvlak wordt beschouwd als "goed gelokaliseerd" indien het zich bevindt in de nabijheid van het punt aangeduid op de kopie van de luchtfoto. Hierbij worden volgende marges aangenomen:

- in zeer homogene bestanden: 0 m tot 20 m,
- in de andere bestanden: 0 m tot 10 m,
- in populierbestanden: 0 m tot 5 m.

3.3. Verplaatsen van de proefvlakken

Het centrum van het proefvlak mag enkel verplaatst worden indien de opnamecirkel:

- gedeeltelijk buiten bos valt,
- binnen meerdere strata valt of m.a.w. twee of meer bestanden omvat die verschillen wat betreft structuur (hooghout, hakhout, middelhout), bestandstype (loofhout, naaldhout, gemengd loofhout, gemengd naaldhout, te herbebossen, open ruimte binnen bos) of sluitingsgraad ($< 1/3$, $1/3 - 2/3$, $> 2/3$),
- valt in een bestand dat niet voldoet aan de minimumvoorwaarden en het aansluitend bestand wel.

Om de verplaatsing van de proefvlakken zo objectief mogelijk te laten verlopen, zijn een aantal regels opgesteld die in deze volgorde worden toegepast:

- verplaatsing van max. 50 m volgens de voortbewegingsrichting,
- verplaatsing van max. 50 m in de richting tegengesteld aan de voortbeweging,
- verplaatsing van max. 50 m naar rechts over een hoek van 90° ,
- verplaatsing van max. 50 m naar links over een hoek van 90° .

Elke verplaatsing van het proefvlak moet steeds worden genoteerd op het opnameformulier.

3.4. Afbakenen van de proefvlakken

Tijdens de metingen wordt in het centrum van het proefvlak een baak geplaatst. Dit om de concentrische proefcirkels te kunnen uitzetten. Bij het uitzetten van de proefcirkels op het terrein wordt geen rekening gehouden worden met de helling van het terrein. De nodige correcties worden achteraf uitgevoerd bij het verwerken van de gegevens. In bijlage 3 wordt een overzicht gegeven van de correcties die moeten uitgevoerd worden in functie van de helling van het terrein. Uit deze tabel blijkt dat bij hellingen kleiner dan 7° de uit te voeren correcties te verwaarlozen zijn.

Bij het opmeten van de proefcirkels bevindt de opnameleider zich in het centrum van het proefvlak, zodat hij kan toezien dat geen enkele boom vergeten wordt. Bij de opmetingen wordt een cirkel beschreven vertrekkende van het noorden en in uurwijzerszin. Elke boom die op deze wijze wordt tegengekomen, wordt aan één van de vier proefcirkels toegekend op basis van zijn omtrek en de afstand tot het centrum.

De afstand waarmee rekening wordt gehouden is deze tussen het centrum van het proefvlak en de boomspil. In deze context is het zeer belangrijk om vast te leggen wanneer een boom deel uitmaakt van een proefcirkel. Wanneer op een totaal van bv. 15 bomen één boom te veel of te weinig wordt opgemeten, brengt dit immers een grote fout met zich mee.

Een boom maakt deel uit van een proefcirkel wanneer de afstand tussen het centrum van het proefvlak en het centrum van de stam kleiner is dan de vooropgestelde straal. In de praktijk houdt men het meetlint op meetniveau (1,5 m) en men schat of het meetlint bij de gewenste lengte de as van de boom overschrijdt of niet (Fig. 7).

Elke boom die volledig is opgemeten wordt gemerkt met (vet)krijt om zeker te zijn dat geen enkele boom binnen het proefvlak wordt vergeten of tweemaal wordt opgemeten.

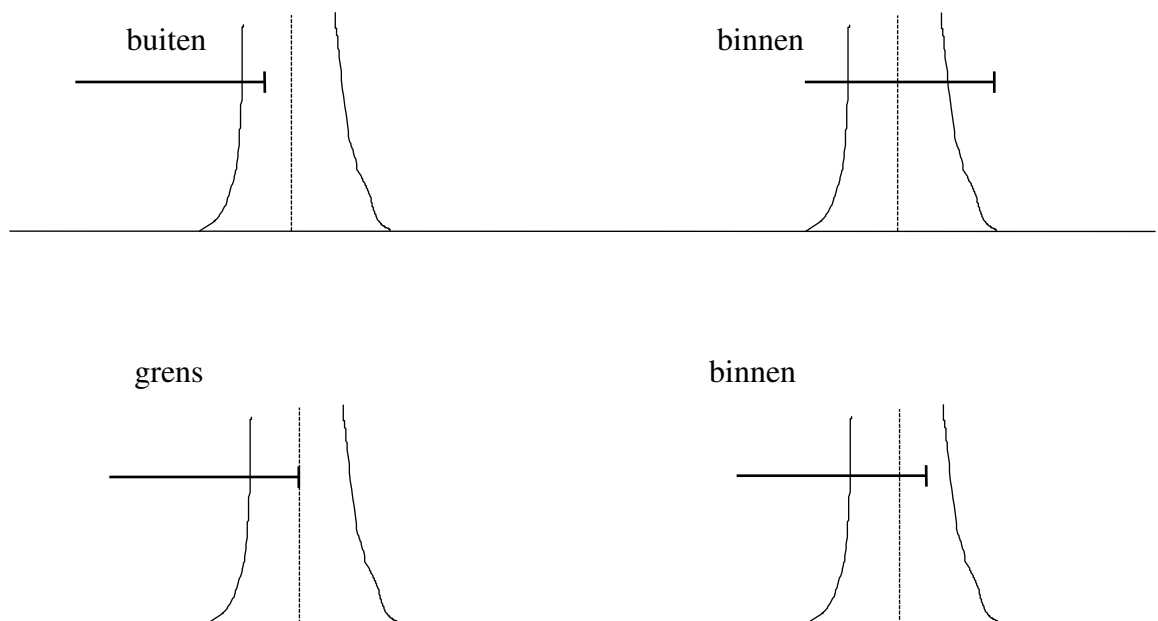


Fig. 7: Bepalen of een boom al dan niet deel uitmaakt van een proefcirkel.

3.5. Vastleggen van de proefvlakken

Elke boom binnen het proefvlak met een $C_{1.5} \geq 22$ cm wordt geïdentificeerd aan de hand van zijn coördinaten (Fig. 8), namelijk:

- de afstand tot het centrum,
- de azimut.

Na het beëindigen van de metingen wordt de baak verwijderd en wordt in het centrum van het proefvlak een plastic buisje met koperen schijfje ongeveer 30 cm onder het maaiveld geplaatst met behulp van een grondboor. Op die manier is het proefvlak bij normale bosbouwkundige behandelingen onzichtbaar en zal dus ook geen speciale behandeling krijgen. Het terugvinden van het proefvlak (bv. bij een tweede bosinventaris) gebeurt met een metaaldetector. Om de proefvlakken gemakkelijker terug te vinden, worden in de onmiddellijke omgeving van het

opnamecentrum vier getuigebomen aan de voet gemerkt met een rits. Deze getuigebomen worden indien mogelijk gekozen volgens de vier windrichtingen. Tijdens de zomermaanden worden in een aantal proefvlakken, die opgemeten zijn tijdens de wintermaanden, vegetatieopnames uitgevoerd. Opdat de opnameploegen de proefvlakken gemakkelijk zouden terugvinden, worden in de centra van de proefvlakken houten piketjes geplaatst. Na het beëindigen van de vegetatieopnames worden deze houten piketjes verwijderd.

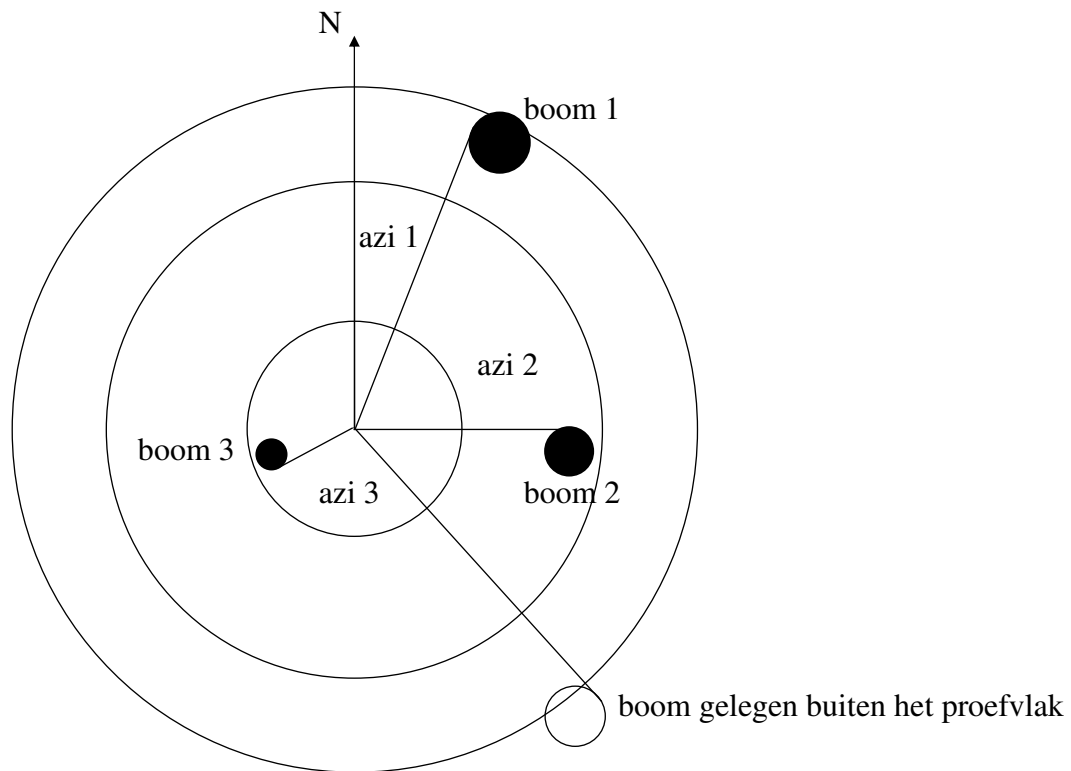


Fig. 8: Bepalen van de coördinaten van een boom behorend tot het proefvlak.

4. INZAMELEN VAN GEGEVENS

4.1. Eigenaarscategorie

Vooraleer de metingen worden uitgevoerd op het terrein wordt de toestemming gevraagd aan de eigenaar. Hiervoor wordt voor alle proefvlakken de eigenaar opgezocht in het Kadaster. Aan de hand van deze informatie wordt de eigenaarscategorie toegekend. Hierbij worden volgende categorieën onderscheiden:

- Staat,
- Vlaams Gewest,
- Provincie,
- Gemeente,
- Ander openbaar,
- Privé.

4.2. Bestandstype

Om het bestandstype te kunnen bepalen, wordt het ganse bestand doorlopen. Deze parameter is vooral belangrijk voor de latere verwerking van de gegevens. De resultaten van de bosinventaris worden immers vaak weergegeven per bestandstype.

Volgende bestandstypes worden onderscheiden:

- loofhout: < 20 % bijmenging naaldhout,
- naaldhout: < 20 % bijmenging loofhout,
- gemengd loofhout: $20 \% \leq$ bijmenging naaldhout < 50 %,
- gemengd naaldhout: $20 \% \leq$ bijmenging loofhout < 50 %,
- te herbebossen: omvat de kap- en brandvlaktes,
- open ruimte binnen bos: o.a. wegen, lig- en speelweiden, hooilanden, woeste gronden met een sluiting < 20 %, e.d.

De percentages opgegeven voor loofhout, naaldhout, gemengd loofhout en gemengd naaldhout hebben betrekking op het bestandsgrondvlak.

4.3. Structuur

De structuur van een bestand wordt gedefinieerd als de verdeling in de ruimte, zowel in het horizontaal als in het verticaal vlak, van de elementen (bomen en struiken) waaruit het bestand is opgebouwd. Het inschatten van de structuur gebeurt op basis van waarnemingen in het ganse bestand. Hierbij worden volgende structuren onderscheiden:

- hooghout:

- verticale structuur:

De verticale structuur (Fig. 9) van een bestand wordt visueel vastgesteld op basis van verschillen in hoogte tussen de bomen en/of boomgroepen. Deze hoogteverschillen worden veroorzaakt door verschillen in o.a. soort, leeftijd en standplaats. Bij de bosinventarisatie wordt een onderscheid gemaakt tussen bestanden met:

- één etage,
- meerdere etages.

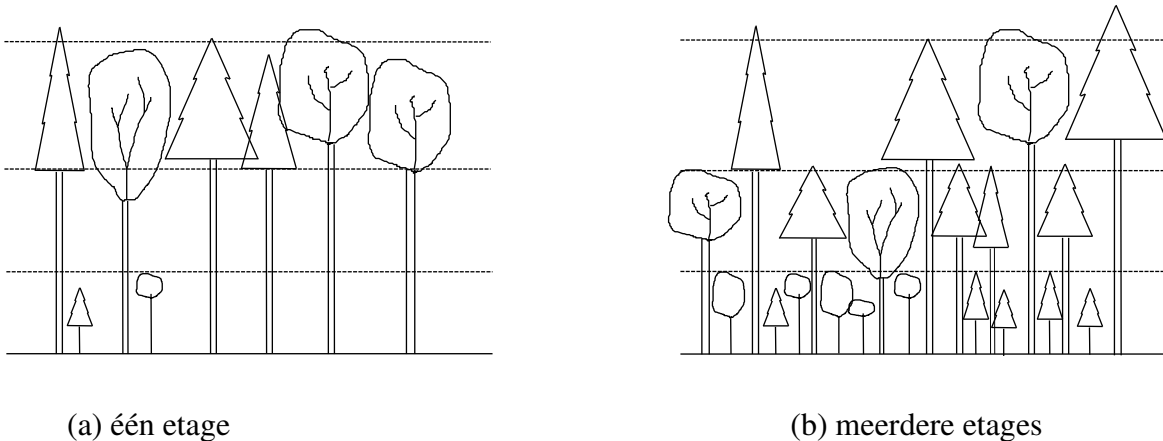


Fig. 9: Verticale structuur van een bestand.

- mengingsvorm:

De mengingsvorm (of horizontale bestandsstructuur) volgt uit de ruimtelijke positie van de bomen en/of boomgroepen die t.o.v. elkaar verschillen in boomsoort. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen:

- verspreid: verschillende boomsoorten komen naast elkaar voor over oppervlaktes $\leq 0,5$ are,
- groepsgewijs: verschillende boomsoorten komen voor over oppervlaktes > 5 are en ≤ 50 are,
- homogeen: het bestand bestaat uit één enkele boomsoort.

- hakhout: komt uitsluitend voor bij loofbomen (Fig. 10).

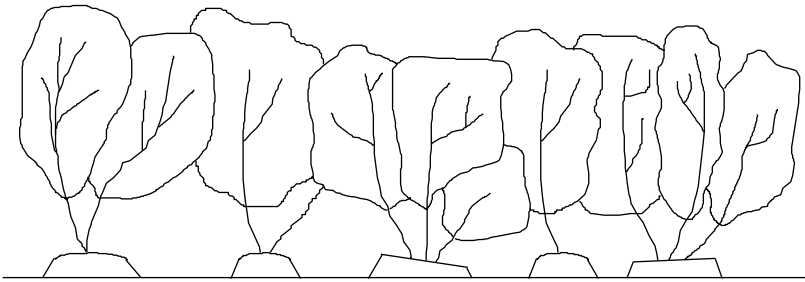


Fig. 10: Hakhout.

- middelhout:

Het middelhout bestaat uit een hakhoutelement en een hooghoutelement. Het *hakhoutelement* is een struikachtige formatie, wordt vegetatief verjongd en vormt de onderetage. Het *hooghoutelement* (= reserve) bestaat uit opgaande bomen en vormt een ijl bovenscherm of bovenetage dat de groei van het hakhoutelement niet verhindert. Bij het middelhout worden twee types onderscheiden:

- opperhoutrijk middelhout (futaie sur taillis): voorraad $\geq 200 \text{ m}^3/\text{ha}$. Het belang van de bovenetage is veel groter dan dit van het hakhout. Het hakhout heeft voornamelijk een culturele functie. Omlooptijd: 3-12 jaar.
- opperhoutarm middelhout (taillis sous futaie): $100 \text{ m}^3/\text{ha} \leq \text{voorraad} < 200 \text{ m}^3/\text{ha}$. Het opperhout bestaat vooral uit lichtboomsoorten en het hakhout uit schaduwboomsoorten. Aan het hakhout en de reserve wordt bij benadering eenzelfde waarde gehecht. Omlooptijd: 10 - 15 jaar.
- te bepalen: omvat o.a. verjongingen, kap- en brandvlaktes.
- niet van toepassing: omvat de open ruimte binnen bos.

4.4. Sluitingsgraad

De sluitingsgraad van een bestand wordt bepaald op basis van de bedekking van de bodem door de kroonprojecties. Vijf klassen worden hierbij onderscheiden:

- $< 1/3$: zie Fig. 11 a,
- $1/3 - 2/3$: zie Fig. 11 b,
- $\geq 2/3$: zie Fig. 11 c,
- te bepalen : voor de kap- en brandvlaktes,
- niet van toepassing: voor de open ruimte binnen bos.

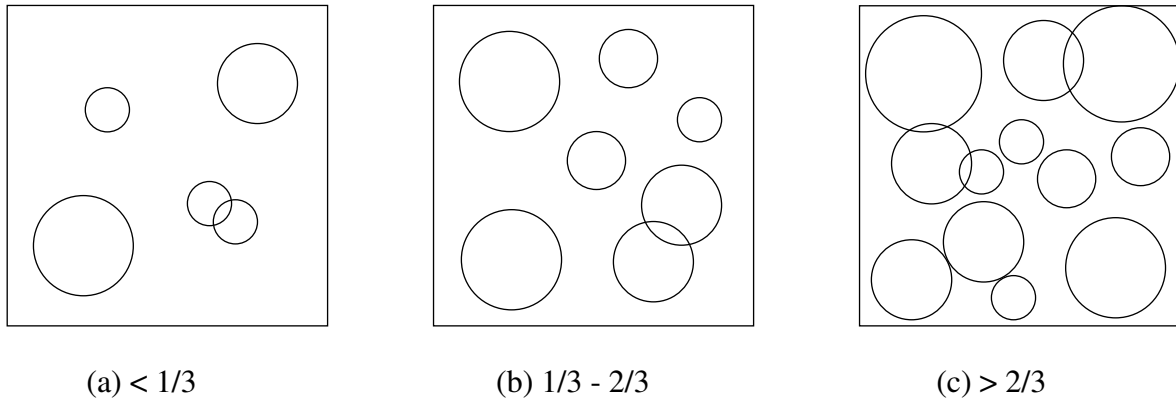


Fig. 11: Sluitingsgraad van een bestand.

4.5. Leeftijdsklasse

De leeftijd wordt bepaald aan de hand van bestandsplannen of door het tellen van de jaarringen aan recente stronken. Bij jonge aanplantingen van naaldhout kan de leeftijd ook geschat worden door het tellen van de takkransen. Volgende leeftijdsklassen worden onderscheiden:

- 0 jaar: kap- en brandvlaktes,
- 1 - 20 jaar,
- 21 - 40 jaar,
- 41 - 60 jaar,
- 61 - 80 jaar,
- 81 - 100 jaar,
- 101 - 120 jaar,
- 121 - 140 jaar,
- 141 - 160 jaar,
- > 160 jaar,
- ongelijkjarig: wanneer binnen het bestand waarin het proefvlak gelegen is meer dan 2 van bovenstaande leeftijdsklassen voorkomen,
- niet van toepassing: open ruimte binnen bos.

4.6. Ontwikkelingsfase

De ontwikkelingsfase wordt bepaald op basis van de dendrometrische gegevens die worden ingezameld in de proefvlakken. Volgende ontwikkelingsfasen worden opgenomen in de bosinventarisatie:

- te bepalen: kap- en brandvlaktes,
- jongwas: vanaf de verjonging tot de bestandssluiting, met een gemiddelde hoogte kleiner dan 2 m,
- dichtwas: vanaf de bestandssluiting tot gemiddelde omtrek kleiner dan 22 cm,

- staakhout: $22 \text{ cm} \leq \text{gemiddelde omtrek} < 44 \text{ cm}$,
- boomhout: gemiddelde omtrek $\geq 44 \text{ cm}$,
- niet van toepassing: open ruimte binnen bos.

4.7. Topografie

- Expositie:

De expositie is de richting in stijgende zin en wordt bepaald met behulp van een kompas. Hiertoe wordt vanuit het centrum van het proefvlak de hoek gemeten tussen het Noorden en de richting waar het proefvlak de grootste helling vertoont.

- Helling:

De helling wordt bepaald met een Blume-Leiss. De eerste helper gaat op 18 m van het centrum van het proefvlak staan. De tweede helper plaatst zich in het centrum van het proefvlak en richt met de Blume-Leiss naar de ogen van de eerste helper. Het aantal graden wordt afgelezen op de onderste schaal van de Blume-Leiss.

4.8. Sociaal

In verband met de sociale functie van het bos wordt binnen interpretatie-eenheden van 1 km x 0,5 km gecentreerd rond de proefvlakken (Fig. 12) nagegaan of volgende kenmerken al dan niet aanwezig zijn:

- recreatieve infrastructuur: de aan- of afwezigheid wordt nagegaan van: parkeerterreinen, zitbanken, inlichtingsborden, lig- en speelweiden, picknickzones, wandelwegen, fiets- en ruiterspaden, vijvers, wildparken, kinderboerderij, kampeerplaatsen, informatiecentrum, cafetaria, omheiningen, nabijheid van maneges, sportclubs, ... ,
- afval: hierbij worden de klassen “geen”, “weinig” en “veel” onderscheiden,
- betreding buiten de paden: hierbij worden de klassen “geen”, “weinig” en “veel” onderscheiden.

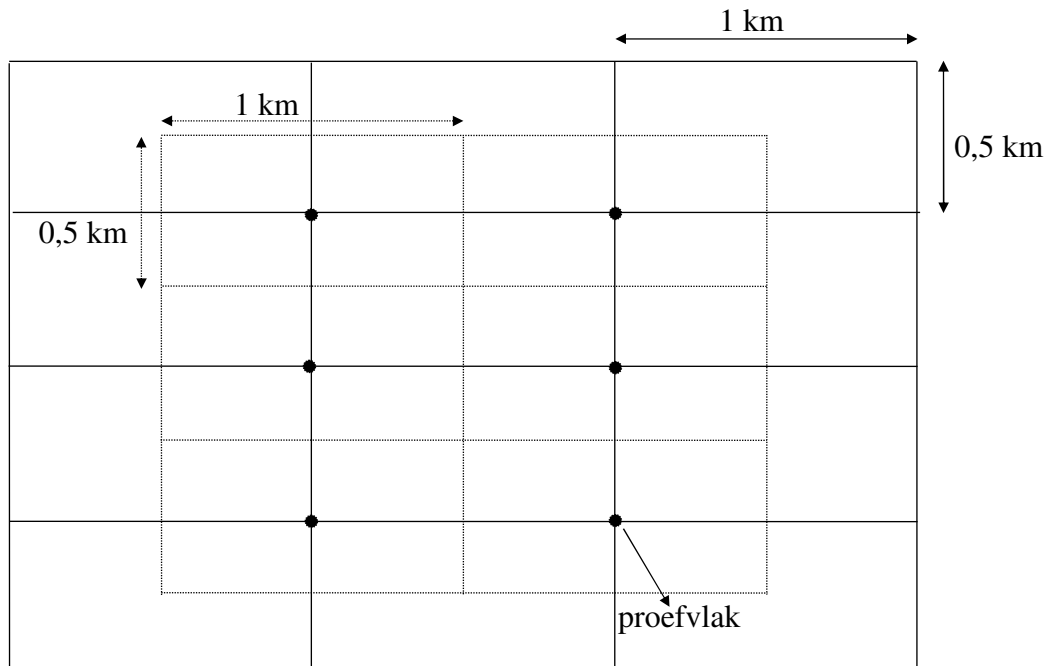


Fig. 12: De interpretatie-eenheden van 1 km x 0,5 km gecentreerd rond de proefvlakken waarbinnen de aan- of afwezigheid wordt nagegaan van kenmerken i.v.m. de sociale functie van het bos.

4.9. Gegevens afkomstig van bomen behorend tot proefcirkel A₃/A₄

- Coördinaten van de boom:

Voor alle bomen binnen proefcirkel A₃/A₄ worden de afstand tot het centrum van het proefvlak en de azimut bepaald.

- Boomsoort:

De boomsoort wordt genoteerd van alle bomen binnen proefcirkel A₃/A₄. De meest voorkomende loof- en naaldboomsoorten zijn:

- Loofhout:

- . Zomereik (*Quercus robur* L.),
- . Wintereik (*Quercus petraea* (Mattuschka) Lieblein),
- . Amerikaanse eik (*Quercus rubra* L., synoniem *Quercus borealis* Michx.f.),
- . Beuk (*Fagus sylvatica* L.),
- . Tamme kastanje (*Castanea sativa* Mill.),
- . Populier (*Populus* sp.),
- . Wilg (*Salix* sp.),
- . Es (*Fraxinus excelsior* L.),
- . Esdoorn (*Acer pseudoplatanus* L.),
- . Zwarte els (*Alnus glutinosa* L),
- . Grauwe els (*Alnus incana* L.),
- . Berk (*Betula pubescens* Ehrh.),

- . Haagbeuk (*Carpinus betulus* L.),
- . Hazelaar (*Corylus avellana* L.),
- . Boskers (*Prunus avium* L.),
- . Amerikaanse vogelkers (*Prunus serotina* L.),
- . Sleedoorn (*Prunus spinosa* L.),
- . Lijsterbes (*Sorbus aucuparia* L.),
- . Meidoorn (*Crataegus* sp.),
- . Mispel (*Mespilus germanica* L.),
- . Wilde appel (*Malus sylvestris* (L.) Mill. subsp. *sylvestris*),
- . Walnoot (*Juglans* sp.),
- . Olm (*Ulmus* sp.),
- . Linde (*Tilia* sp.),
- . Gewone acacia (*Robinia pseudoacacia* L.),
- . Vuilboom (*Rhamnus frangula* L.),
- . Gelderse roos (*Viburnum opulus* L.),
- . Vlier (*Sambucus nigra* L.),
- . Gele Kornoelje (*Cornus mas* L.),
- . Hulst (*Ilex aquifolium* L.).

- Naalddhout:

- . Gewone den (*Pinus sylvestris* L.),
- . Corsicaanse den (*Pinus nigra* Arn. var. *Calabrica* Schn.),
- . Zeeden (*Pinus pinaster* Ait.),
- . Alle andere dennen (*Pinus* sp.),
- . Lork (*Larix decidua* Mill),
- . Douglas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, synoniemen *P. douglasii* (Lindl.) Carr., *P. taxifolia* (Lamb.) Sudw.),
- . Fijnspar (*Picea abies* (L.) Karsten),
- . Alle andere sparren (*Picea* sp.),
- . Reuzenzilverspar (*Abies grandis* Lindl.),
- . Alle andere zilversparren (*Abies* sp.),
- . Taxus (*Taxus baccata* L.).

- Omtrek:

Binnen de proefcirkel A₃ wordt de omtrek gemeten van alle bomen met een omtrek ≥ 22 cm, binnen de proefcirkel A₄ wordt de omtrek gemeten van alle bomen met een omtrek ≥ 122 cm. De metingen worden uitgevoerd op 1,5 m met een meetlint. Het meetniveau wordt bepaald met behulp van een meetstok van 1,5 m.

De metingen worden afgerond tot op de centimeter: is het eerste cijfer na de komma ≥ 5 resp. < 5 dan wordt het getal naar boven afgerond resp. naar beneden afgerond.

Voor het bepalen van het meetniveau (1,5 m) zijn een aantal regels opgesteld, rekening houdend met de terreinomstandigheden en de morfologie van de bomen:

- Bij een boom op een helling wordt het meetniveau hellingsopwaarts bepaald (Fig. 13 a).
- Bij een naar voren of naar achteren overhellende boom wordt evenwijdig met de stam gemeten (Fig. 13 b).
- Bij bomen met een brede voet of op een terrein met grote oneffenheden wordt het meetniveau bepaald vanaf het laagste punt (Fig. 13 c).
- Indien een vork voorkomt op een hoogte tussen 0,5 m en 1,5 m: wordt beschouwd als 1 enkele boom. De omtrek wordt gemeten juist onder de vork (Fig. 13 d).
- De vork bevindt zich op een hoogte $< 0,5$ m: de beide elementen van de vork worden beschouwd als 2 afzonderlijke bomen. De omtrek wordt gemeten aan beide elementen op 1,5 m hoogte (Fig. 13.e).
- Indien zich een onregelmatigheid voordoet op 1,5 m wordt boven en onder de afwijking gemeten en het gemiddelde genomen van beide waarnemingen (Fig. 13.f).

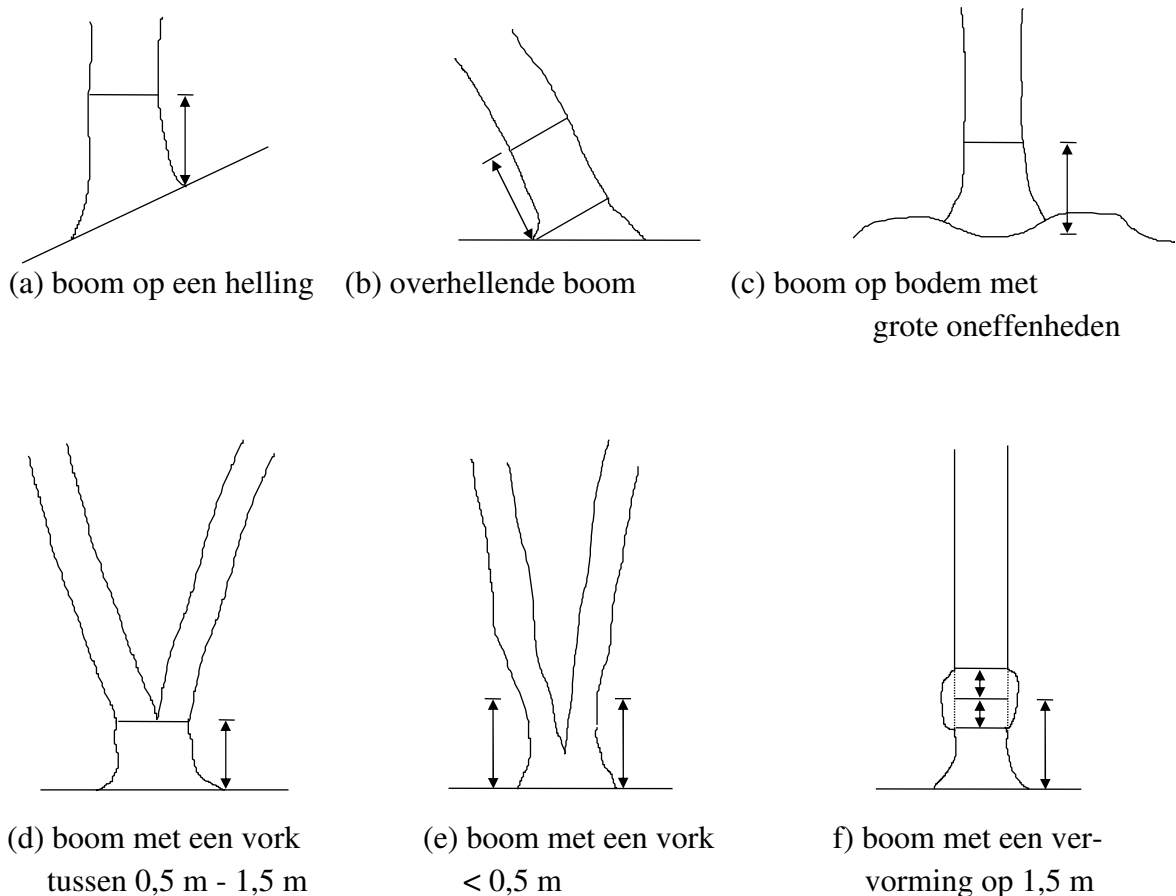


Fig. 13: Niveau voor het meten van de omtrek in bijzondere gevallen (Rondeux, 1993).

- Levend / dood: wordt vermeld van elke boom binnen proefcirkel A₃/A₄.

- Hoogte:

De totale hoogte (H_t) komt overeen met de afstand tussen de voet van de boom en de eindknop (Fig. 14). Bij loofbomen wordt gericht in de kroon om overschattingen te vermijden.

De totale hoogte wordt bepaald van alle levende bomen binnen de proefcirkel A_3/A_4 en wordt gemeten met een Blume-Leiss hoogtemeter. Voor meer informatie over het gebruik van de Blume-Leiss zie bijlage 4.

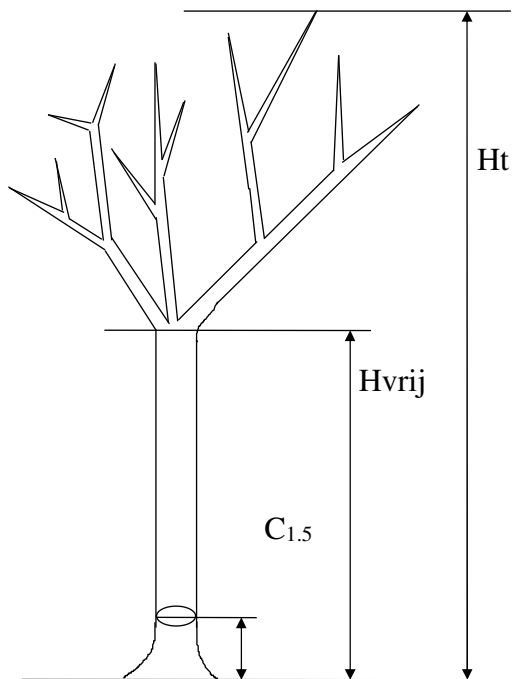


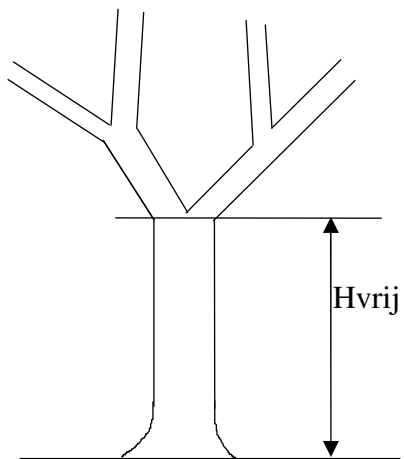
Fig. 14: Uit te voeren metingen bij bomen behorend tot proefcirkel A_3/A_4 .

- Takvrije stamlengte:

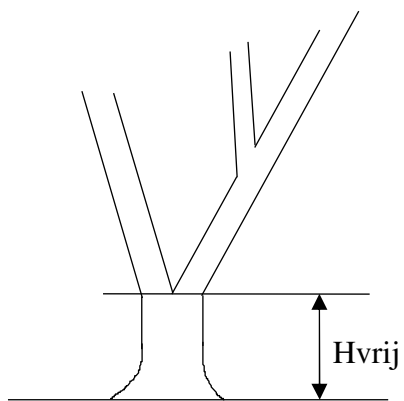
De takvrije stamlengte (H_{vrij}) is de hoogte tot de eerste zware tak en wordt bepaald met een Blume-Leiss aan alle levende bomen binnen de proefcirkel A_3/A_4 . Een zware tak is een tak met een diameter $\geq 1/3$ diameter van de stam op dezelfde hoogte.

Bij Corsicaanse den is de takvrije stamlengte gelijk aan de hoogte waar de omtrek gelijk is aan 22 cm.

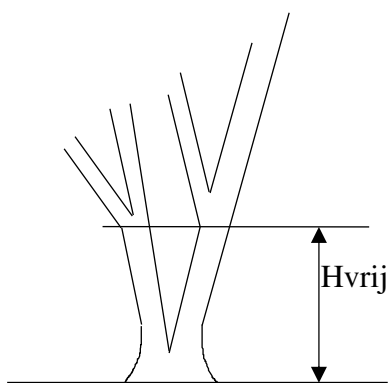
In Fig. 15 wordt geïllustreerd hoe de takvrije stamlengte wordt bepaald bij gevorkte bomen.



(a) de vork bevindt zich op een hoogte $\geq 1,5$ m.



(b) de vork bevindt zich op een hoogte tussen 0,5 m en 1,5 m.



(c) de vork bevindt zich op een hoogte $\leq 0,5$ m : wordt beschouwd als 2 afzonderlijke bomen.

Fig. 15: Het bepalen van de takvrije stamlengte bij gevorkte bomen.

- Etage: van elke levende boom wordt genoteerd of hij dominant is of gedomineerd wordt (Fig. 16).

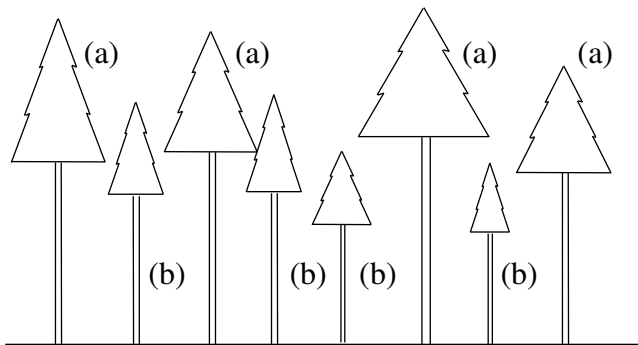


Fig. 16: Dominante bomen (a) en gedomineerde bomen (b)

- Kwaliteit:

Voor het bepalen van de kwaliteit van de bomen behorend tot de proefcirkel A_3/A_4 wordt een methode gebruikt die gebaseerd is op de zgn. Homa-Güteklassen (Speidel, 1972). Hierbij wordt elke levende boom binnen proefcirkel A_3/A_4 verdeeld in 4 secties van ongelijke relatieve grootte. Dit gebeurt met een meetstok of meetlatje dat door middel van inkervingen of nagels in 4 is verdeeld. De afstanden tot de top zijn resp. 40 cm, 56 cm, 70 cm en 80 cm. De op te meten boom wordt door de vizierlijn in 4 secties van ongeveer gelijk volume verdeeld (Fig. 17).

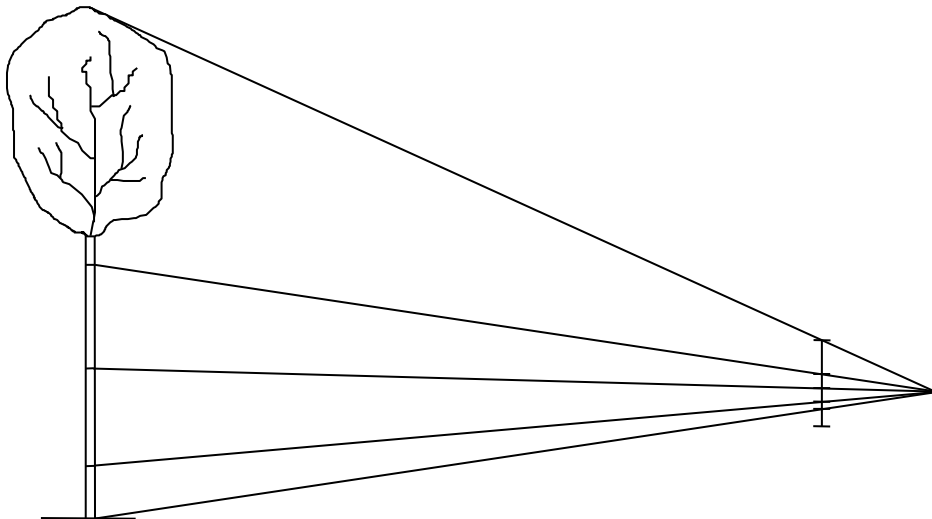


Fig. 17: Kwaliteitsbepaling van bomen op stam.

Aan elke sectie wordt een kwaliteits- of gebruiksklasse A, B, C of D toegekend. Deze 4 klassen worden besproken in tabel 4. De gebruiksklassen zijn van belang voor loofhout.

Tabel 4: Klassen die gebruikt worden bij de kwaliteitsbepaling van bomen op stam.

Kwaliteitsklasse	Kenmerken	Gebruik
A	recht stamstuk, gering verloop, fijne schors en ronde doorsnede, min. omtrek van 150 cm (120 cm voor populier)	schil- en fineerhout, meubelhout
B	recht stamstuk met dunne takken, gering verloop, ronde doorsnede	constructiehout
C	stamstuk met zware takken of krommingen, onregelmatige doorsnede	industriehout
D	stamstuk met zware takken of krommingen + gevorkt / bajonet of stambeschadigingen van allerlei aard	pulphout, spaanders, brandhout

Voor de verschillende kwaliteits- of gebruiksklassen wordt het volume per ha kwantitatief ingeschat. Vermits per proefvlak van elke boom het volume bepaald wordt, volstaat het de boomspil zoals hierboven in vier relatieve stukken te verdelen en hieraan een kwaliteit of gebruiksmogelijkheid toe te kennen. Daar elke sectie nagenoeg een vierde van dit boomvolume vertegenwoordigt, kan aldus het volume per ha voor de verschillende kwaliteits- of gebruiksklassen kwantitatief ingeschat worden.

- Schorsdikte:

Per boomsoort die voorkomt binnen de proefcirkel A₃/A₄ wordt van maximum twee bomen de schorsdikte (S) bepaald met een schorsboor.

4.10. Gegevens afkomstig van bomen behorend tot proefcirkel A₂

- Coördinaten van de boom:

Bij hakhout worden van alle loten met omtrek ≥ 22 cm binnen de proefcirkel A₂ de afstand tot het centrum van het proefvlak en de azimuth bepaald. Alle loten van eenzelfde stooft hebben dus dezelfde coördinaten. Op die manier wordt het mogelijk om de spreiding van de houtvoorraad binnen de hakhoutbestanden te bepalen.

- Boomsoort:

Voor het hakhout en de bomen met een omtrek < 22 cm en totale hoogte ≥ 2 m worden dezelfde loofboomsoorten en naaldboomsoorten opgenomen als voor de bomen behorend tot de proefcirkel A₃/A₄.

- Omtrek:
 - Hakhout: de omtrek wordt enkel bepaald van de loten met een omtrek ≥ 22 cm. Voor het meten van de omtrek bij het hakhout gelden dezelfde regels als bij het hooghout. Wanneer er geen enkele loot met een omtrek ≥ 22 cm aanwezig is, wordt gezegd dat het hakhout "niet meetbaar" is en wordt enkel het aantal bepaald.
 - Bomen met een omtrek < 22 cm en totale hoogte ≥ 2 m: de omtrek wordt niet gemeten, enkel het aantal wordt genoteerd.

4.11. Gegevens afkomstig van bomen behorend tot proefcirkel A₁

De gegevens in verband met de verjonging worden ingezameld per boomsoort. Hierbij worden enkel zaailingen met een totale hoogte < 2 m beschouwd.

- Boomsoort:
Voor de verjonging worden dezelfde loofboomsoorten en naaldboomsoorten opgenomen als voor het hooghout.
- Aantal:
Per boomsoort wordt het aantal zaailingen bepaald. Indien het aantal zaailingen zeer groot is, wordt het tellen beperkt tot $\frac{1}{2}$ of $\frac{1}{4}$ van de proefcirkel A₁. Dit getal wordt dan vermenigvuldigd met 2 resp. 4 om het aantal zaailingen binnen de proefcirkel A₁ te bekomen.
- Gemiddelde hoogte:
De gemiddelde hoogte van de verjonging wordt geschat met behulp van een meetstok. Hierbij worden volgende klassen onderscheiden:
 - 0 - 49 cm,
 - 50 - 99 cm,
 - 100 - 149 cm,
 - 150 - 199 cm.
- Verdeling:
De verdeling heeft betrekking op de spreiding van de verjonging in de ruimte. Naargelang de oppervlakte ingenomen door de verjonging worden volgende klassen onderscheiden:
 - verspreid: in het bestand komt hier en daar verjonging voor en de oppervlakte is steeds $\leq 0,5$ are,
 - homogeen: aanplantingen.

5. VERWERKEN BOSBOUWGEGEVENS

5.1. Dendrometrische parameters

Uitgaande van de metingen uitgevoerd binnen de proefvlakken kunnen verschillende dendrometrische parameters worden berekend, zoals gemiddelde omtrek, gemiddelde hoogte, stamtal, grondvlak en volume. Hoe deze parameters worden berekend, wordt besproken in volgende paragrafen.

5.1.1. Omtrek

De **rekenkundig gemiddelde omtrek** (\bar{c}_j) wordt berekend door het gemiddelde te nemen van alle omtrekken gemeten aan alle bomen binnen het proefvlak j:

$$\bar{c}_j = \frac{\sum_{i=1}^n c_{ij}}{n_j} \quad (1)$$

met \bar{c}_j = rekenkundig gemiddelde omtrek voor proefvlak j (cm),
 c_{ij} = omtrek van de boom i behorend tot het proefvlak j (cm),
 n_j = totaal aantal bomen binnen proefvlak j.

De **omtrek van de boom met gemiddeld grondvlak** (c_{gj}) wordt berekend aan de hand van onderstaande formule:

$$c_{gj} = \sqrt{\bar{c}_j^2 + s_j^2} \quad (2)$$

met c_{gj} = omtrek van de boom met gemiddeld grondvlak voor proefvlak j (cm),
 \bar{c}_j = rekenkundig gemiddelde omtrek voor proefvlak j (cm),
 s_j^2 = variantie (cm²).

5.1.2. Hoogte

De **rekenkundig gemiddelde hoogte** (\bar{h}_j) wordt bekomen door het gemiddelde te nemen van alle hoogtes gemeten aan alle bomen binnen het proefvlak j:

$$\bar{h}_j = \frac{\sum_{i=1}^n h_{ij}}{n_j} \quad (3)$$

- met \bar{h}_j = Rekenkundig gemiddelde hoogte voor proefvlak j (cm),
 h_{ij} = hoogte van de boom i behorend tot het proefvlak j (cm),
 n_j = totaal aantal bomen binnen proefvlak j.

De hoogte van de boom met gemiddelde grondvlak (h_g):

Normaliter wordt de hoogte van de boom met gemiddelde grondvlak (h_g) afgeleid uit de bestandshoogtecurve die het verband aangeeft tussen de hoogte en de omtrek. Een dergelijke bestandshoogtecurve wordt opgesteld per boomsoort en per bestand. Binnen eenzelfde proefvlak is het echter niet mogelijk om voor elke boomsoort een voldoende aantal hoogtemetingen te verzamelen. Hierdoor is het evenmin mogelijk om per proefvlak en per boomsoort een bestandshoogtecurve op te stellen. Dit heeft voor gevolg dat de hoogte van de boom met gemiddelde grondvlak (h_g) niet kan afgeleid worden uit de bestandshoogtecurve. De hoogte van de boom met gemiddelde grondvlak (h_g) wordt daarom gelijkgesteld aan de gemiddelde hoogte van 3 bomen met een omtrek c_g of die c_g benadert.

De **gemiddelde takvrije stamlengte** (\bar{h}_{vrij}) wordt bekomen door het gemiddelde te berekenen van de takvrije stamlengtes van 3 bomen met een omtrek c_g of die c_g benadert.

De **dominante hoogte** (h_{dom}) wordt hier gedefinieerd als de gemiddelde hoogte van de n dikste bomen per proefvlak. Het aantal n is afhankelijk van de samenstelling van het bestand:

- Homogeen loofhoutbestand:
 - 4 dikste bomen per proefvlak.
- Homogeen naaldhoutbestand:
 - $22 \text{ cm} \leq \text{gemid. omtrek } \bar{c} < 72 \text{ cm}$: 2 dikste bomen per proefvlak,
 - $72 \text{ cm} \leq \text{gemid. omtrek } \bar{c} < 122 \text{ cm}$: 3 dikste bomen per proefvlak,
 - $\text{gemid. omtrek } \bar{c} \geq 122 \text{ cm}$: 5 dikste bomen per proefvlak.
- Gemengd bestand:

De dominante hoogte wordt enkel berekend voor die boomsoorten waarvan het grondvlak $\geq 50 \%$ van het bestandsgrondvlak. Met andere woorden enkel van de hoofdboomsoort wordt de dominante hoogte bepaald. Hierbij wordt de dominante hoogte gelijk gesteld aan de gemiddelde hoogte van de 3 dikste bomen binnen het proefvlak. Indien 2 bomen dezelfde omtrek hebben, wordt de totale hoogte van de hoogste boom weerhouden.

5.1.3. Schorsdikte

Per opnamepunt en per boomsoort wordt van twee bomen de schorsdikte (s) bepaald met een schorsboor. Nadat een aantal proefvlakken zijn opgemeten, worden per boomsoort de bekomen resultaten uitgezet in een grafiek die het verband aangeeft tussen de schorsdikte (s) en de omtrek ($C_{1.5}$). Indien nodig kan dan besloten worden om enkel nog voor bepaalde omtrekklassen de schorsdikte te bepalen. Wanneer voor alle omtrekklassen voldoende s-waarden beschikbaar zijn, zal per boomsoort een relatie opgesteld worden tussen de schorsdikte (s) en de omtrek ($C_{1.5}$). Eens deze relatie gekend, kan voor om het even welke omtrek de schorsdikte berekend worden.

De **gemiddelde schorsdikte** (\bar{s}_j) is de schorsdikte van de boom met gemiddeld grondvlak (c_{gj}) binnen het opnamepunt j. De gemiddelde schorsdikte (\bar{s}_j) wordt afgeleid uit de relatie tussen de schorsdikte (s) en de omtrek ($C_{1.5}$).

5.1.4. Stamtal (N)

Voor alle dendrometrische kenmerken uitgedrukt per ha (stamtal, grondvlak en volume) wordt de waarde bekomen voor het proefvlak vermenigvuldigd met een extensiefactor F:

$$F = \frac{10000}{S} \quad (4)$$

met S = oppervlakte van de proefcirkel (m^2),

$$S = \pi \cdot R^2 \cdot \cos \alpha \quad (5)$$

met S = oppervlakte van de proefcirkel (m^2),
 R = Straal van de proefcirkel (m),
 α = helling ($^\circ$).

Afhankelijk van het bestandstype en de afmetingen van de boom worden de metingen uitgevoerd binnen de proefcirkel A_1 , A_2 , A_3 of A_4 . Voor deze 4 proefcirkels wordt de overeenkomstige extensiefactor aangeduid als F_1 , F_2 , F_3 resp. F_4 .

Voorbeeld:

Voor een proefvlak uitgezet op vlak terrein is de extensiefactor voor de verschillende proefcirkels:

- proefcirkel A_1 : $R_1 = 2,25$ m $\rightarrow F_1 = 628,76$
- proefcirkel A_2 : $R_2 = 4,5$ m $\rightarrow F_2 = 157,19$
- proefcirkel A_3 : $R_3 = 9$ m $\rightarrow F_3 = 39,30$
- proefcirkel A_4 : $R_4 = 18$ m $\rightarrow F_4 = 9,82$

Het **stamtal** (N) is het aantal bomen per eenheid van oppervlakte.

- Om het stamtal per boomsoort (N_{jk}) te bepalen, wordt binnen de proefvlak j het aantal bomen per boomsoort k geteld:

$$N_{jk} = (n_{1jk} \times F_1) + (n_{2jk} \times F_2) + (n_{3jk} \times F_3) + (n_{4jk} \times F_4) \quad (6)$$

met N_{jk} = stamtal voor boomsoort k binnen proefvlak j (/ha),
 $n_{1jk}, n_{2jk}, n_{3jk}, n_{4jk}$ = aantal bomen behorende tot boomsoort k binnen proefcirkel A_1, A_2, A_3 resp. A_4 van proefvlak j ,
 F_1, F_2, F_3, F_4 = extensiefactor voor proefcirkel A_1, A_2, A_3 resp. A_4 .

- Om het stamtal (N_j) voor alle boomsoorten samen te bekomen, volstaat het de waarden verkregen voor elke boomsoort afzonderlijk op te tellen.

$$N_j = \sum_k N_{jk} \quad (7)$$

met N_j = stamtal voor proefvlak j (/ha),
 N_{jk} = stamtal voor boomsoort k binnen proefvlak j (/ha),
 k = totaal aantal boomsoorten binnen proefvlak j .

5.1.5. Bestandsgrondvlak (G)

- Het grondvlak van elke boom (g_{ij}) binnen de proefvlak j wordt bepaald aan de hand van onderstaande formule:

$$g_{ij} = \frac{c_{ij}^2}{4 \cdot \pi \cdot 10000} \quad (8)$$

met g_{ij} = grondvlak van boom i binnen proefvlak j (m^2),
 c_{ij} = omtrek van boom i binnen proefvlak j (cm).

- Het bestandsgrondvlak voor boomsoort k en proefvlak j (G_{jk}) wordt bekomen door het grondvlak van de proefcirkels A_2, A_3 en A_4 op te tellen:

$$G_{jk} = \left(\sum_{n2jk} g_{ijk} \times F_2 \right) + \left(\sum_{n3jk} g_{ijk} \times F_3 \right) + \left(\sum_{n4jk} g_{ijk} \times F_4 \right) \quad (9)$$

met G_{jk} = bestandsgrondvlak voor boomsoort k binnen proefvlak j (m^2/ha),
 g_{ijk} = grondvlak van boom i behorende tot boomsoort k en proefvlak j (m^2),
 $n_{2jk}, n_{3jk}, n_{4jk}$ = aantal bomen behorende tot boomsoort k binnen proefcirkel A_2, A_3 resp. A_4 van proefvlak j ,
 F_2, F_3, F_4 = extensiefactor voor proefcirkel A_2, A_3 resp. A_4 .

- Om het bestandsgrondvlak (G_j) voor alle boomsoorten samen te bekomen, volstaat het de waarden verkregen voor elke boomsoort afzonderlijk op te tellen.

$$G_j = \sum_k G_{jk} \quad (10)$$

- met G_j = bestandsgrondvlak voor proefvlak j (m^2/ha),
 G_{jk} = bestandsgrondvlak voor boomsoort k binnen proefvlak j (m^2/ha),
 k = totaal aantal boomsoorten binnen proefvlak j .

5.1.6. Bestandsvolume (V)

Voor het bepalen van het volume worden naargelang de boomsoort verschillende tarieven gebruikt:

- Dagnelie et al. (1985): Inlandse eik, Amerikaanse eik, Es, Esdoorn, Beuk, Boskers, Berk, Olm, Gewone den, Lork, Douglas, Fijnspar,
- Berben et al. (1983): Corsicaanse den,
- Dik (1990): Populier.

Boomsoorten waarvoor geen tarieven bestaan, worden gecubeerd aan de hand van één van hoger vermelde tarieven (zie Tabel 5). Het volume van het "overig loofhout" resp. "overig naaldhout" wordt bepaald op basis van de tarief voor Es resp. Fijnspar (cfr. bosinventarisatie Waals Gewest).

Het volume dat berekend wordt is het werkhoutvolume. Dit is het volume tot een aftopomtrek van 22 cm (voor Populier tot een aftopdiameter van 10 cm).

Tabel 5: Overzicht van de aangewende tarieven voor het bepalen van het volume

Boomsoorten waarvoor tarieven beschikbaar zijn	Boomsoorten die gecubeerd worden aan de hand van beschikbare tarieven
Berk Inlandse eik (Zomer- en Wintereik) Amerikaanse eik Esdoorn Es Beuk Boskers Olm Populier	Zwarte els, Grauwe els, Gewone acacia, Wilg Haagbeuk Lijsterbes, Walnoot, Linde Overig loofhout Tamme kastanje
Fijnspar Douglas Lork Grove den Corsicaanse den	Overig naaldhout Reuzenden <i>Pinus</i> sp.

- Voor bomen behorend tot het hakhout en staand dood hout wordt het volume berekend in functie van de omtrek op 1,5 m (Dagnelie et al., 1985):

$$v_{ij} = b_0 + b_1 c_{ij} + b_2 c_{ij}^2 + b_3 c_{ij}^3 \quad (11)$$

met v_{ij} = volume van boom i binnen proefvlak j (m^3),
 c_{ij} = omtrek van boom i binnen proefvlak j (cm),
 b_0, b_1, b_2, b_3 = regressiecoëfficiënten karakteristiek voor elke boomsoort.

- Voor bomen behorend tot het hooghout wordt het volume berekend in functie van de omtrek op 1,5 m en de totale hoogte (Dagnelie et al., 1985):

$$v_{ij} = b_0 + b_1 c_{ij} + b_2 c_{ij}^2 + b_3 c_{ij}^3 + b_4 h_{ij} + b_5 c_{ij}^2 h_{ij} \quad (12)$$

met v_{ij} = volume van boom i binnen proefvlak j (m^3),
 c_{ij} = omtrek van boom i binnen proefvlak j (cm),
 h_{ij} = totale hoogte van boom i binnen proefvlak j (m),
 b_0, b_1, \dots, b_5 = regressiecoëfficiënten karakteristiek voor elke boomsoort.

- Voor het bepalen van het bestandsvolume voor boomsoort k binnen proefvlak j (V_{jk}) wordt dezelfde werkwijze gevolgd als voor het bepalen van het bestandsgrondvlak:

$$V_{jk} = \left(\sum_{n2jk} v_{ijk} \times F_2 \right) + \left(\sum_{n3jk} v_{ijk} \times F_3 \right) + \left(\sum_{n4jk} v_{ijk} \times F_4 \right) \quad (13)$$

met V_{jk} = Bestandsvolume voor boomsoort k binnen proefvlak j (m^3/ha),
 v_{ijk} = volume van boom i behorende tot boomsoort k binnen proefvlak j (m^3),
 $n2jk, n3jk, n4jk$ = aantal bomen behorende tot boomsoort k binnen proefcirkel A_2, A_3 resp. A_4 van proefvlak j,
 F_2, F_3, F_4 = Extensiefactor voor proefcirkel A_2, A_3 resp. A_4 .

- Om het bestandsvolume (V_j) voor alle boomsoorten samen te bekomen, volstaat het de waarden verkregen voor elke boomsoort afzonderlijk op te tellen.

$$V_j = \sum_k V_{jk} \quad (14)$$

met V_j = bestandsvolume voor proefvlak j (m^3/ha),
 V_{jk} = bestandsvolume voor boomsoort k binnen proefvlak j (m^3/ha),
 k = totaal aantal boomsoorten binnen proefvlak j.

5.2. Statistische verwerking van kwantitatieve kenmerken

Bij een systematische bemonstering kunnen de populatieparameters enkel geschat worden zonder bias (i.e. systematische vertekening) indien het raster niet samenvalt met een gradiënt of periodiciteit op het terrein. Het schatten van de populatieparameters voor kwantitatieve kenmerken gebeurt dan op dezelfde manier als bij een toevalsbemonstering (Rondeux, 1993):

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad : \text{gemiddelde uit de steekproef} \quad (15)$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n - 1} \quad : \text{variantie uit de steekproef} \quad (16)$$

$$S_{\bar{y}}^2 = \frac{s^2}{n} \left(1 - \frac{n}{N}\right) = \frac{s^2}{n} (1 - f) \quad : \text{middelbare fout} \quad (17)$$

met y_i = waarde voor de variabele Y binnen proefvlak i ,
 n = totaal aantal opgemeten proefvlakken,
 N = totaal aantal beschikbare proefvlakken binnen het bosgebied (populatie),
 f = Steekproeffractie = n/N .

In tegenstelling tot veel andere populaties zijn bospopulaties meestal eindige populaties in statistische zin, waardoor een groot deel ervan bemonsterd wordt. In dergelijk geval moet de middelbare fout gecorrigeerd worden met de zgn. steekproeffractie f , omdat anders de middelbare fout overschat wordt.

Deze correctie is te verantwoorden vermits de fouten ingevolge de bemonstering het gevolg zijn van het gedeelte van de populatie dat niet bij de steekproef wordt betrokken.

Bij een volledige opmeting wordt $(1 - f)$ nul en bijgevolg ook de fout op de schatting (Loetsch & Haller, 1973).

Indien er uitgesproken verschillen voorkomen in de staande voorraad tussen bepaalde zones is het aan te bevelen om na het terreinwerk de steekproeven in strata te groeperen. Bij een dergelijke *stratificatie a posteriori* worden de populatieparameters als volgt berekend:

$$\bar{y}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} y_{ij}}{n_j} \quad : \text{gemiddelde voor stratum } j \quad (18)$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{j=1}^M N_j \bar{y}_j}{N} = \sum_{j=1}^M P_j \bar{y}_j \quad : \text{gemiddelde voor de M strata} \quad (19)$$

$$s_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} (y_{ij} - \bar{y}_j)^2}{n_j - 1} \quad : \text{variantie voor stratum j} \quad (20)$$

$$S_{\bar{y}_j}^2 = \frac{s_j^2}{n_j} \left(1 - \frac{n_j}{N_j} \right) = \frac{s_j^2}{n_j} (1 - f) \quad : \text{middelbare fout voor stratum j} \quad (21)$$

$$S_{\bar{y}}^2 = \frac{1-f}{n} \sum_{j=1}^M P_j s_j^2 + \frac{1}{n^2} \sum_{j=1}^M (1 - P_j) s_j^2 \quad : \text{middelbare fout voor de M strata} \quad (22)$$

met M = totaal aantal strata,
 N = totaal aantal proefvlakken,
 N_j = totaal aantal proefvlakken binnen stratum j ,
 P_j = N_j/N , aandeel van elk j -de stratum t.o.v. de totale populatie,
 f = $n/N = n_j/N_j$,
 n = totaal aantal opgemeten proefvlakken,
 n_j = totaal aantal proefvlakken binnen stratum j ,
 y_{ij} = waarde van de variabele Y in stratum j en proefvlak i .

Bij een stratificatie a posteriori wordt voor de volledige populatie eenzelfde steekproefschema toegepast (en geen onafhankelijke steekproef per stratum zoals bij een stratificatie a priori), vandaar dat de steekproeffractie f voor alle strata gelijk is.

Wanneer de geschatte varianties s_j^2 van de verschillende strata weinig verschillend zijn en het totaal aantal opgemeten proefvlakken voldoende groot is, kan de 2de term uit vergelijking (22) worden weggelaten (Rondeux, 1993).

5.3. Statistische verwerking van kwalitatieve kenmerken

Bemonstering van populaties met kwalitatieve kenmerken wordt vaak uitgevoerd voor het bepalen van aantallen, verhoudingen of percentages van individuen die een vooropgestelde eigenschap of bepaald karakter vertonen. Voorbeelden hiervan zijn: boomsoort, ontwikkelingsfase, bestandsstructuur, sluitingsgraad, verjongingswijze, enz.

Elk proefvlak kan het kwalitatief kenmerk e al dan niet bezitten. Indien het ene geval aangeduid wordt als 1 ($y_i = 1$) en het andere als 0 ($y_i = 0$) dan is (Loetsch & Haller, 1973):

$$N_e = \sum_{i=1}^N y_i = \sum_{i=1}^N y_i^2 \quad (23)$$

$$n_e = \sum_{i=1}^n y_i = \sum_{i=1}^n y_i^2 \quad (24)$$

met N = totaal aantal proefvlakken binnen de populatie,
 n = totaal aantal opgemeten proefvlakken uit de populatie,
 N_e = aantal proefvlakken in de populatie met kenmerk e ,
 n_e = aantal opgemeten proefvlakken uit de populatie met kenmerk e .

$$\varphi = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} = \frac{N_e}{N} \quad : \text{gemiddelde van de populatie} \quad (25)$$

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} = \frac{n_e}{n} \quad : \text{gemiddelde van de steekproef} \quad (26)$$

Uit bovenstaande blijkt dat de gemiddelden het aandeel voorstellen van de proefvlakken met kenmerk e .

De variantie en de middelbare fout voor de populatie en de steekproef worden als volgt berekend:

$$\sigma_{\varphi}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \mu)^2}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N y_i^2 - N\mu^2}{N} = \frac{N_e - N\varphi^2}{N} \quad (27)$$

Vermits $N_e = N \cdot \varphi$ wordt bovenstaande formule:

$$\sigma_{\varphi}^2 = \frac{N\varphi - N\varphi^2}{N} = \varphi(1 - \varphi) \quad : \text{variantie voor de populatie} \quad (28)$$

$$s_p^2 = \frac{n P (1 - P)}{n - 1} \quad : \text{variantie voor de steekproef} \quad (29)$$

$$S_p^2 = \frac{s_p^2}{n} = \frac{n P (1 - P)}{n (n - 1)} = \frac{P (1 - P)}{n - 1} \quad : \text{middelbare fout voor de steekproef} \quad (30)$$

Vermits het bos gezien wordt als een eindige populatie, moet de reductiefactor f in rekening gebracht worden:

$$\begin{aligned} S_p^2 &\cong \frac{P(1-P)}{n} (1-f) = \frac{P(1-P)}{n} \left(1 - \frac{n}{N}\right) \\ &= \frac{P(1-P)}{n} - \frac{P(1-P)}{N} \quad (31) \end{aligned}$$

De hoger vermelde functies laten toe algemene afleidingen te maken in verband met de variabiliteit van populaties met kwalitatieve kenmerken, vermits noch de grootte van het proefvlak, noch de spatiale verdeling de variantie beïnvloedt.

Tabel 6 geeft een overzicht van de variatiecoëfficiënten voor $\varphi = 0,1$ tot $\varphi = 0,9$ en van het aantal steekproeven die nodig zijn om een middelbare fout van 5 % te halen.

Uit deze tabel blijkt dat de variantie het grootst is wanneer de populatie bestaat uit 2 klassen van gelijke grootte, en afneemt met eenzelfde aandeel naar beide extreme samenstellingen toe. Verder valt op dat de varianties en de standaardafwijkingen weinig verschillen binnen het interval $\varphi = 0,3$ tot $0,7$. Schattingen van de verhoudingen binnen dit bereik zullen ongeveer met een gelijke fout zijn belast voor eenzelfde grootte van de steekproef.

Tabel 6: Bemonstering in populaties met kwalitatieve kenmerken (Loetsch & Haller, 1973)

φ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
σ_{φ}^2	0,09	0,16	0,21	0,24	0,25	0,24	0,21	0,16	0,09
σ_{φ}	0,30	0,40	0,46	0,49	0,50	0,49	0,46	0,40	0,30
$\sigma_{\varphi} \%$	300	200	153	123	100	82	66	50	33
n	3600	1600	936	605	400	269	174	100	44

- met φ = gemiddelde van de populatie = aandeel van de proefvlakken met kenmerk e,
 σ_{φ}^2 = variantie van de populatie,
 σ_{φ} = standaardafwijking,
 $\sigma_{\varphi} \%$ = variatiecoëfficiënt = $(100 \times \sigma_{\varphi}) / \varphi$,
n = aantal steekproeven nodig om een middelbare fout van 5 % te halen.

6. REFERENTIES

- BERBEN J., BAEYENS L., & PALM R., 1983. Dendrometrische studie van de corsikaanse den. Centrum voor Bosbiologisch Onderzoek v.z.w. Bokrijk – Genk, 58p.
- CUNIA T., 1985. Main objectives and desirable characteristics of national forest inventory systems. In: Cunia T. & Pelz D.R. (eds.). National forest inventory in Europe. Mitteilungen der Abteilung für forstliche Biometrie, Freiburg, 1-19.
- DAGNELIE P., PALM R., RONDEUX J. & THILL A., 1985. Tables de cubage des arbres et des peuplements forestiers. Les Presses Agronomiques de Gembloux, Gembloux, 148 p.
- DIK E.J., 1990. De schatting van volumes en werkhoutlengtes bij populier. “De Dorschkamp”, Instituut voor bosbouw en groenbeheer, Wageningen, Rapport nr. 590, 52 p.
- DYKSTRA D.P., 1995. Information Systems in Forestry: a brief review. UN-ECE/FAO Timber and Forest discussion papers, ECE/TIM/DP/3. United Nations, New York, Genève, 11 p.
- LOETSCH F. & HALLER K.E., 1973. Forest Inventory. Volume 1. BLV Verlagsgesellschaft, München, 163-179.
- RONDEUX J., 1993. La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Les Presses Agronomiques de Gembloux, 25-26.
- SPEIDEL G., 1972. Planung im Forstbetrieb. Grundlagen und Methoden der Forsteinrichtung. Verlag Paul Parey, Hamburg, 228-230.
- STAATSBOSBEHEER, 1988. Instructie veldopname Vierde Nederlandse Bosstatistiek. Rapport nr. 1988-22. Deel 1: Oppervlaktestatistiek bosterrein.
- WOLFGANG L., 1992. Handboek Kaart & Kompas. Uitgeverij Kosmos, Utrecht, Antwerpen, 262 p.