

Plan

ONDERZOEK NAAR VERANDERINGEN IN DE EPIPHYTENRIJKDOM MET BEHULP VAN

PERMANENTE KWADRATEN

tussentijds verslag project B 8.4 (reg. nr. 119)

juli 1977 - november 1978

door H.F. van Dobben

Rijksinstituut voor Natuurbeheer

Leersum

1978

Overneming van gegevens is alleen
toegestaan na overleg met de auteur

140512

INHOUD

1. INLEIDING
2. ALGEMENE OPZET
 - 2.1 Plaats van de permanente kwadraten
 - 2.2 Vorm, grootte en markering
 - 2.3 Standarisatie: phorophyt
 - 2.4 Standarisatie: epiphyten
3. GROEIMETING
 - 3.1 Camera-plaatsing
 - 3.2 Vergelijken van foto's
 - 3.3 Foutendiscussie groeimeting
 - 3.4 Stereoscopische foto's
 - 3.5 Foutendiscussie hoogtemeting
 - 3.6 Toepassingsmogelijkheden hoogtemeting
4. VERSCHIJNEN EN VERDWIJNEN VAN THALLI
5. SAMENVATTING
6. LITERATUUR
7. AANHANGSEL: praktische aanwijzingen
 - 7.1 Opzoeken van nieuwe PQ-punten
 - 7.2 PQ-uitzetten en opnemen
 - 7.3 PQ-heropnemen
 - 7.4 Materiaal-lijst
 - 7.5 Hoogtemeting op stereoscopische foto's met behulp van het HP rekenprogramma
 - 7.6 Ligging van de PQ's

1. INLEIDING

Het is algemeen bekend dat in Nederland en andere geïndustrialiseerde landen de epiphytenflora gedurende de laatste honderd jaar sterk verarmd is. Men neemt aan, dat de toegenomen SO_2 -concentratie in de lucht hiervoor indirect verantwoordelijk is (zie o.a. DE WIT 1976 en VAN DOBBEN 1976). Wat de directe oorzaak van de achteruitgang is, is minder goed bekend. Als meest waarschijnlijke oorzaken komen naar voren: (a) verzuring van het regenwater (en daarmee ook van de schors), en (b) vergiftiging door sulfiet-ionen. Waarschijnlijk spelen beide een rol (VAN DOBBEN 1976).

Het is evenmin precies bekend, hoe deze factoren op de fysiologie van de lichenen inwerken. Er zijn vele mogelijkheden, waarvan de meest voor de hand liggende zijn:

- (1) remming van de diasporenvorming;
- (2) remming van de kieming;
- (3) remming van de groei;
- (4) vergiftiging van hele thalli bij kortdurende, zeer hoge concentraties.

Dat er inderdaad remming van diasporenvorming plaatsvindt, kan men met eenvoudige waarnemingen constateren (bv. VAN DOBBEN 1976). Deze remming lijkt echter niet van zodanige aard te zijn, dat zij de huidige achteruitgang kan verklaren (vooral ook, gezien de overal plaatsvindende overproductie aan diasporen). Aan deze mogelijkheid wordt daarom geen verdere aandacht besteed.

Remming van kieming en/of groei en vergiftiging, zijn minder gemakkelijk te constateren. Hiervoor is het nodig epiphytenvegetaties, en de hierin voorkomende individuen gedurende langere tijd in hun ontwikkeling te volgen. Dit zal men dan moeten doen op plaatsen met verschillende SO_2 -belastingen, om te zien welke processen "normaal" in de vegetatie plaatsvinden, en welke door SO_2 veroorzaakt of beïnvloed worden.

Hierbij komt nog, dat binnen enkele jaren een verdere toename van de SO_2 -concentraties wordt verwacht. Men vraagt zich af in hoeverre een dergelijke toename een nog verdere achteruitgang van de epiphytenflora tot gevolg zal hebben. Ook dit is alleen te constateren door het gedrag van epiphytenvegetaties gedurende langere tijd te volgen. Toenemende SO_2 -concentraties geven tevens de mogelijkheid, de invloed van SO_2 op epiphyten(vegetaties) op hun natuurlijke standplaats en langs directe weg na te gaan (dus zonder laboratorium-onderzoek, herbarium-onderzoek of vergelijken van verschillende standplaatsen).

Uit het bovenstaande blijkt dat de volgende twee vraagstellingen goed in één onderzoek verenigd kunnen worden:

- (1) op welke wijze (of wellicht beter: in welk stadium van de levenscyclus) werken sulfiet en/of verzuring op epiphyten in;
- (2) vindt er bij toename van SO₂-concentraties een verdere achteruitgang van epiphytenflora of -vegetatie plaats.

Men zou bv. de volgende resultaten kunnen verwachten:

- wel groei bij gevestigde individuen, geen nieuwe vestigingen; of bij in de tijd toenemende SO₂-concentratie: na een bepaald tijdstip geen of weinig nieuwe vestigingen meer: wijst op remming van de kieming
- afnemende groeisnelheid bij toenemende SO₂-concentratie (zowel in de ruimte als in de tijd); of bij in de tijd toenemende concentratie: afnemende groei en tenslotte afsterven van gevestigde individuen: wijst op remming van de groei
- vestiging van kleine individuen is wel mogelijk, maar deze verdwijnen weer bij kortdurende zeer hoge SO₂-concentraties: wijst op vergiftiging.

Bovendien is het in theorie niet uitgesloten dat de groeisnelheid van bepaalde soorten op bepaalde substraten gebruikt kan worden als indicator voor de gemiddelde SO₂-concentratie ter plaatse.

Een onderzoek als hierboven beschreven werd in augustus 1977 gestart. Dit verslag houdt zich uitsluitend bezig met de gevolgde methoden. Voor het verkrijgen van concrete resultaten was enerzijds de looptijd van het onderzoek nog te kort, anderzijds kostte het veldwerk en het uitwerken van methoden zo veel tijd, dat voor de verwerking van de verzamelde gegevens te weinig tijd overbleef.

2. ALGEMENE OPZET

2.1 Plaats van de permanente kwadraten

Een schors-vlakje, waarvan de epiphyten gedurende langere tijd bestudeerd worden, zal aangeduid worden met de term "permanent kwadraat", of kortweg PQ.

In de inleiding is reeds uiteengezet dat het nodig is PQ's te hebben in gebieden met een hoge en gebieden met een lage SO₂-belasting. Omdat men bovendien niet van te voren weet, waar de SO₂-concentraties in de toekomst het sterkst zullen stijgen, zullen de PQ's door het hele land verspreid uitgezet moeten worden. Hoewel een regelmatige verdeling hierbij wellicht de voorkeur verdient, is deze verdeling uit praktische overwegingen niet erg aantrekkelijk (veel reistijd bij bezoeken van de PQ's). Hierom is gekozen voor een verdeling over een aantal lijn-transecten. Voor de ligging en nummering van de transecten, zie 7.6.

Omdat het meestal niet mogelijk is, een PQ precies op een van te voren gegeven punt uit te zetten, moet men van te voren een gebiedje afbakenen, waarbinnen men een PQ wil uitzetten. Bij dit onderzoek is voor zo'n gebiedje steeds een uurhok gebruikt, omdat het uurhok ook bij het WHEN-onderzoek (DE WIT 1976) de basis-eenheid was. In de transecten I, III en het noordelijk deel van II werd in ieder uurhok dat op het transect ligt èèn (soms meer dan een) PQ uitgezet. Op deze transecten ligt dus gemiddeld elke 5 km een PQ. Op de andere transecten liggen de PQ's wat verder van elkaar (gem. 10 à 20 km).

Alvorens tot het uitzetten van een PQ in een bepaald uurhok over te gaan, werd het hele uurhok op geschikte punten afgezocht (zie 7.1). Uit de zo verkregen lijst van mogelijke punten werd daarna een keuze gemaakt, op grond van de in 2.3 en 2.4 te beschrijven criteria.

Wanneer in een op het transect liggend uurhok geen geschikt punt te vinden was, werd "uitgeweken" naar een direct naast het transect gelegen uurhok. Wanneer dit ook niets opleverde, werd het betreffende hok overgeslagen. In de provincie Drente werden geen PQ's uitgezet. Met de Prov. Planologische Dienst werd afgesproken, dat deze dienst zal zorgen voor opvullen van dit "gat".

Om het terugvinden van de PQ's te vergemakkelijken, zijn in het archief bij ieder PQ de volgende gegevens opgenomen:

- de stafkaartcoördinaten
- een kopie van een stukje stafkaart met hierop aangegeven de plaats van het PQ (het nummer van deze kaart staat op het standaardformulier)

- een schetskaartje $\pm 1 : 1000$ waarop de plaats van het PQ is aangegeven t.o.v. herkenningspunten als huizen, bomen, Km-paaltjes e.d.
- de plaats van het PQ op de boom (hoogte en expositie)

2.2 Vorm, grootte en markering

Omdat foto's bij het onderzoek een belangrijke rol spelen, werd de vorm van de PQ's gelijk gekozen aan die van een kleinbeeldfoto: een rechthoek met lengte: breedte = 3 : 2. Het PQ kan dan staand zijn (lengte-as \pm verticaal) of liggend (lengte-as \pm horizontaal). Schuin geplaatste PQ's stuiten op praktische problemen.

De grootte van de PQ's ligt steeds tussen $\pm 8 \times 13$ en $\pm 15 \times 25$ cm. Deze grootte werd gekozen uit praktische overwegingen, zoals minimaal vereiste scherpte van de foto's, en tijd die nodig is om een bepaald oppervlak voldoende grondig af te zoeken.

De PQ's werden gemarkeerd met aluminium spijkers van $30 \times 2,4$ mm: één op elk hoekpunt en één ongeveer in het midden (dit laatste is noodzakelijk wil men interpreteerbare stereo-foto's maken, zie 3.4). Aluminium heeft voor dit doel de volgende voordelen boven andere materialen als ijzer en messing:

- het heeft een kleur die goed contrasteert met die van schors, en behoudt deze ook na lange tijd; de PQ's zijn hierom steeds gemakkelijk terug te vinden;
- Al_2O_3 en $Al(OH)_3$ zijn in water zeer weinig oplosbaar, zodat de kans klein is dat de epiphyten beïnvloed worden door uit de spijkers vrijkomende ionen;
- aluminium is zo zacht dat het bij eventueel verzagen van de boom geen gevaar oplevert voor bv. kettingbreuk.

Bij de PQ's die uitgezet zijn na juli 1978 werd in de spijkerkoppen met een nijptang een kleine beschadiging aangebracht. Zo'n beschadiging is bij het verrichten van metingen in foto's nl. een beter referentiepunt dan een structuurloze en relatief grote spijkerkop.

In de meeste gevallen was na een jaar geen invloed van de spijkers op de boom of de epiphyten zichtbaar. In de volgende gevallen was er echter wel invloed:

- bij één boom was een -door een spijker geraakte- okselknop uitgelopen. Het hieruit ontstane takje kwam na afsnijden echter niet terug.
- bij één boom had een spijker een sapstroom veroorzaakt.
- bij een aantal bomen waren in een cirkelvormig gebiedje met een straal van ± 1 cm om een spijker de epiphyten (inclusief Protococcus) verdwenen. Dit kwam alleen voor bij PQ's op Populus en Quercus, die in de voorzomer (mei-juli) uitgezet waren, en dan nog alleen bij spijkers die op de ribben waren ingeslagen.

Ik neem aan dat het laatstgenoemde verschijnsel veroorzaakt wordt door het uittreden van zeer kleine hoeveelheden xyleemsap, hoewel hier niets van zichtbaar is. Het verdient dus aanbeveling, de spijkers zo veel mogelijk in de groeven in te slaan. Bij inslaan in de groeven komen in de herfst soms enkele druppeltjes (zoet smakend) phloeemsap naar buiten; dit heeft echter geen merkbare invloed op de epiphyten.

Een ander probleem is, dat de spijkers door diktegroei vrij snel in de schors kunnen verdwijnen. Een spijker die $\frac{1}{2}$ cm uitsteekt is bij een jonge boom na een jaar al tot op of iets onder het oppervlak van de schors gezakt. Ik weet nog geen oplossing voor dit probleem. Het verdient in elk geval aanbeveling de spijkers minstens 1 cm te laten uitsteken.

Men zou problemen met de spijkers ten dele kunnen vermijden door in plaats van vijf slechts één spijker (alleen de middelste) in te slaan. Voor het terugvinden van het PQ en voor het verrichten van groeimetingen is dit nl. voldoende. Voor het bestuderen van veranderingen in de vegetatie zijn de hoekspijkers wel gemakkelijk, maar niet strikt noodzakelijk.

2.3 Standarisatie: phorophyten

Het voorkomen van epiphytensoorten op een bepaalde plaats wordt bepaald door zeer vele milieufactoren, waarvan de SO_2 -concentratie er één is. Omdat we bij dit onderzoek alleen in effecten van SO_2 geïnteresseerd zijn, moeten we alle andere factoren van plaats tot plaats zoveel mogelijk constant houden. Dit is tot op vrij grote hoogte mogelijk door strenge eisen te stellen aan zowel de photophyt als aan de epiphytenvegetatie.

Onder een gestandariseerde boom wordt verstaan een boom die

- a. langs een weg staat;
- b. vrijstaand is (d.w.z. niet beschaduwd door bos of struweel);
- c. goed onderhouden is (geen waterloten of dode takken);
- d. niet geknot is.

Het blijkt dat op zo'n gestandariseerde boom de epiphytenvegetatie vrijwel uitsluitend bepaald wordt door de volgende factoren:

1. boomsoort
2. eutrofiëring
3. SO_2 -concentratie

Ad 1. Het mooiste zou zijn om het hele onderzoek uit te voeren op één boomsoort, maar dit is onmogelijk aangezien geen enkele boomsoort is die door het hele land voorkomt. Daarom zijn de PQ's op zandgrond uitgezet op Quercus, en op klei- en veengrond op Populus. Bovendien is een klein aantal PQ's uitgezet op Salix en op Ulmus, bij ontbreken van twee eerstgenoemde boomsoorten.

Ad 2 en 3. Een probleem is, dat deze twee factoren elkaar ten dele antagoneeren (zie voor een uitgebreide bespreking hiervan DE WIT 1976 en VAN DOBBEN 1976): het komt er op neer dat veel soorten die in schone gebieden overal voorkomen, in verontreinigde gebieden alleen op geëutrofieerde bomen voorkomen. Om deze reden zijn zulke bomen bij dit onderzoek zo veel mogelijk vermeden. De moeilijkheid hierbij is, dat bronnen van eutrofie in het veld vaak wel, maar ook soms niet herkenbaar zijn. In dat laatste geval is eutrofieering alleen te zien aan de epiphyten zelf.

In het veld herkenbare bronnen van eutrofie zijn vooral: nabijheid van boerderijen, en de aanwezigheid van bastwonden, sapstromen of afgezaagde takken. Bij afwezigheid van deze factoren heb ik bomen met de volgende verschijnselen toch als geëutrofieerd beschouwd:

- a. aanwezigheid van sterk nitrofiele soorten: *Candelariella*'s, *Xanthoria parietina*, *Physcia caesia*, *Ph. orbicularis* e.d. (deze eis geldt niet voor *Ulmus*, omdat deze boomsoort van nature een zeer voedselrijke schors bezit);
- b. aanwezigheid van zeer grote hoeveelheden *Physcia tenella*, *Xanthoria polycarpa* en/of *X. candelaria*;
- c. aanwezigheid van de drie bovengenoemde soorten in duidelijke verticale banen (dit wijst op niet zichtbare sapstromen);
- d. alleen bij *Quercus*: aanwezigheid van zeer grote hoeveelheden *Buellia punctata*.

Bomen die niet geëutrofieerd zijn en voldoen aan de eisen van standarisatie kunnen toch om andere redenen niet geschikt zijn als PQ-boom.

Dit zijn vooral bomen die:

- kaprijp zijn (dit geldt met name voor *Populus*);
- vlakbij een weiland staan, waardoor er vee aan de schors kan knagen;
- met de begroeide kant vlakbij een weg, sloot of ander obstakel staan, of op een steile helling (i.v.m. plaatsing van het statief).

2.4 Standarisatie: epiphyten

Omdat meting en vergelijking van groeiselheden een belangrijk deel van het onderzoek vormt, is het noodzakelijk dat alle PQ's tenminste één soort gemeenschappelijk hebben, waaraan deze meting verricht kan worden. Gelukkig is er een soort die op alle phorophyt-soorten voldoende algemeen voorkomt om hiervoor te kunnen dienen: *Parmelia sulcata*.

Voordelen bij deze soort zijn bovendien:

- zij is een goede Indicator-soort (DE WIT 1976), die een niet zeer hoge, maar ook niet zeer lage gevoeligheid voor SO₂ bezit;
- door de vlakke groeiwijze, en de goed tegen schors contrasterende kleur is bij deze soort groeimeting langs fotografische weg relatief eenvoudig.

Bij het uitzetten van de PQ's is dus steeds op de eerste plaats gelet op aanwezigheid van *P. sulcata* op niet-geëutrofiëerde, gestandariseerde bomen. Wanneer op deze wijze binnen een uurhok meerdere plaatsen gevonden werden die voor een PQ geschikt waren, werd hieruit een keuze gemaakt op grond van de volgende criteria:

- PQ's met de meest vitale *P. sulcata* hebben de voorkeur;
- PQ's met naast *P. sulcata* nog andere soorten, waarvan groeimeting langs fotografische weg mogelijk is, hebben de voorkeur;
- jonge bomen hebben de voorkeur boven oude.

Soortenrijkdom en/of aanwezigheid van zeldzame soorten waren geen criteria.

Door het aanleggen van bovengenoemde criteria lopen de PQ's in soorten-samenstelling onderling betrekkelijk weinig uiteen. Altijd aanwezig is: *P. sulcata*; bijna altijd aanwezig zijn: *Lecanora conizacoides*, *L. expallens* en *Buellia punctata*; vaak aanwezig zijn: *Parmelia subaurifera*, *Physcia tenella* en *Xanthoria polycarpa*.

3. GROEIMETING

In de literatuur zijn vele methoden voor groeimeting bij lichenen beschreven. Echter, welke methode men ook gebruikt, men zit bij epiphyten altijd met de volgende twee problemen: (a) het substraat is niet vlak, en (b) het substraat groeit zelf ook. Het onderzoek heeft zich daarom tot nu toe vrijwel uitsluitend tot epilithen beperkt.

We kunnen de diverse methoden op de volgende wijze in vier groepen indelen (voor een overzicht, zie HALE 1974):

- (1) gedateerde substraten: deze methode is zeer grof, en werkt alleen goed over zeer lange perioden (min. enkele decennia).
- (2) directe meting; deze methode kan zeer nauwkeurig zijn, maar werkt alleen goed op een glad substraat waarop referentielijntjes ingekrast kunnen worden (bv. leisteen). Bovendien kan met deze methode alleen lengtetoeename, en geen oppervlaktetoeename gemeten worden.
- (3) doorzichtig-plastic-methode (bv. HALE 1959): deze methode is nogal onnauwkeurig, vooral op een ruw substraat.
- (4) foto-methode (zie bv. HALE 1970, HAKULINEN 1966): deze methode is op een glad substraat bijna even nauwkeurig als methode (2) (HOOKER & BROWN 1977). Op ruw substraat is zij minder nauwkeurig, maar met enkele kunstgrepen is het waarschijnlijk toch mogelijk om ook dan een nauwkeurigheid te bereiken die niet veel minder is dan die van methode (2).

Gezien de eisen van dit onderzoek (meting op ruw substraat; jaarlijkse meting dus grote nauwkeurigheid vereist) komt alleen de foto-methode hier in aanmerking.

Het principe van deze methode is zeer eenvoudig; maak een foto van het te meten licheen + een referentiemaat (bv. een meetlint), en herhaal dit enige tijd later. De in die tijd opgetreden groei kan men dan bepalen door vergelijking van de twee foto's. Een bijkomend voordeel van deze methode is, dat men niet van te voren hoeft te weten, op welke plaatsen groei zal optreden (bij methode (2) is dit bv. wel het geval). Het is hierbij natuurlijk wel noodzakelijk om de camera bij de tweede foto op precies dezelfde plaats op te stellen als bij de eerste foto. Een methode hiervoor wordt beschreven in 3.1.

3.1 Camera-plaatsing

De camera wordt zo gericht, dat de middenspijker van het PQ samenvalt met het midden van het zoekbeeld. De afstand tussen camera en PQ wordt zodanig gekozen, dat het PQ het beeld bijna geheel vult (het referentiemeetlint bevindt zich juist buiten het PQ, maar nog net binnen het beeld). Nu wordt er een loodlijn neergelaten vanuit het midden van het negatief in de camera. De plaats waar deze loodlijn de grond raakt, wordt gemarkeerd met een roestvrij stalen of aluminium plaatje (10 x 10 cm) dat met een kram in de bodem verankerd wordt (een voordeel van deze plaatjes boven paaltjes e.d. is, dat de kans op sabotage klein is, doordat zij snel met gras overgroeid raken, terwijl zij toch gemakkelijk terug te vinden zijn door met een mes in de grond te prikken).

Nu worden de volgende afstanden gemeten:

A= afstand van de middenspijker tot de grond (gemeten langs de boom)

B= afstand van de middenspijker tot de film

C= afstand van de bodemplaat resp. zijkant van de camera tot de grond

D= afstand van de boomvoet (recht onder de middenspijker) tot het A1- markeringsplaatje

De expositierichting van het midden van het PQ, en van de kompasrichting van lijn D worden bepaald

De stand van de camera in de ruimte wordt vastgelegd door te meten

1. de inclinatie van de achterkant, waarbij

0° betekent: lens recht naar onderen gericht;

90° " : lens recht naar voren gericht;

180° " : lens recht naar boven gericht

2. de inclinatie van de onderkant, waarbij:

0° betekent: toestel horizontaal (beeld liggend)

-90° " : toestel vertikaal (beeld staand), achter de camera staand
zit de bodemplaat rechts

+90° " : idem, bodemplaat links

Op deze wijze wordt het mogelijk de foto's steeds op zoveel mogelijk dezelfde wijze te nemen, zelfs als de A1-markeringsplaat of enkele van de markerings-spijkers verdwenen zijn.

3.2 Vergelijking van foto's

De meest voor de hand liggende methode om groei op foto's te meten is de volgende: maak van beide foto's een vergroting op dezelfde schaal, breng de plaats van een lobje over van de ene op de andere foto, de groei volgt dan uit het plaatsverschil tussen het op de foto aanwezige, en het van de andere foto overgebrachte lobje. Deze methode heeft echter de volgende bezwaren:

(1) het overbrengen van een punt van de ene foto naar de andere is alleen mogelijk via coördinaatstelsels, bv. op de volgende wijze: breng op beide foto's op een willekeurige wijze een assenkruis aan. Zoek twee vaste referentiepunten en bepaal van beide de coördinaten op beide foto's. Leid hieruit een formule af om uit de coördinaten van een punt op de ene foto die op de andere foto te berekenen. Deze methode is echter tijdrovend en onnauwkeurig (voor het inmeten van de referentiepunten moeten in totaal acht metingen gedaan worden, die elk bijdragen tot de fout in het eindresultaat).

(2) het is niet mogelijk om de spijkers hierbij als referentiepunten te gebruiken, omdat de plaats hiervan niet constant is t.g.v. diktegroei van de boom (de jaarlijkse lengtegroei van *P. sulcata*, en de "breedtegroei" van een PQ liggen in dezelfde orde van grootte, nl. $\frac{1}{2}$ cm). Het is echter wel zo, dat de diktegroei alleen plaatsvindt vanuit de groeven; kleine oneffenheden op de ribben veranderen niet van plaats t.o.v. elkaar. De epiphyten op een ribbe groeien dus a.h.w. met de ribbe mee; soms ziet men dat hierdoor een thallus dat een groeve "overspant" in tweeën gescheurd wordt. Men moet dus voor groeimetings aan een bepaald thallus referentiepunten (kleine oneffenheden of barstjes) zoeken op de ribbe waar dat thallus zich op bevindt.

Dit maakt de methode nog omslachtiger en onnauwkeuriger: voor elk thallus moeten weer andere referentiepunten worden ingemeten, en het vinden van scherp begrensde referentiepunten is lang niet altijd mogelijk.

(3) een probleem bij meting van lengtegroei is, dat de rand van het thallus in de loop van een jaar vrij sterk van vorm verandert. Het is daarom moeilijk na te gaan, waar een bepaald lobje na een jaar "gebleven is" (zie fig. 1 en 2). Afhankelijk van de wijze waarop men de lobjes-uiteinden waartussen gemeten wordt, kiest, kan men daarom nogal verschillende uitkomsten krijgen. Meting van groei als oppervlakte-toename heeft dit bezwaar niet; bovendien is oppervlakte-toename fysiologisch gezien een betere maat voor groei dan lengte-toename. Het is echter met deze methode vrijwel onmogelijk om oppervlakte-toename te meten.

Veel beter lijkt de methode, waarbij de beide foto's (op dezelfde schaal vergroot) over elkaar geprojecteerd worden. Voor meting aan een bepaald thallus moet men dan de twee beelden t.o.v. elkaar verplaatsen, tot alle schors-oneffenheden op de ribbe waar het thallus zich op bevindt, samenvallen. Dit blijkt het gemakkelijkst te gaan, wanneer men het negatief van de ene foto over een afdruk van de andere projecteert. Bij de juiste instelling van plaats, vergroting, belichting en contrast krijgen de gedeeltes die op beide foto's hetzelfde zijn, een egaal bruin-grijze kleur, terwijl de gedeeltes die verschillen een opvallend lichtere of donkerder kleur krijgen. Deze methode is veel nauwkeuriger dan de eerste, omdat het aantal referentiepunten veel groter is (in feite dient hier iedere oneffenheid als referentiepunt). Meting van groei als oppervlaktetoename is hierbij in principe mogelijk.

Fig. 1 en 2 zijn gemaakt door het negatief van de ene foto te projecteren over een nog lichtgevoelige afdruk van de andere. Deze methode geeft bruikbare resultaten, maar is erg tijdrovend. Beter lijkt mij daarom de volgende methode, die ik echter nog niet in de praktijk getest heb: maak van foto 1 een 1:1 vergroting op transparant materiaal. Maak van foto 2 een contactafdruk op hetzelfde materiaal. Doe deze contactafdruk in de vergrotingskoker en leg de 1:1 afdruk van foto 1 eronder. Stel de juiste vergroting in, en maak een afdruk op transparant materiaal. Men heeft nu twee transparante afdrukken op precies dezelfde schaal: foto 1 positief, foto 2 negatief. Door deze op een lichtbak over elkaar te schuiven, kan men op een bepaalde ribbe alle oneffenheden precies tot "dekking" brengen. De groei van thalli op die ribbe is dan direct meetbaar. Eventueel kan men het zo verkregen beeld vastleggen door er een contactafdruk van te maken. Een voordeel van deze methode is, dat men aan twee afdrukken voldoende heeft om groei op alle ribben te kunnen meten.

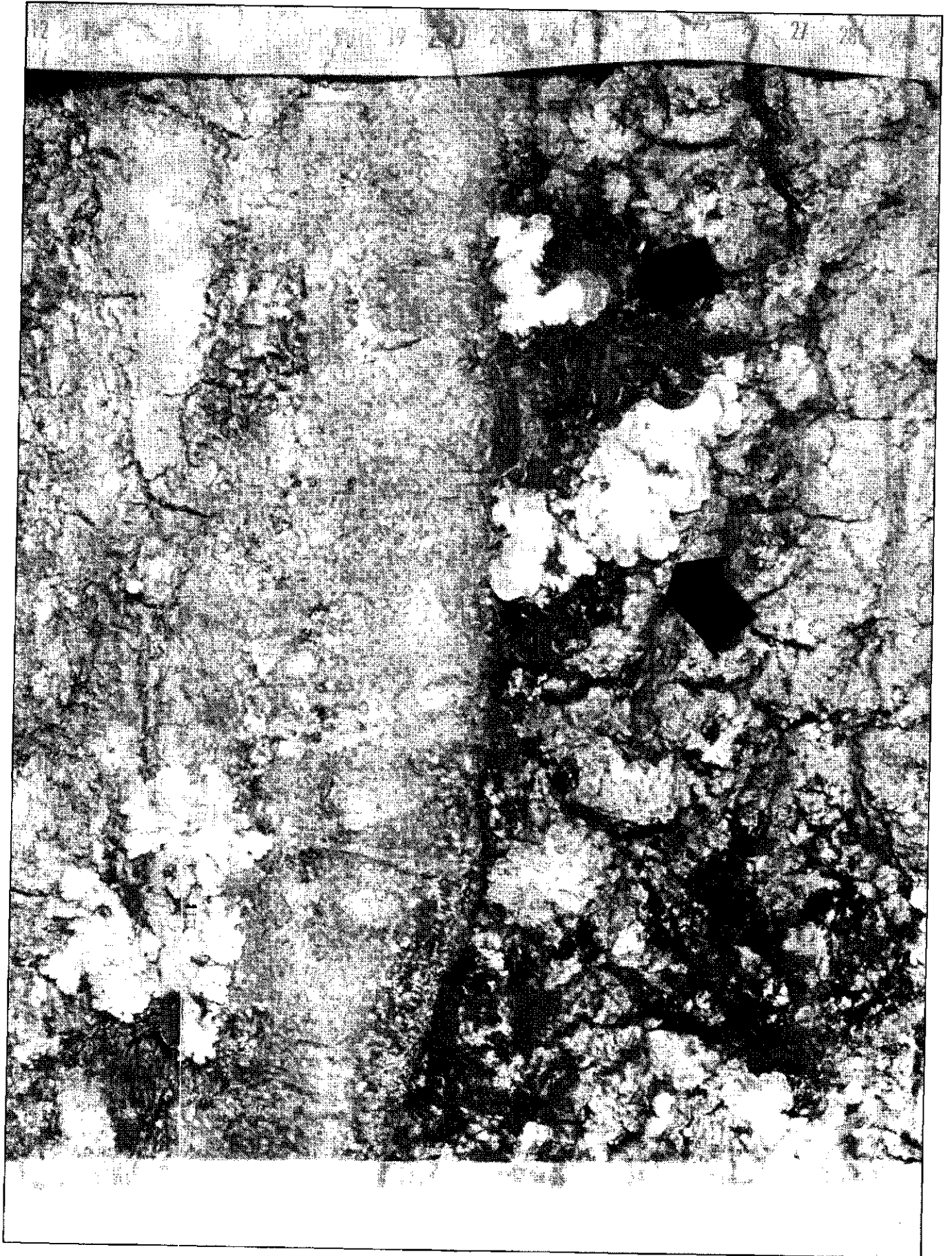




fig. 1 en 2: dubbeldrukken die duidelijk de groei laten zien. Beide over één jaar, opnamen uit de Vogezen. Fig. 1: *Lobaria amplissima*, een niet in Nederland voorkomende soort. Fig. 2: *P. sulcata*. Let op de vormverandering van de rand van het thallus. In fig. 1 is aan het (bijna) niet gegroeide thallus links onder te zien, dat het inderdaad mogelijk is, de foto's exact over elkaar te laten vallen.

3.3 Foutendiscussie groeimetings

Fouten in metingen op grond van foto's kunnen in twee groepen ingedeeld worden (vgl. HOOKER & BROWN 1977):

(1) vergrotingsfouten: deze ontstaan wanneer een object waarvan de grootte gemeten wordt, zich niet op dezelfde afstand tot de camera bevindt als het megefotografeerde meetlint (zie fig. 3; dit figuur en alle andere figuren in dit hoofdstuk geven een verticale doorsnede door de optische as van de foto. Voor verklaring van de gebruikte symbolen, zie p. 22). Leid zelf af dat een object met lengte l dat zich bevindt op een hoogte h boven (dwz. dichter bij de camera dan) het referentievlak (meetlint) wordt afgebeeld met een schijnbare lengte $l' = l \cdot \frac{v}{v-h}$ (1)

(2) vertekeningsfouten: deze ontstaan wanneer het object waarvan de grootte gemeten wordt, niet evenwijdig aan het referentievlak ligt (fig. 4). Leid met behulp van form. (6) (p. 23) af dat een object met lengte l dat een hoek α met het referentievlak maakt, wordt afgebeeld met een schijnbare lengte $l' \approx l \cos\alpha - \frac{l^2}{v} \sin\alpha$ (2)

(NB. deze formule geldt alleen in het getekende geval, maar voor andere gevallen kan men soortgelijke formules afleiden)

Wanneer we metingen doen door vergelijken van op verschillende tijdstippen gemaakte foto's, komen hier nog twee groepen fouten bij die het gevolg zijn van fouten in de plaatsing van de camera:

(3) parallaxfouten: deze ontstaan wanneer de optische assen van de twee foto's niet samenvallen (fig. 5). Leid met behulp van form. (6) af dat wanneer de optische assen een hoek α met elkaar maken, een punt dat zich bevindt op een hoogte H boven een bepaalde achtergrond, dit punt een schijnbare verschuiving t.o.v. deze achtergrond ondervindt ter grootte van $p \approx H \sin\alpha$ (3)

(NB. H is dus geen hoogte boven het referentievlak, maar het verschil in hoogte tussen het object en zijn achtergrond)

(4) afstandsfouten: deze ontstaan wanneer de twee foto's niet van dezelfde afstand genomen zijn. Leid uit form. (1) af dat wanneer twee foto's genomen worden met voorwerpafstanden v_1 resp. v_2 , een punt op een hoogte H boven een bepaalde achtergrond, dat op de eerste foto wordt afgebeeld op een afstand l van het optisch centrum, op de tweede foto een schijnbare verplaatsing t.o.v. deze achtergrond ondervindt ter grootte van

$$p \approx H \frac{l(v_1 - v_2)}{v_1 v_2} \quad (4)$$

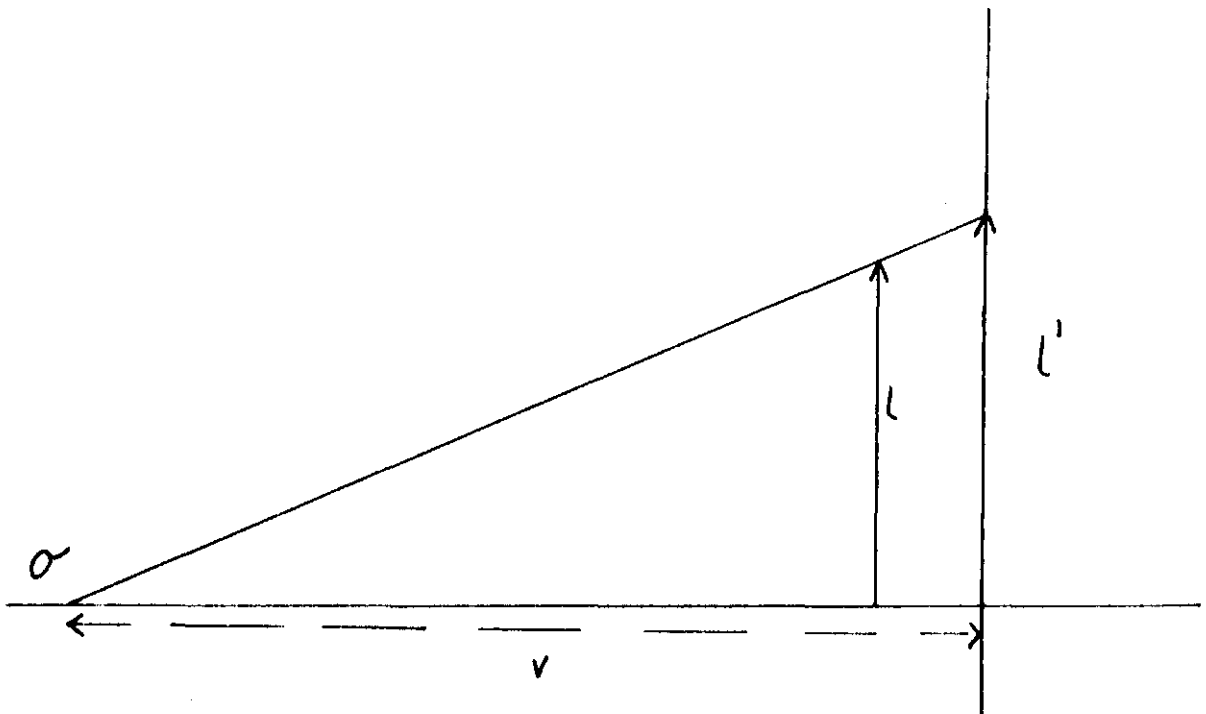


Fig. 3. Ontstaan van vergroetingsfout.

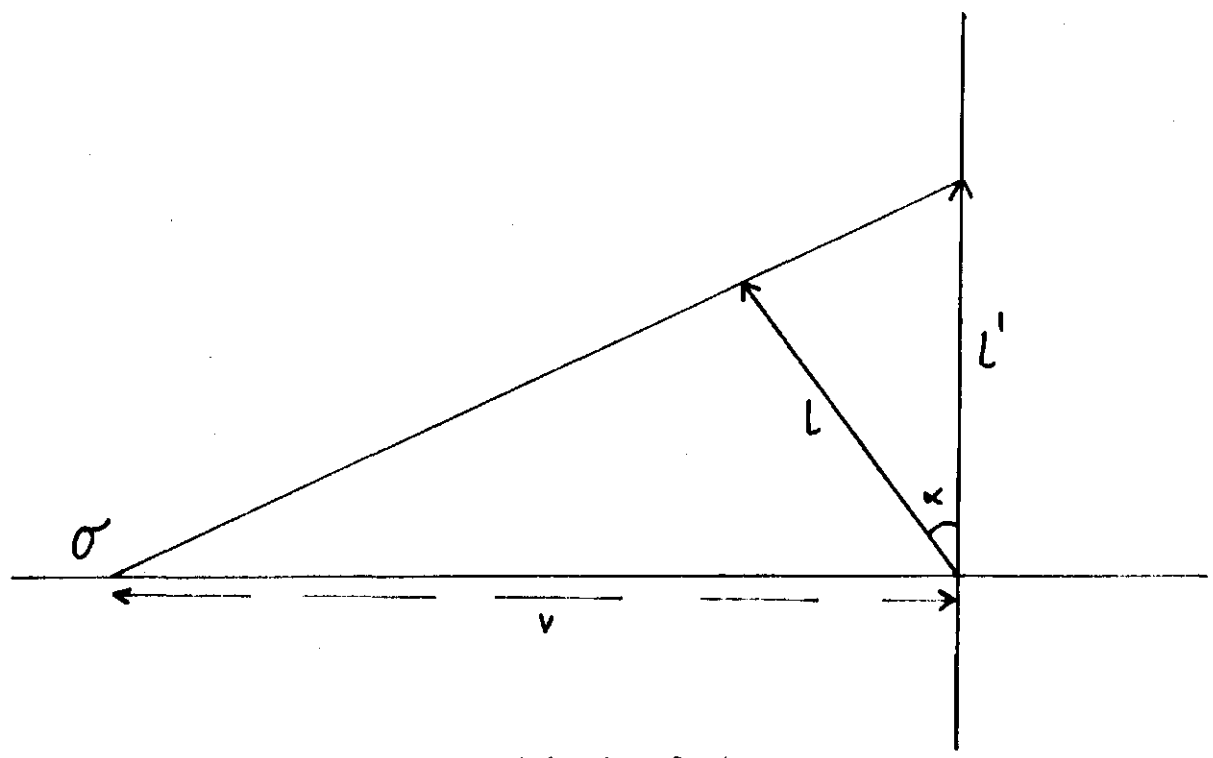


Fig. 4. Ontstaan van vertekeningfout.

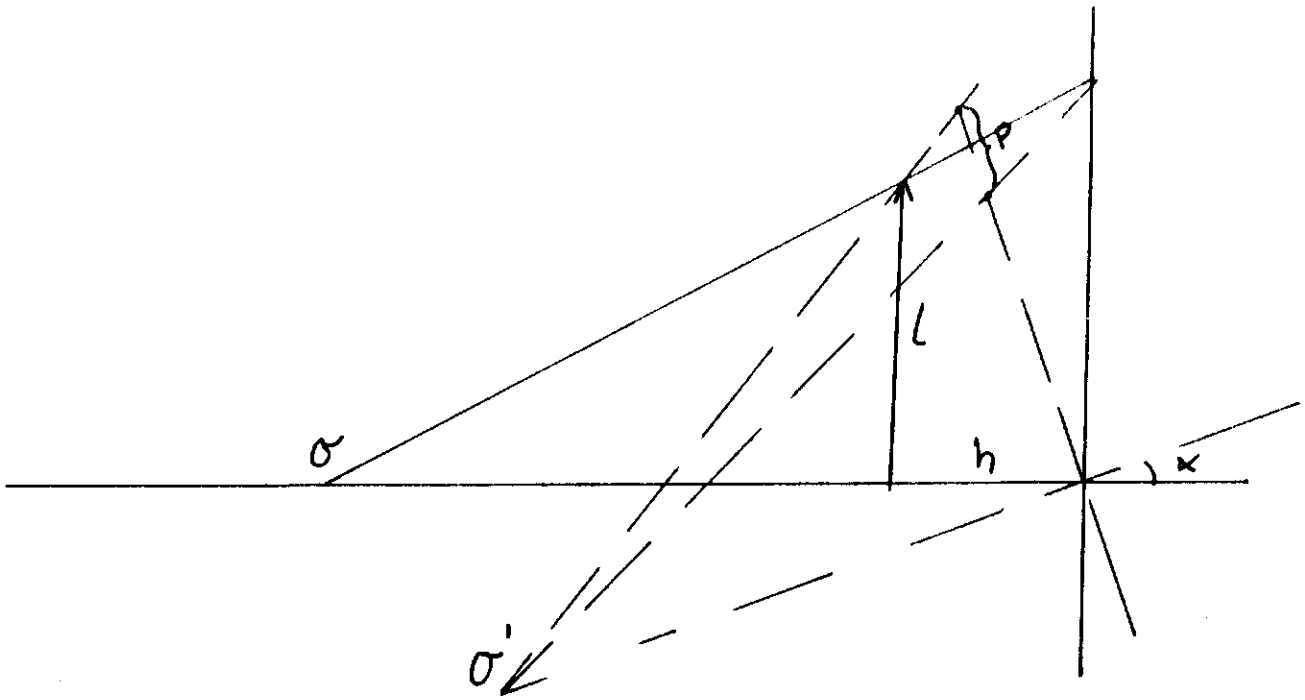


Fig. 5. Ontstaan van parallaxfout.

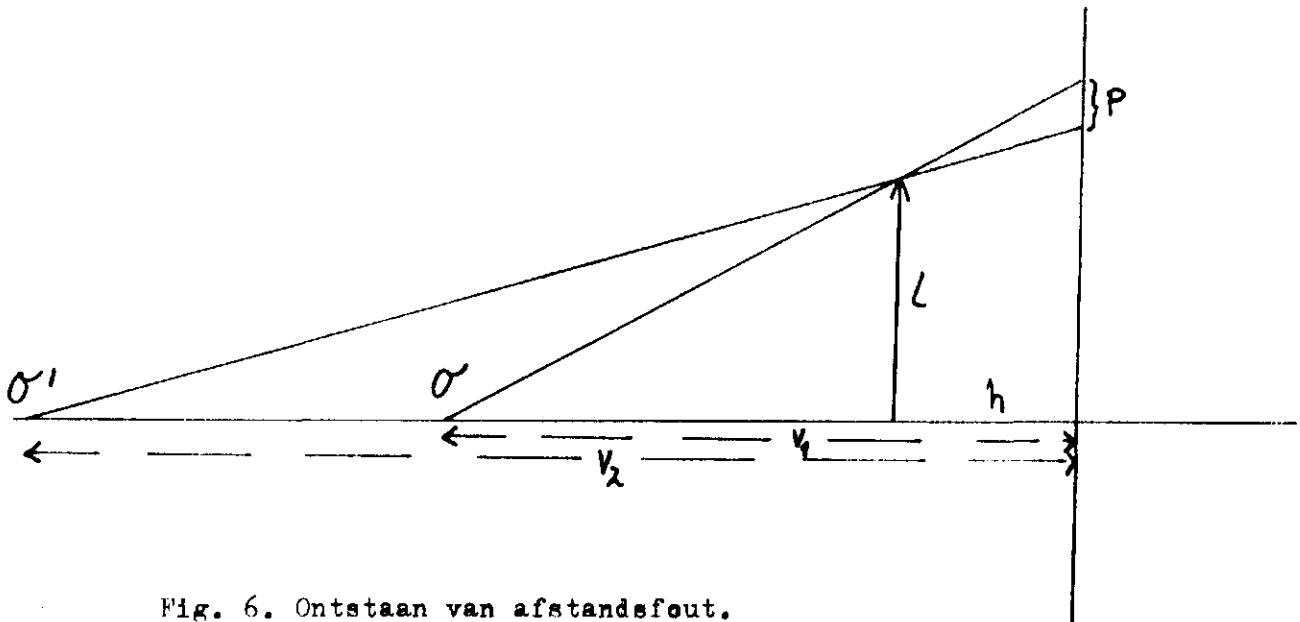


Fig. 6. Ontstaan van afstandsfout.

NB. in het artikel van HOOKER & BROWN (1977) worden de parallax- en afstandsfouten niet genoemd, terwijl de vertekeningsfouten abusievelijk worden aangeduid als parallaxfouten.

Hoe kunnen we deze fouten zo klein mogelijk houden? Uit de formules blijkt, dat alle fouten afhankelijk zijn van v , en wel zo, dat de vergrotings-, parallax- en afstandsfouten kleiner worden naarmate v groter wordt. Voor de vergrotingsfouten volgt dit onmiddellijk uit form. (1), voor de parallaxfouten geldt dat $\alpha \approx \text{arc tg } \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{v}$ en voor de afstandsfout geldt dat $v_1 - v_2 = Z$, waarbij X , Y en Z constante gegevens zijn, nl. de plaatsingsfout van de camera in de drie richtingen.

Bij een gegeven PQ-grootte en beeldgrootte wordt de voorwerpsafstand bepaald door de brandpuntsafstand, en wel zo, dat de voorwerpsafstand groter wordt naarmate de brandpuntsafstand groter wordt. Men kan dus de meetfouten verkleinen door een lens met een grotere brandpuntsafstand te gebruiken. Daarom is bij dit onderzoek gebruik gemaakt van een lens met betrekkelijk grote brandpuntsafstand, nl. $f = 13,5$ cm. Een nog grotere f zou in theorie beter zijn, maar dit heeft weer praktische bezwaren (duurder, zwaarder; bovendien wordt bij zeer grote f de afstand tussen camera en PQ onhandig groot (grotere kans op ongewenste obstakels).

De vertekeningsfout hangt ook enigszins af van de voorwerpsafstand, maar wordt bij grotere v niet wezenlijk kleiner (in form. (2) is de tweede term klein t.o.v. de eerste behalve in extreme gevallen). De grootte van deze fout wordt bijna geheel bepaald door de hoek α : zie tabel 1. Uit de tabel blijkt, dat deze fout bij $\alpha < 20^\circ$ nog wel acceptabel is, maar daarna sterk toeneemt. Dit zou dus een sterke beperking opleggen aan het aantal objecten waarvan de grootte gemeten kan worden: door de ruwheid van schors kan α waarden aannemen tot 60° of soms nog meer. In het volgende hoofdstuk zal echter een methode beschreven worden die het mogelijk maakt, deze fouten (en ook de andere fouten) ten dele te corrigeren.

α	vertekeningsfout (in %)
10°	1,5
20°	6,0
30°	13,4
45°	29
60°	50

Tabel 1: grootte van de vertekeningsfout bij een aantal waarden van α

Andere manieren om de fouten te verkleinen volgen eveneens uit de formules:

uit (1) en (2):

- de fout wordt kleiner bij kleinere l . Bij meting van groei, dwz. verschillen in l , geldt dit echter niet, omdat de fout bij beide l -metingen dezelfde kant op werkt. De fout is dan alleen afhankelijk van het verschil in l .
- de fout wordt kleiner bij kleinere h . Hieruit volgt, dat de fout het kleinst is, wanneer het meetlint gemonteerd wordt in het vlak waarin zich ook de epiphyten bevinden.

uit (3) en (4):

- de fout wordt kleiner bij kleinere H . De fout is dus het kleinst wanneer de te meten epiphyten zich zo dicht mogelijk bij de achtergrond waarop de referentiepunten gelegen zijn, bevinden. Bij *P. sulcata* is deze H meestal ongeveer 3 mm. Bij andere soorten kan zij veel groter zijn, maar in dat geval is de vertekeningfout meestal nog veel groter dan de parallax- en afstandsfout, zodat correctie met de in 3.4 beschreven methode dan noodzakelijk is.

uit (4):

- de fout wordt kleiner bij kleinere l . Dwz.: de meting is in het midden van het PQ nauwkeuriger dan aan de randen.

Schatting van de fouten in een geval zoals bij dit onderzoek zou kunnen voorkomen: neem de meest ongunstige waarden voor h , l , X , Y en Z ; v en H zijn constante gegevens:

(alle waarden in cm)

$$h = 2$$

$$X = 1 \text{ (vertikale plaatsingsfout)}$$

$$Y = 4 \text{ (links/rechts plaatsingsfout)}$$

$$Z = 1 \text{ (voor/achter plaatsingsfout)}$$

$$v = 100$$

$$H = 0,3$$

$$\text{groei} = 0,4$$

$$\text{vergrotingsfout: } 0,4 \times \frac{100}{100 - 2} - 0,4 \approx 0,008$$

$$\text{parallaxfout: } 0,3 \times \sin \left(\text{arc tg } \frac{1^2 + 4^2}{100} \right) \approx 0,012$$

$$\text{afstandsfout: } 0,3 \times \frac{20 \times 1}{100 \times 101} \approx 0,001$$

De totale fout is dus 0,021 cm = ongeveer 5% (met moet zich wel realiseren dat dit geen standaardafwijking is, maar de maximale fout die alleen optreedt bij een cumulatie van ongunstige factoren). Hierbij komt dan nog de meetfout ontstaan door verschillen in vergroting tussen de twee foto's, en onscherpte van de foto's. Ik schat dat deze fout in dezelfde orde van grootte ligt. Wanneer grote nauwkeurigheid vereist is, kan correctie van de vergrotings- en parallaxfout dus wel zin hebben. Verder is bij deze berekening geen rekening gehouden met de vertekeningsfout. De grootte hiervan kan men uit tabel 1 aflezen.

3.4 Stereoscopische foto's

Door het maken van stereoscopische foto's is het mogelijk, de vergrotings-, vertekenings- en parallaxfouten te corrigeren. Hierbij maakt men gebruik van de op p. 16 beschreven parallaxverschuiving. Het principe is zeer eenvoudig: wanneer men een foto (voortaan de "hoofdfoto" te noemen) gemaakt heeft, stelt men het statief over een zekere afstand hoger of lager, richt de camera opnieuw op de middenspijker, en maakt nog een foto (voortaan de "hulpfoto" te noemen). Wanneer men zo'n paar foto's onder een stereoscoop bekijkt, krijgt men een fraai 3-dimensionaal beeld van het PQ (NB. het is wel nodig om bij het bekijken de foto's op hun kant te leggen! de verplaatsing van de camera is immers vertikaal).

Het is echter ook mogelijk, om op zo'n stereopaar hoogtes te meten, wanneer aan de volgende voorwaarden is voldaan:

- de hoogte van de camera en afstand van de camera tot het PQ moet bij beide foto's bekend zijn;
- het meegefotografeerde meetlint moet vertikaal lopen, recht zijn, en bij de hoofdfoto evenwijdig aan de film lopen
- de ligging van de kantel-as, d.w.z. de snijlijn van de vlakken van hoofd- en hulpfoto, moet uit de foto afgeleid kunnen worden.

Dit laatste is mogelijk, wanneer men er voor zorgt dat de zijrand van het beeld evenwijdig aan de middenzuil van de camera loopt. De kantel-as staat nl. loodrecht op de middenzuil (ga dit na!). Men moet dan bij het afdrukken het negatief iets " te ver " doortrekken, waardoor de rand van het beeld als een zwarte band op de afdruk verschijnt. De kantel-as loopt dan hiermee evenwijdig, of staat er loodrecht op.

De afleiding van de hoogte uit de parallax-verschuiving verloopt op de volgende wijze (zie fig. 7 en de lijst van symbolen op p. 22):

Beschouw een systeem met twee optische assen met optische centra in 0 resp. 0', elkaar snijdend in K (het "kantelpunt"), zodanig dat $KO = KO'$. Breng nu een referentievlak V aan loodrecht op KO en door K, en een hulp-referentievlak V' loodrecht op KO' en eveneens door K. Beschouw willekeurig punt P. De hoofd- en hulpfoto kunnen nu beschouwd worden als een vergrote of verkleinde afbeelding van de schuine projectie van P door 0 resp. 0' op V resp. V'.

Gegeven: voorwerpsafstand $KO = KO' = v$

$$KP' = l$$

$$KP' - KP'' = p$$

kantelhoek α

Gevraagd: hoogte van P boven V = PR

Oplossing: $PR = h = AK$

$$AB = h \operatorname{tg} \alpha$$

$$BK = \frac{h}{\cos \alpha}$$

$$\frac{AP}{AO} = \frac{KP'}{KO} \rightarrow \frac{AP}{v-h} = \frac{l}{v} \rightarrow AP = l \frac{v-h}{v}$$

$$BP = AP - AB = l \frac{v-h}{v} - h \operatorname{tg} \alpha$$

hieruit volgt:

$$CP = BP \cos \alpha = l \frac{v-h}{v} \cos \alpha - h \sin \alpha$$

$$BC = BP \sin \alpha = l \frac{v-h}{v} \sin \alpha - h \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha$$

$$\frac{KP''}{KO'} = \frac{CP}{CO'}$$

$$KP'' = KP' - p = l - p$$

$$KO' = v$$

$$CO' = KO' - BC - BK$$

combineer

$$\frac{l-p}{v} = \frac{l \frac{v-h}{v} \cos \alpha - h \sin \alpha}{v - l \frac{v-h}{v} \sin \alpha + h \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha - \frac{h}{\cos \alpha}}$$

leid hier zelf uit af dat

$$h = \frac{p v + l (1-p) \sin \alpha - l v (1 - \cos \alpha)}{\left\{ v + \frac{l(1-p)}{v} \right\} \sin \alpha + p \cos \alpha} \quad (5)$$

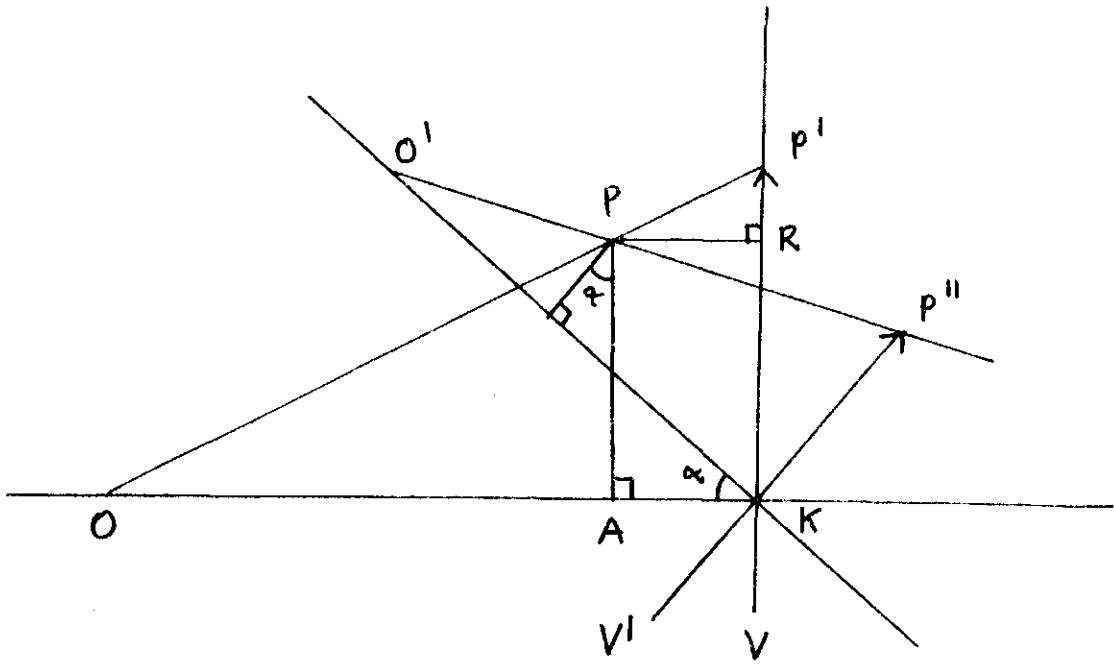


Fig. 7: Afleiding van de hoogte uit de parallax-verschuiving

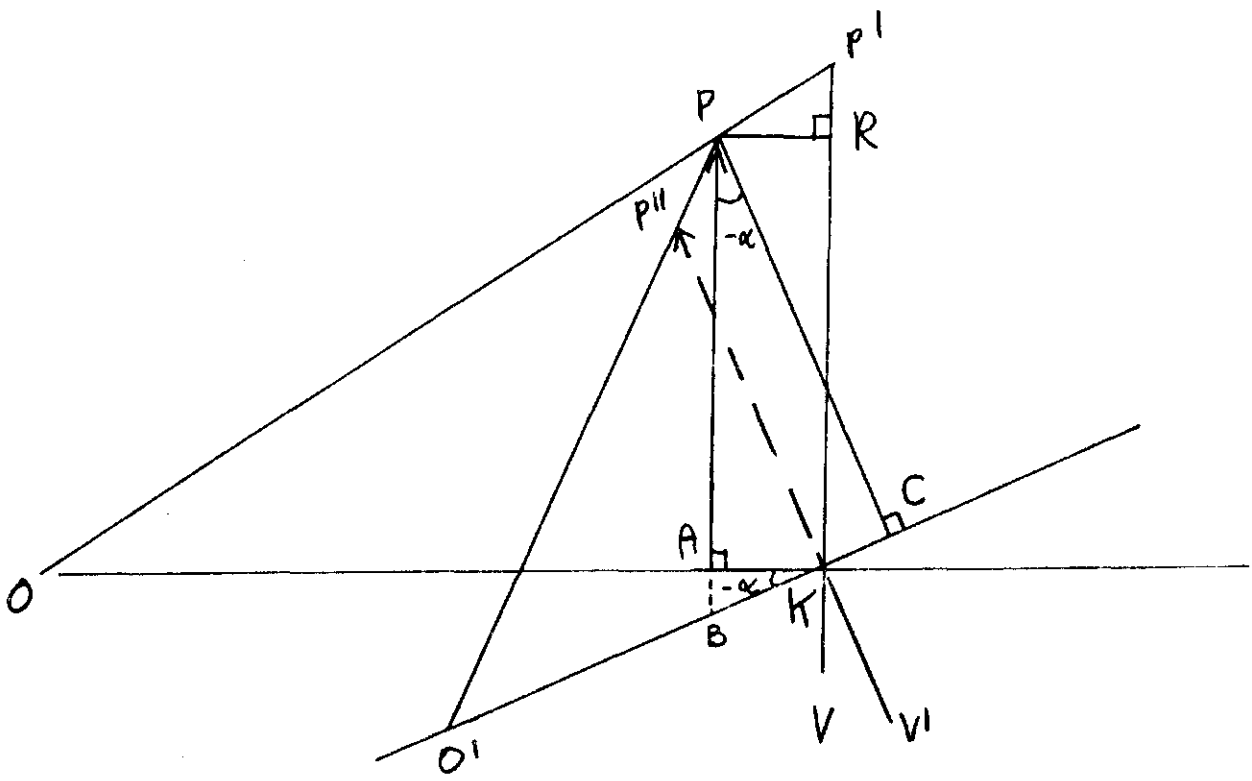


Fig. 8: Als fig. 7 voor het geval dat $\kappa < 0$

Betekenis van de symbolen

- l - afstand van de projectie van het in te meten punt op het referentievlak tot de kantel-as
- l₁ - afstand van het in te meten punt tot de kantelas op de hoofdfoto
- l₂ - afstand van het in te meten punt tot de kantelas op de hulpfoto
- p - parallax-verschuiving in het referentievlak
- p' - op de foto's gemeten parallax-verschuiving
- α - kantelhoek: >0 als de hulpfoto boven de hoofdfoto ligt
<0 als de hulpfoto onder de hoofdfoto ligt
- β - inclinatiehoek van het PQ
- L - werkelijke lengte meetlint
- L₁ - lengte meetlint op de hoofdfoto
- L₂ - lengte meetlint op de hulpfoto
- C₁ - camerahoogte hoofdfoto
- C₂ - camerahoogte hulpfoto
- B - afstand tussen film en referentievlak
- v - voorwerpsafstand
- b - beeldafstand
- f - brandpuntsafstand
- h - hoogte boven het referentievlak: >0 aan de naar camera toegekeerde zijde
<0 aan de van camera afgekeerde zijde

Ga zelf na dat deze afleiding ook geldt als l , p en/of $\alpha < 0$ zijn.
 bv. in het geval van fig. 8:

$$AK = h$$

$$AB = -h \operatorname{tg} \alpha$$

$$BK = \frac{h}{\cos \alpha}$$

$$BP = AP + AB = l \frac{v-h}{v} - h \operatorname{tg} \alpha$$

$$CP = BP \cos \alpha$$

$$BC = -BP \sin \alpha$$

$$O'C = KO' + BC - BK$$

verder analoog.

Deze afleiding geldt alleen wanneer P in het vlak ligt door O , O' en K . Ga zelf na dat zij ook geldt als P buiten dit vlak ligt, wanneer men voor p neemt: de verschuiving in de richting loodrecht op de kantel-as (de "perspectievische" verschuiving evenwijdig aan de kantel-as is trouwens zeer klein).

Bij de in dit onderzoek gebruikelijke waarden van p , l , v en α kunnen we form. (5) sterk vereenvoudigen met enkele benaderingen:

$$\left. \begin{array}{l} v \approx 100 \\ \alpha \approx 10^\circ \\ -10 < l < 10 \\ -0,5 < p < 0,5 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{teller} \rightarrow l(1-p) \approx l^2, \text{ tenzij } l \approx 0, \text{ maar dan is} \\ \quad \quad \quad l^2 \sin \alpha \text{ verwaarloosbaar t.o.v. pv.} \\ \text{noemer} \rightarrow v + \frac{l(1-p)}{v} \approx v; \text{ verwaarloos } p \cos \alpha \\ \quad \quad \quad \text{t.o.v. } v. \end{array}$$

Hieruit volgt dat

$$h \approx \frac{p}{\sin \alpha} + \frac{l^2}{v} - l \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad (6)$$

Een probleem is, dat de grootheden uit form. (5) en (6): p , v , l en α geen van alle direct in het veld of op de foto's te meten zijn: zij moeten afgeleid worden uit de grootheden die wel direct meetbaar zijn. Dit zal hieronder gebeuren.

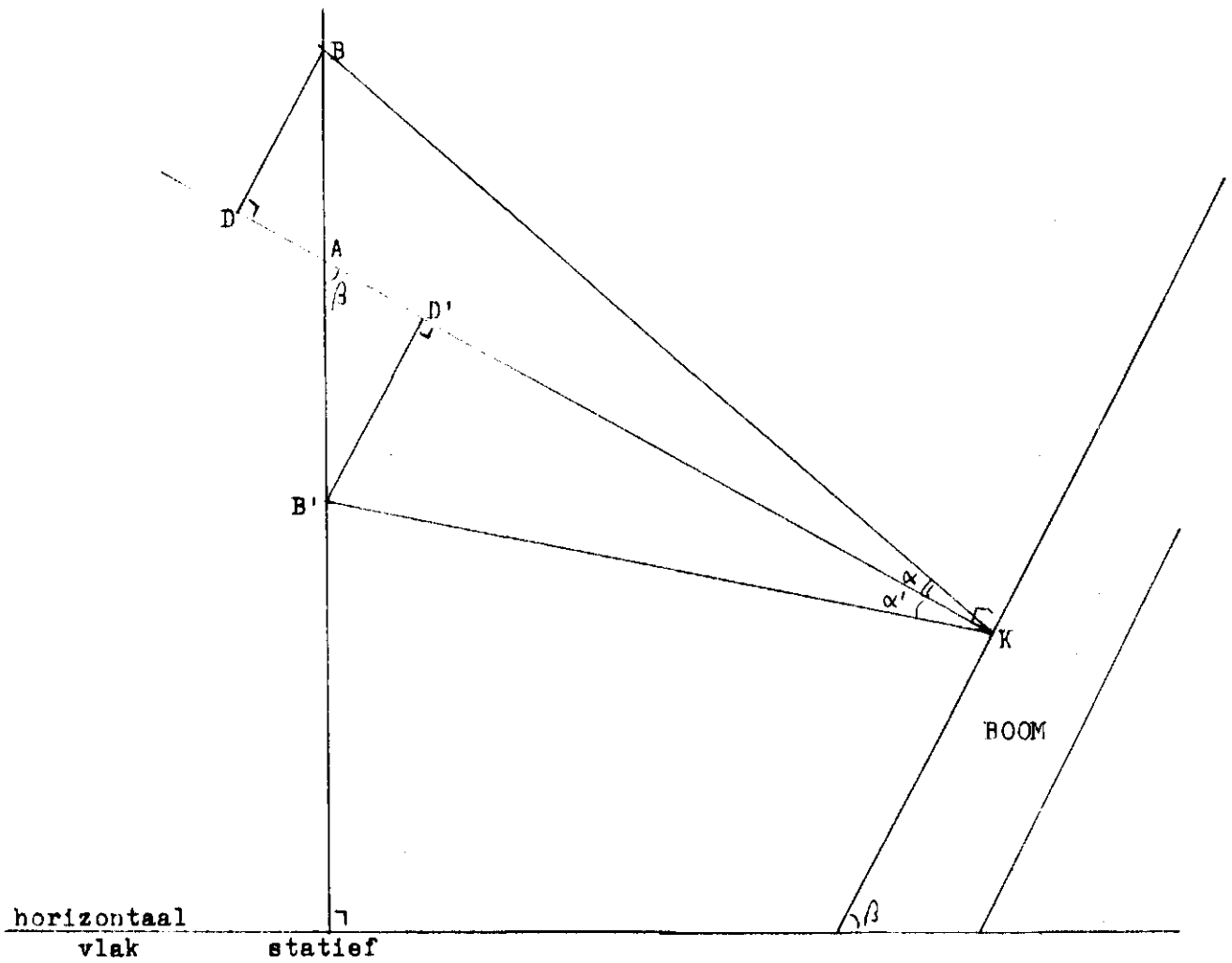


Fig. 9: afleiding α

(a) afleiding α :

geg.: $AB = -AB' = C_2 - C_1$

inclinatie β

gevr.: α

opl.: $BD = AB \sin \beta$

$AD = AB \cos \beta$

$$\alpha = \text{arc tg } \frac{BD}{DK} = \text{arg tg } \frac{(C_2 - C_1) \sin \beta}{B + (C_2 - C_1) \cos \beta} \quad (7)$$

Ga zelf na dat voor α' hetzelfde geldt.

(b) afleiding v:

per def. $b + v = B$ }
 lensformule $\frac{1}{b} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ } } elimineer b:

$$v = \frac{1}{2}B + \sqrt{\left(\frac{1}{2}B\right)^2 - Bf} \quad (8)$$

(c) afleiding l:

daar de vergrotingsfactor = $\frac{L_1}{L}$,

$$\text{geldt: } l = \frac{L}{L_1} l_1 \quad (9)$$

(d) afleiding p:

daar het onmogelijk is om de vergrotingsfactoren van hoofd- en hulpfoto precies gelijk te maken, moeten deze apart berekend worden.

Hierbij moet er rekening mee gehouden worden dat op de hulpfoto het meetlint niet evenwijdig aan het hulp-referentievlak loopt, en dus verkort wordt afgebeeld. Bereken deze verkorting:

geg.: meetlint evenwijdig aan het hoofd-referentievlak op geringe afstand h_m van dit vlak ($-0,5 < h_m < 0,5$) met uiteinden op afstanden l_m en $-l_m$ van de kantel-as; $l_m = \frac{1}{2}L$ (dit volgt uit de definitie van l). Verder zijn gegeven de lengtes L en L_2 , en de kantelhoek α .

gevr.: de vergrotingsfactor van de hulpfoto.

opl.: bereken de verkorting van de afbeelding van het meetlint op het hulp-referentievlak met behulp van form. (5):

$$p = \frac{h}{v} \left\{ \left(v + \frac{l(1-p)}{v} \right) \sin \alpha + p \cos \alpha \right\} - \frac{l(1-p)}{v} \sin \alpha + l(1 - \cos \alpha)$$

Daar hier $h \approx 0 \rightarrow p \approx 0$ }
 $l \approx 10$ of -10 } } $l - p \approx l$ en $p \cos \alpha$ verwaarloosbaar
 t.o.v. $\left(v + \frac{l^2}{v} \right) \sin \alpha$.

Dan geldt voor het bovenste uiteinde van het meetlint:

$$p_1 = \frac{h_m}{v} \left(v + \frac{l_m^2}{v} \right) \sin \alpha - \frac{l_m^2}{v} \sin \alpha + l_m (1 - \cos \alpha)$$

$$\text{onder: } p_2 = \frac{h_m}{v} \left(v + \frac{(-l_m)^2}{v} \right) \sin \alpha - \frac{(-l_m)^2}{v} \sin \alpha + (-l_m) (1 - \cos \alpha)$$

$$\begin{aligned} \text{trek af } \rightarrow p_1 - p_2 &= 2l_m(1 - \cos \alpha) \\ &= L(1 - \cos \alpha). \end{aligned}$$

N.B. daar $p_1 > 0$ en $p_2 < 0$ (ga dit na!) is de totale verkorting $p_1 - p_2$. Dus de lengte van de afbeelding van het meetlint op het hulp-referentievlak is $l = L(1 - \cos \alpha) = L \cos \alpha$. Hieruit volgt dat de vergrotingsfactor van de hulpfoto = $\frac{L_2}{L \cos \alpha}$ (10)

Het is nu in principe mogelijk om p af te leiden uit l_1, l_2 en de berekende vergrotingsfactoren van hoofd- en hulpfoto. Deze methode is echter nogal onnauwkeurig, omdat fouten in het intekenen van de kantel-as hierbij zeer sterk in het eindresultaat doorwerken. Het is daarom beter om p af te leiden uit de direct op de foto's gemeten parallaxverschuiving, en deze te corrigeren voor het verschil in vergroting tussen de twee foto's. Het is ook dan wel nodig om de afstand tot de kantel-as te meten, maar de fout in deze meting heeft dan betrekkelijk weinig invloed op het eindresultaat. De berekening van p verloopt dan als volgt (fig. 7):

$$\begin{aligned} p = KP' - KP'' &= \frac{L}{L_1} l_1 - \frac{L \cos \alpha}{L_2} l_2 = \frac{L}{L_1} \left\{ (l_1 - l_2) + l_2 \left(1 - \frac{L_1}{L_2} \cos \alpha \right) \right\} \\ &= \frac{L}{L_1} \left\{ p' + (l_1 + p') \left(1 - \frac{L_1}{L_2} \cos \alpha \right) \right\} \end{aligned} \quad (11)$$

3.5 Foutendiscussie hoogtemeting

We hebben bij de hoogtemeting te maken met de volgende foutenbronnen:

- (a) niet constant houden van de afstand tussen camera en PQ tijdens het verplaatsen van de camera;
- (b) onnauwkeurig richten van de camera, resp. verkeerd intekenen van de kantel-as;
- (c) onnauwkeurig monteren van het meetlint;
- (d) meetfouten in C_1 , C_2 , B , L_1 , L_2 , p' en l_1 .

Ad (a): Stel bij de hulpfoto is de voorwerpsafstand v' i.p.v. v (fig. 7).

We meten dan l'_2 i.p.v. l_2 . Bereken de fout in p' :

$$\Delta p' = l_2 - l'_2: \quad l'_2 = KP'' \times \frac{v - CK}{v} \times \frac{v'}{v' - CK} \quad \text{Daar } CK \approx h:$$

$$\Delta p' = l_2 \left(\frac{h(v' - v)}{vv' - vh} \right) \quad (12)$$

Ad (b): onnauwkeurig richten van de camera heeft twee gevolgen, nl.

- (1) de kantel-as ligt op een andere plaats dan de verwachte, en
- (2) de kantelhoek heeft een andere grootte dan de berekende.

Ik schat de richt-nauwkeurigheid op ± 1 mm. Wat het eerste betreft zou dit tot gevolg hebben, dat l_1 maximaal ongeveer 0,15 cm van de gemeten waarde afwijkt (aan de rand van het beeld bij 1 mm verschuiving en 1° verdraaiing). Wat het tweede betreft, het is gemakkelijk in te zien dat 1 mm te laag richten dezelfde afwijking in veroorzaakt als 1 mm te hoog aflezen van C_2 .

Ad (c): Het meetlint kan op twee manieren verkeerd gemonteerd worden, nl.

- (1) te hoog of te laag, en
- (2) verdraaid t.o.v. het referentievlak.

Beide hebben tot gevolg, dat de vergrotingsfactoren andere waarden krijgen dan de gemeten. Bij te hoog/te laag monteren over een afstand Δh wijken de beide vergrotingsfactoren een factor $\frac{v + \Delta h}{v}$ af van de gemeten waarde. Schatting: $\Delta h < 0,5$ cm.

Bij verdraaid monteren over een hoek θ wijkt de vergrotingsfactor van de hoofdfoto een factor $\frac{1}{\cos \theta}$ af van de gemeten waarde, die van de hulpfoto een factor $\frac{\cos \alpha}{\cos(\alpha + \theta)}$. Schatting: $\theta < 1^\circ$.

Ad (d): Hier is weinig toelichting nodig. Wat betreft L_1 en L_2 kan nog worden opgemerkt dat hiervoor hetzelfde geldt als voor l_1 en l_2 : vooral de fout in het verschil tussen L_1 en L_2 werkt sterk door in het eindresultaat. Daarom kan dit verschil het beste direct bepaald worden met behulp van de stereo-bar.

Schatting van de fouten voor een geval zoals bij dit onderzoek zou kunnen voorkomen: (1:1 vergroting; $L = 15$; alles in cm)

grootheid	waarde	fout	fout in h
C_2-C_1	20	1	0,093
B	125	0,5	0,003
β	80	2	0,022
L_1	15	0,005	0,002
L_1-L_2	0	0,001	0,004
ρ'	0,3	0,001	0,006
l_1	10	0,15	0,027

verplaatsingsfout: $\Delta v = 5$ 0,065

richtfout: is al rekening mee gehouden bij schatting fout C_2-C_1 en l_1

meetlint.hoogte: $\Delta h = 0,5$ 0,010

meetlint-hoek: $\vartheta = 1^\circ$ 0,164

De totale fout in h bedraagt dus maximaal 4 mm. Deze schattingen gelden echter alleen bij $l_1 = +10$ of -10 . Bij $l_1 = \pm 1$ zijn de verplaatsingsfout, de beide meetlintfouten, en de fout veroorzaakt door L_1-L_2 ongeveer een factor 10 kleiner. De totale fout wordt dan maximaal 1,7 mm. De nauwkeurigheid is dus in het midden van de foto veel groter dan aan de rand.

NB. wanneer men gebruik maakt van de benaderingsformule (6) ontstaat nog een extra fout van 1 à 2 mm in h.

Uit het bovenstaande blijkt, dat de grootste fouten veroorzaakt worden door C_2-C_1 , β en Δv enerzijds, en ϑ anderzijds. De eerste groep fouten kan aanzienlijk verkleind worden door een iets andere werkwijze te volgen: wanneer na het maken van de hulpfoto ook de afstand camera-middenspijker van deze foto gemeten wordt, kan bij de berekening met deze afstand rekening gehouden worden. Bovendien kan de kantelhoek dan nauwkeuriger berekend worden. Immers, van de driehoek, gevormd door de onderste camera-stand, de bovenste

camera-stand, en de middenspijker zijn dan alle zijden bekend; de hoeken kunnen dan berekend worden. Een (in vergelijking tot lengte-meting altijd zeer onnauwkeurige) hoekmeting komt dan te vervallen. Ook de eis dat de stafiefstang precies verticaal moet staan, vervalt dan. De camera-verschuiving kan in dat geval ook nauwkeuriger bepaald worden door langs de stafiefstang te meten. Het beste zou zijn, op de stang zelf een mm-verdeling aan te brengen. Het is dan wel noodzakelijk er op te letten, dat het statief niet tijdens het verplaatsen van de camera een klein stukje de grond in zakt. Dit is gemakkelijk te voorkomen door conserveblik-dekseltjes onder de poten te leggen. Uit een (hier niet weergegeven) berekening blijkt, dat de maximale fout in h hierdoor ongeveer 1,2 mm kleiner wordt (zowel bij $l_1 = \pm 10$ als $l_1 = \pm 1$).

Verkleinen van de fout die door θ veroorzaakt wordt is waarschijnlijk veel moeilijker. Dit is in principe mogelijk met behulp van metingen aan de foto's zelf, maar men moet er dan van uitgaan dat het meetlint over een afstand van ongeveer 20 cm minder dan 2 mm van een rechte lijn afwijkt. Dit is in de praktijk waarschijnlijk niet haalbaar. Verder moet men bedenken, dat deze fout (en de andere fouten die een verkeerde waarde van de vergrotingsfactoren veroorzaken) bij het bepalen van hoogteverschillen sterker doorwerken, naarmate de afstand tussen de twee in te meten punten groter wordt. Voor het doel van dit onderzoek zal het inmeten van hoogteverschillen over grotere afstanden echter i.h.a. weinig zin hebben; en in de gevallen waarin het wel zin heeft, is zo'n grote nauwkeurigheid niet vereist (zie 3.6).

De door Δh veroorzaakte fout kan men desgewenst nog sterk verkleinen door op de foto's de hoogte van het meetlint (= Δh) in te meten, en de vergrotingsfactoren hiervoor te corrigeren. Eventueel kan men dan opnieuw de hoogte berekenen om een betere correctiefactor te vinden, maar dit zal i.h.a. niet nodig zijn.

3.6 Toepassingsmogelijkheden hoogtemeting

De volgende toepassingen zijn het meest voor de hand liggend:

(1) bij groeimeting aan bladvormige soorten (bv. *P. sulcata*): correctie van de vergrotingsfout. Wanneer men van het gemeten individu de hoogte t.o.v. het meetlint met een nauwkeurigheid van ± 4 mm weet, wordt in het op p. 19 besproken geval de vergrotingsfout maximaal:

$$0,4 = \frac{100}{100-0,4} - 0,4 = 0,002$$

Dit is dus een factor 4 kleiner dan zonder de correctie.

(2) b1) groeimetings van bladvormige soorten op een ruw substraat: correctie van de vertekeningsfout. Hiertoe moet men op een ribbe van twee dicht bij elkaar gelegen punten de hoogte inmeten, en hieruit de helling van deze ribbe t.o.v. het referentievlak berekenen. Daar de afstand van deze punten maximaal de halve breedte van een ribbe (= ongeveer 2 cm) is, kan het hoogteverschil nauwkeurig bepaald worden (fout max. 0,5 mm).

Voorbeeld: meet groei op een helling van 45° . Gemeten groei in het referentievlak 3 mm, dus werkelijke groei $3/\cos 45^\circ = 4,25$ mm. Dus vertekeningsfout zonder correctie: 1,25 mm. Meet nu hoogteverschil over 2 cm: $2 \pm 0,05$ cm.

Dus gecorrigeerde groei is

$$\frac{0,3}{\cos(\text{arc tg } \frac{2+0,05}{2})} = 0,425 \pm 0,008 \text{ cm}$$

Door deze correctie wordt dus in dit geval de vertekeningsfout met een factor 15 verkleind!

(3) groeimetings van struikvormige soorten. Door combineren van de groeimetings als beschreven in 3.2 met hoogtemeting aan de lob-uiteinden, is het in principe mogelijk om ook de groei te meten van soorten die niet vlak over het substraat kruipen. Ik heb dit nog niet verder uitgewerkt. In elk geval kan het volgende opgemerkt worden: (a) de nauwkeurigheid is minder dan bij meting aan soorten als bv. *P. sulcata*. B.v. bij groei loodrecht op het referentievlak: twee metingen met elk een fout van 0,5 mm, dus totale fout 1 mm; dit is op een jaarlijkse groei van 4 mm een fout van 25%; (b) het is bij het meten van hoogtegroeï, evenals bij meten van lengtegroei, noodzakelijk om referentiepunten te gebruiken die zich in de schors bevinden op korte afstand van het te meten thallus. Het gebruiken van de spijkers als referentiepunt zou grote fouten veroorzaken omdat deze door de diktegroei van de boom vrij snel in de schors verdwijnen.

(4) correctie van de parallaxfout. Wanneer men beschikt over twee paren stereo-foto's van hetzelfde object, kan men door het inmeten van de hoogtes van vaste referentiepunten op beide paren, de hoek tussen de twee referentievlakken van deze paren berekenen. Uit een (hier niet weergegeven) berekening blijkt dat de maximale fout hierin ongeveer $2,5^\circ$ is. Nu is de hoek tussen de referentievlakken gelijk aan de hoek tussen de optische assen; en met behulp van de hoek tussen de optische assen kan de parallaxfout gecorrigeerd worden. In het algemeen zal dit echter weinig zin hebben; immers, een zijdelingse plaatsingsfout van 5 cm (de maximaal toegestane waar-

de) resulteert in een hoek tussen de twee assen van $\text{arc tg } 5/120 =$ ongeveer $2,5^{\circ}$. Een fout van deze grootte kan dus niet gecorrigeerd worden. Echter, wanneer de markeringsplaats verdwenen is, kan de zijdelingse plaatsingsfout veel groter worden. In dat geval kan correctie op de hier beschreven wijze wel zinvol zijn.

4. VERSCHIJNEN EN VERDWIJNEN VAN THALLI

Hoewel op foto's een nauwkeurige meting van de groei mogelijk is, is het waarnemen en herkennen van zeer kleine thalli moeilijk of onmogelijk. Dit geldt met name voor korstvormige soorten. Wil men dus het verschijnen en verdwijnen van kleine thalli waarnemen, dan moet een andere methode gevolgd worden. Een methode die hiervoor goed voldoet, is die waarbij men de hele epiphytenvegetatie schematisch op doorzichtig plastic overtrekt.

De door mij gevolgde werkwijze was als volgt:

zoek het PQ van te voren goed af; maak een soortenlijstje. Geef elke soort een letter-code. Span nu plastic over het PQ en zet het met spelden vast. Trek plooien zo veel mogelijk glad. Nu kan de hele vegetatie worden overgetrokken, gebruik makend van de volgende legenda:



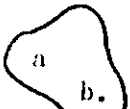
soort a, met omtrek;

a

soort a, thallus te klein om omtrek weer te geven;

a

soort a, zeer veel kleine thalli op deze plaats verspreid
(te veel om elk afzonderlijk aan te geven);



soort a met omtrek, enclave van soort b op de aangegeven plaats;



soort a met "gat" op de aangegeven plaats;

a^Q

soort a, geheel in spleet weggedoken (op foto niet zichtbaar);

a[±]

(bij her-opname) soort a, vrijwel verdwenen (zou bij eerste opname waarschijnlijk niet herkend worden)

Het blijkt, dat een goedkoop soort doorzichtig plastic ("glashelder folie") dat per meter gekocht kan worden, beter voldoet dan speciaal krimp- en rekvrij plastic zoals dat voor karteren vanaf luchtfoto's gebruikt wordt. Dit laatste is nl. nogal stug, en laat zich moeilijk in de vorm van het PQ plooien. Eventuele krimp of rek is in dit geval niet zo'n bezwaar, omdat de tekeningen toch niet voor metingen gebruikt worden. Men moet de gemaakte tekeningen zorgvuldig opbergen (tussen vellen papier) om "doordrukken" te voorkomen. Het beste is, elke tekening direct te fotokopieëren.

Bij een her-opname kan men een kopie van de tekening meenemen in het veld, en hierop alle veranderingen aantekenen. Wanneer men twijfelt over de plaats van een bepaald thallus op de tekening, kan men door uitmeten van de afstand van dit thallus tot twee spijkers een plaats in het PQ op de tekening overbrengen (gebruik de schuifmaat als passer).

Wanneer het aantal exemplaren per boom (PQ) te laag is, wordt de van een leppeldak naast het dakhout genomen hoeveelheid, in de ik toch sterker, en de afstand tot de bodem van de boom, te klein of, gevallen waarin het aantal exemplaren per boom te laag of onregelmatig is (bv. zeer grote schors, dikte van de kroon, etc. soorten), voorten).

Omdat het wellicht interessanter is te weten over welke afstand soorten zich verspreiden, heb ik bij ieder PQ een "analyse" opgemaakt van: (a) de PQ-boom, exclusief het PQ; en (b) de zij waar de PQ-boom deel van uit maakt, inclusief de PQ-boom zelf (het aantal bakenkeuken boom is in het standaard-formulier vermeld). De gebruikte schaal van is als volgt:

- d dominant op alle of bijna alle boom
- a rijkelijk aanwezig of aantrekkelijk dierlijk
- f in vrij grote hoeveelheden aanwezig
- o af en toe aanwezig
- r zeldzaam; op enkele boom
- lb op slechts één boom
- lx slechts één exemplaar gevonden

Ook ook, inzicht te krijgen in de diktegraad van de boom zelf, werden ook de volgende maten opgenomen:

- de omtrek van de boom (a) op 1,3 m hoogte, (b) vlak boven het PQ, en (c) vlak onder het PQ;
- de lengte- en breedtematen van het PQ, gemeten tussen de middelpunten van de hoekspijkers. Omdat het hierbij vaak nodig is, het meetlint om de stam heen te "pleoien", is deze meting zeer onnauwkeurig;
- (vanaf 1 aug. 1978) de afstand tussen de buitenrand van de horizontaal naast elkaar zittende hoekspijkers, gemeten met de schuifmaat. Deze meting is veel nauwkeuriger dan de vorige.

5. SAMENVATTING

Dit verslag beschrijft een methode voor het bestuderen van veranderingen in epiphytenvegetaties, in het bijzonder in relatie tot SO₂-vervuiling (resp. veranderingen hierin). Methoden worden gegeven voor:

- (a) het selecteren van vegetaties, zodanig dat de invloed van SO₂ bestudeerd kan worden, zoveel mogelijk onafhankelijk van andere milieufactoren;
- (b) het meten van de groei van bladvormige soorten, op een substraat dat ruw is en zelf ook groeit;
- (c) het waarnemen van verschijnen resp. verdwijnen van kleine thalli in een vegetatie.

6. LITERATUUR

- DOB BEN, H.F. van (1976): Veranderingen in de epiphytenflora en -vegetatie in de omgeving van 's-Hertogenbosch in de jaren 1900 - 1975.
Intern rapport R.U. Utrecht/R.I.N. Leersum.
- HAKULINEN, R. (1966): Ueber die Wachstumsgeschwindigkeit einiger Laubflechten.
Ann. Bot. Fenn. 3, 167 - 179.
- HALE, M.E. (1959): Studies on lichen growth rate and succession.
Bull. Torrey Bot. Club 86, 126 - 129.
- HALE, M.E. (1970): Single lobe growth rate patterns in the lichen *Parmelia caperata*. *Bryologist* 73, 72 - 81.
- HALE, M.E. (1974): Growth. In: V. Ahmadjian & M.E. Hale (eds.), *The Lichens*. Academic Press, New York/London.
- HOOKE R, T.N. & BROWN, D.H. (1977): A photographic method for accurately measuring the growth of crustose and foliose saxicolous lichens.
Lichenologist 9, 65 - 75.
- WIT, A. de (1976): Epiphytic lichens and air pollution in the Netherlands.
Bibliotheca Lichenologica 5. Cramer, Vaduz.

7. AANHANGSEL: praktische aanwijzingen

Terwille van de continuïteit in het onderzoek volgt hieronder een zo nauwkeurig mogelijke beschrijving van de door mij gevolgde werkwijze, met enkele voorbeelden.

7.1 Opzoeken van nieuwe PQ-punten

Bedenk, dat men tijdens het zoeken tegelijkertijd moet letten op de kaart, het verkeer en de bomen. Dit eist alle aandacht op, en men moet dus van tevoren proberen zich een beeld te vormen van het uurhok en de punten die hierin bezocht moeten worden. Gebruik 1 : 25.000 kaarten, en geef de uurhok-grenzen op de kaart aan. Stippel de te rijden route uit; houdt hierbij als richtlijn, dat alle wegen met bomen er langs bekeken moeten worden (voor zover ze niet door bos lopen). (NB. de op de kaart aangegeven bomen kloppen i.h.a. vrij goed). Het is meestal niet nodig om al deze wegen te rijden; men kan ook op een kruispunt een aantal (bv. 10) bomen uit een rij bekijken en er van uit gaan dat de andere bomen uit deze rij niet veel van deze 10 verschillen. Bij zeer lange en uniforme rijen bomen steekproefsgewijs werken, bv. elke kilometer 10 of 20 bomen bekijken.

Maak in het veld aantekeningen over de bekeken bomen (plaats aangeven met coördinaten of naam), de hierop gevonden epiphyten, en de geschiktheid als PQ-punt. Teken de gereden route op de kaart in. Wanneer het hele hok op deze wijze afgewerkt is, kan op grond van de aantekeningen een keuze uit de verschillende punten gemaakt worden.

Voorbeeld: hok 22-41 (kaart 22C). Langs Ommer kanaal: alleen *Qu rubra* en *Acer*. Weth. Petterweg: zeer jonge *Qu*, niet bekeken. De Haar: *Qu*, te jong maar wel blad. soorten (*Ph. tenella*, *X. polycarpa*). Woestenrijk: *Qu*, te jong. Engelandsweg: idem. Plasweg: 6de *Qu* ten O. van huis (220.6/508.5): goed PQ-punt met *P. sulc.*, *Ph. ten.*, *X. polycarpa*. (boom staat scheef). Langs zelfde weg bij 221.3/508.7, tweede boom ten W. van gat in de rij: zeer goed punt, *Qu* met *P. sulc.*, *Ph. ten.*, *X. pol.*, *Lec. chlorotera* e.a. Woestenweg: *Populus canadensis*, te oud (kaprijp) niet bekeken; ook *Qu*, te jong.

(zie fig. 10). Gekozen punt: 221.3/508.7.



Fig. 10: hok 22-41.  : route en rijrichting.

De coördinaten van de linkeronderhoek zijn: 220.0/505.0

1.2 PQ - uitzetten en opnemen

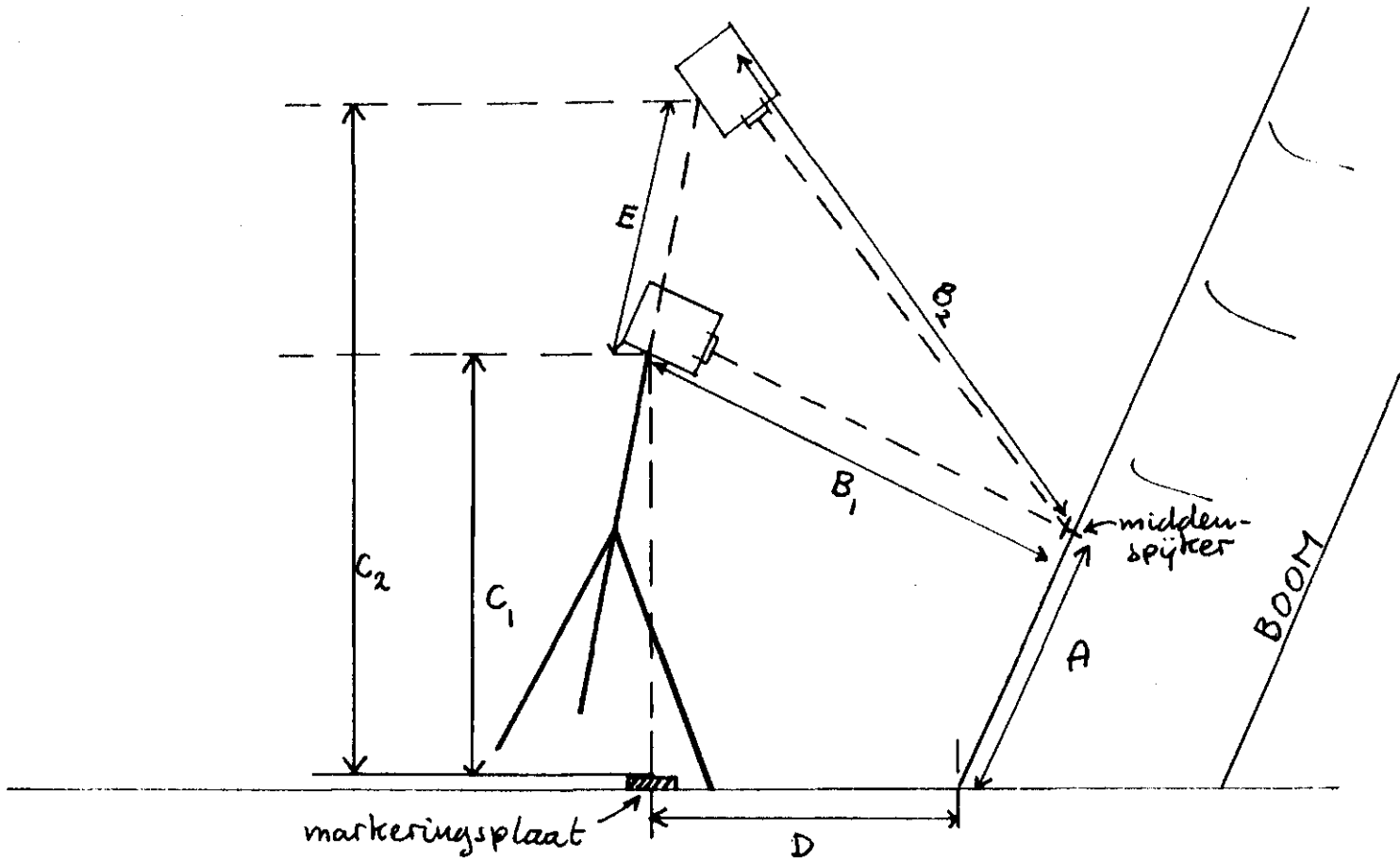


Fig. 11: opstelling van de camera

1. Stel de onderkant van het toestel evenwijdig met of loodrecht op de middenzull (zo nodig controleren met een touwtje).
2. Markeer het PQ voorlopig met spelden (zo veel mogelijk in de groeven zetten); stel het toestel voorlopig op.
3. Kijk door de zoeker en verplaats zonedig de spelden en/of het toestel (denk aan de ruimte voor de twee meetlinten).
4. Vervang de spelden door spijkers; controleer door de zoeker of dit op de juiste wijze gebeurd is.
5. Knip de spijkers in.

6. Monteer het verticale meetlint m.b.v. de twee aangepunte bouten + moeren (zo ondiep mogelijk inslaan; de bouten moeten altijd aan de naar het PQ toegekeerde zijde van het meetlint zitten). Gebruik zo nodig extra bouten, spijkers of spelden om te voorkomen dat het meetlint door de wind bewogen wordt.
 7. Controleer of het meetlint:
 - a. ongeveer evenwijdig aan het PQ-vlak loopt;
 - b. over z'n hele lengte in het beeld zit, en in het goede scherpte-vlak (gebruik de controleknop links van de sluitser);
 - c. recht is (met een touwtje).
- Zo nodig bijstellen.
8. Meet de inclinatie van het meetlint.
 9. Stel de achterkant van het toestel op deze inclinatie in, en richt het opnieuw door de hoogte-instelling te veranderen³⁾
 10. Laat het schietlood neer¹⁾ en monteer de plaat²⁾ (zo nodig camoufleren met plukjes gras). Controleer of dit op de juiste wijze gebeurd is.
 11. Meet A, B₁, C₁ en D (fig. 11); bepaal de expositie van het PQ, de kompasrichting van lijn D en de inclinatie van de onderkant van het toestel.
 12. Monteer het horizontale meetlint met etiketjes met nr. en datum (met zwarte viltstift beschrijven!). Controleer of alles in het beeld zit.
 13. Sluit de flitser aan (X-kontakt gebruiken!), span sluitser en zelf-timer, stel tijd, diafr. en afstand in.
 14. Richt de flitser en druk af (zo nodig zon op het PQ afschermen; een kartonnen doos is hiervoor het gemakkelijkst).
 15. Noteer h op het nr. etiketje.
 16. Stel het toestel \pm 20 cm hoger of lager en richt opnieuw.
 17. Herhaal 13 en 14, maar houd hierbij de flitser op dezelfde hoogte als bij de hoofdfoto.
 18. Meet B₂ en E⁴⁾.
 19. Haal het toestel van het statief, verwissel de lens en maak de overzichts-foto's (denk aan nummer op de boom). Verwijder pas daarna meetlinten en statief.
 20. Meet de PQ-maten, schuif-maten en 2 τ rs.
 21. Sla een touwtje om de buitenkant van de spijkers.
 22. Maak een soortenlijst met bedekking % en hoogtes (gebruik voor beide de schuifmaat).

23. Span plastic over het PQ en maak de microkaart. Vul zonodig de soortenlijst aan (vergeet in dat geval niet, ook de bedekking te schatten). Zet het nummer op het plastic en berg het zorgvuldig op (velletjes niet dubbelvouwen of op elkaar of tussen kranten leggen, dat veroorzaakt "doordrukken").
24. Maak de Tansley-opnames op boom en rij (indien aanwezig); noteer ook het aantal bekeken bomen.
25. Maak de situatieschets. Vergeet niet: standpunten overzichtsfoto's, N-pijl, schaal (door de afstand tussen PQ-boom en een vast punt in te meten).
 - 1) Het is de bedoeling dat het midden van de plaat recht onder het midden van het negatief in de camera zit. Bij staand beeld wordt dit bereikt door de loodlijn neer te laten vanuit het midden van de achterklep van het toestel. Bij liggend beeld moet zij worden neergelaten vanuit het schroefgat in de onderkant van het toestel, maar dit is in de praktijk onmogelijk. Daarom kan zij worden neergelaten vanuit de linker onderhoek van het toestel, dit is 6,5 cm links van het schroefgat. Op de grond moet deze 6,5 cm weer worden teruggemeten.
 - 2) Soms laten de terreinomstandigheden het monteren van een plaat op de juiste plaats niet toe. In dat geval kan men het beste twee platen monteren, zodanig dat de plaats van het toestel op een bekende plaats op de verbindingslijn van deze platen ligt. Het is dan wel noodzakelijk een extra situatieschetsje te maken (denk er aan, deze twee platen zodanig in te meten t.o.v. de boom of andere herkenningspinten, dat zij gemakkelijk terug te vinden zijn).
 - 3) Deze methode, waarbij inclinatie van toestel en meetlint gelijk gemaakt worden, is door mij toegepast vanaf 1 aug. 1978. Bij de voor deze datum gemaakte opnamen verschillen de inclinatie van meetlint en toestel van elkaar; hierom is het voor nauwkeurige hoogtemeting op deze opnamen nodig een andere formule voor het bepalen van de vergrotingsfactoren te gebruiken. Leid deze zelf af!
 - 4) Door mij is een iets andere methode gebruikt, waarbij B_2 niet gemeten wordt, en C_2 in plaats van E. Het is dan nodig de middenzuil precies verticaal te zetten. Bij de hier beschreven methode is dit niet nodig, terwijl bovendien de nauwkeurigheid groter is (zie 3.5). Het is echter wel nodig om voor het berekenen van hoogtes uit deze gegevens een iets andere formule af te leiden. Dit kan analoog aan de wijze die in 3.4 beschreven is (ga er nu van uit, dat $O'K \neq OK$).

7.3 PQ - heropnemen

1. Als 1- uitzetten.
2. Zoek de plaat op door D in de juiste richting uit te meten (zo nodig een paar maal met een mes in de grond prikken).
3. Stel C_1 bij benadering in.
4. Laat een loodlijn neer en zet met behulp hiervan het toestel op z'n plaats.
5. Richt het toestel en controleer of de hoek tussen het PQ en het beeldvlak (dwz.: incl. toest. onder) ongeveer juist is (denk aan ruimte voor de meetlinten). Zo nodig bijstellen.
6. Stel C_1 nauwkeurig in.
7. Meet B_1 . Als de waarde niet meer dan 1 cm van de juiste waarde afwijkt: deze waarde noteren en door naar 9; anders: toestel verplaatsen (dit gaat het gemakkelijkst door de poten van het statief één voor één evenveel cm's te verplaatsen als de B-waarde afwijkt).
8. Opnieuw richten, C_1 instellen, en ongewenste zijdelingse verplaatsing controleren met het schietlood en zonodig bijstellen; terug naar 7.
9. Als 6 t/m 9 uitzetten. Denk er aan, dat de inclinatie van het meetlint nu een van te voren gegeven waarde moet hebben.
10. Als 12 t/m 18-uitzetten.
11. Als 20-uitzetten.
12. Controleer in hoeverre de microkaart nog klopt. Verschillen aantekenen op een kopie. Overbrengen van een plaats in het PQ naar de microkaart-kopie (die niet doorzichtig is!) kan op eenvoudige wijze gebeuren door inmeten met de schuifmaat (of een passer) vanuit twee vaste punten (spijkers).

NB. Bij het her-opnemen worden de waarden van meetl. incl., toest. achter incl. en C_1 precies gelijk gemaakt aan die van de eerste opname (deze hoeven dus niet opnieuw genoteerd te worden). B_1 , B_2 , C_2 en toest. incl. onder worden ongeveer gelijk gemaakt aan de waarden van de eerste opname, en moeten dus wel genoteerd worden. A en D zijn onveranderlijk, en dienen slechts als hulp bij het terugvinden. De $2\pi r$'s en de PQ maten veranderen door de groei van de boom, en moeten bij elke opname opnieuw gemeten worden.

7.4 Materiaal-lijst

statief

middenzuil 40 cm

middenzuil 100 cm

film-kop (NB. géén balhoofd!)

camera-body

objectief 35 mm

objectief 135 mm

tussenring 11 mm

flitser met kabel (min. 2 meter); richtget. min. 28

reserve batterijen

reserve films

Al-spijkers

lichte hamer

nijptang

touw

aangepunte bouten (\pm 40 x 3 mm) met elk 2 moeren (2 sets + reserve's)

2 rolmaten

meetlint

schuifmaat

kompas + hellingmeter

schietlood

R.V. stalen platen (10 x 10 cm) + bijbehorende krammen (evt. grote spijkers)

rode kaartspelden

plastic ("glashelder folie") in stukken van \pm 20 x 25 cm

geïllustreerd tijdschrift (om plastic in te bewaren)

glasviltstiften "Lumocolor" (veel, worden snel dik)

plaketiketjes \pm 1 x 2 cm

kladbloc met ophangtouwte

dikke viltstift

loep

schaar

mes

pen, potlood, gum, puntelijper

opschrijfboekjes

verzamelzakjes

stafkaarten, overzichtskaart

7.5 Hoogtemeting op stereoscopische foto's met behulp van het HP rekenprogramma

(voor gebruik van het rekenprogramma contact opnemen met v. Wirdum)

1. Trek op beide foto's een oriëntatie-as loodrecht op de zwarte band langs de zijkant van de foto's (bij liggend beeld niet nodig). Zorg er voor, dat de assen op beide foto's op ongeveer gelijke afstand van de middenspijker liggen.
2. Trek op de hoofdfoto de kantelas loodrecht op de oriëntatie-as en door het midden van de middenspijker (inkrassen met een naald).
3. Bepaal op de hoofdfoto op het verticale meetlint twee eindpunten voor het bepalen van de vergrotingsfactoren (kunnen willekeurig gekozen worden, maar wel beide even ver van de kantel-as); bereken L.
4. Meet L_1 met de schuifmaat en $L_1 - L_2$ met de stereo-bar; bereken L_2 .
5. Lees het programma in (NB. programma-schakelaar eerst op RUN zetten, anders wordt het programma gewist!).
6. Voer de meetgrootheden als volgt in:

grootheid	STO - register
C_1	0
C_2	1
B	2
β	3
L	4
L_1	5
L_2	6

7. Draai programma A.
8. Oriënteer de foto's met de oriëntatie-assen in elkaars verlengde; zet ze met plakband vast (bobbels glad trekken).
9. Nu kan van elk gewenst punt de hoogte bepaald worden door p' (met stereo-bar) en l_1 (met schuifmaat) te meten; voer deze grootheden als volgt in: p' STO 0, l_1 STO 1; programma B berekent nu de hoogte t.o.v. het referentievlak.

NB. let goed op de tekens:

l_1 is >0 boven de kantel-as en < 0 onder de kantel-as;

p' is >0 bij verschuiving omlaag en < 0 bij verschuiving omhoog.

De bovenkant van de foto is de kant met de laagste cijfers op het verticale meetlint.

10. Controle: na draaien van de programma's A en B vindt men in het geheugen (programma D):

RCL	grootheid
0	p'
1	l_1
2	$C_2 - C_1$
3	α
4	v
5	l
6	p
7	vergrotingsfactor hoofdfoto
8	1 - vergr. factor hoofdfoto/vergr. factor hulpfoto

NB. een betrouwbare uitkomst wordt alleen verkregen als:

- de helling van de middenzuil $90^\circ \pm 3^\circ$ is;
- de inclinatie van het toestel bij de hoofdfoto minder dan 1° van de inclinatie van het meetlint afwijkt;
- het meetlint niet meer dan 0,5 cm onder of boven de middenspijker ligt;
- de hoek tussen toestel en middenzuil $90^\circ \pm 1^\circ$ of $0^\circ \pm 1^\circ$ is;
- de hoek tussen kantel-as en meetlint $90^\circ \pm 3^\circ$ is.

Werkling van het rekenprogramma:

onderdeel	berekent formule	uitkomst in register	stappen
A_1	(7)	3	1 - 18
A_2	$\frac{L_1}{L}$	7	19 - 23
A_3	$1 - \frac{L_1}{L_2} \cos$	8	24 - 33
A_4	(8)	4	34 - 53
A_5	$C_2 - C_1$	2	54 - 59
(programma stopt hier)			
B_1	(9)	5	60 - 65
B_2	(11)	6	66 - 76
$B_3=C$	(5)	uitkomst verschijnt op het scherm	77 - 117

7.6 Ligging van de PQ's

Zie hiervoor fig. 12 en 13. De PQ's zijn voorzien van een lopende nummering die eventueel veranderd kan worden, en een vaste nummering bestaande uit het uurhok-nummer (IVON-systeem) + een letter.

TRANSECT I

volgnr.	PQ-nr.	locatie			
1	30-35A	Meijndel	31	40-26B	Loil
2	30-35B	Meijndel	32	40-27A	Wehl
3	30-36A	Wassenaar	33	40-18A	Keyenburg
4	30-37A	Leiden	34	41-21A	Gaanderen
5	30-37B	Leiden	35	41-22A	Westendorp
6	31-31A	Alphen a/d Rijn	36	41-23A	Het Goor
7	31-42A	Zwammerdam	37	41-24A	Barlo
8	31-53A	Bodegraven	38	41-25A	Bredevoort
9	31-44A	Zegveld	39	41-26A	Winterswijk
10	31-44B	Zegveld	40	41-27A	Ratum
11	31-45A	Woerden-Harmelen			
12	31-45B	Kamerik			
13	31-56A	Montfoort-Harmelen			
14	31-57A	Jutfaas-Montfoort			
15	31-58A	Utrecht			
16	31-58B	Utrecht			
17	31-58C	Amelisweerd			
18	32-51A	Bunnik			
19	32-52A	Driebergen			
20					
21					
22	32-55A	Scherpenzeel			
23	32-56A	Renswoude			
24	32-57A	Lunteren			
25	32-48A	Wekerom			
26	40-21A	Heteren (zie ook IV 1)			
27	40-22A	Driel			
28	40-24A	Duiven-Westervoort			
29	40-25A	Zevenaar			
30	40-26A	Loil			

TRANSECT II

1	14-24A	N. van Wieringerwaard
2	14-34A	Z. van Wieringerwaard
3	14-34B	Z. van Wieringerwaard
4	14-44A	Schagen
5	14-54A	Waarland
6	19-13A	Diepsmeerpolder
7	19-23A	Alkmaar
8	19-33A	Zuidschermer
9	19-43A	Akersloot
10	25-12A	Spaarnwoude
11	25-32A	Vijfhuizen
12	25-52A	Hoofddorp
13	31-21A	Roelofarendsveen

TRANSECT III

1	7-12A	Winsum
2	7-22A	Feerwerd
3	7-32A	Aduard - v. Starckenborghkanaal
4	7-42A	Aduard - Nieuwklap
5	12-11A	Roden
6	22-31A	Balkbrug
7	22-41A	Ommen
8	28-11A	Lemele
9	28-21A	Luttenberg
10	28-31A	Haarle
11	28-41A	Nieuw-Heeten
12	28-51A	Holten
13	28-51B	Holten - Nw. Heeten
14	28-51C	Holten
15	34-11A	Markelo - Laren (G.)
16	34-21A	Laren (G.)
17	34-31A	Lochem
18	33-48A	Vorden
19	33-58A	Hengelo (G.)
	40-18A	Keyenburg (zie transect I)

TRANSECT IV

1	40-21B	Driel
2	40-31A	Elst
3	46-11A	Nijmegen
4	46-32A	Haps
5	46-52A	Oploo
6	52-32A	Deurne - Venray
7	52-52A	Meijel
8	58-22A	Roggelse Dijk
9	58-42A	Hunsel

TRANSECT V

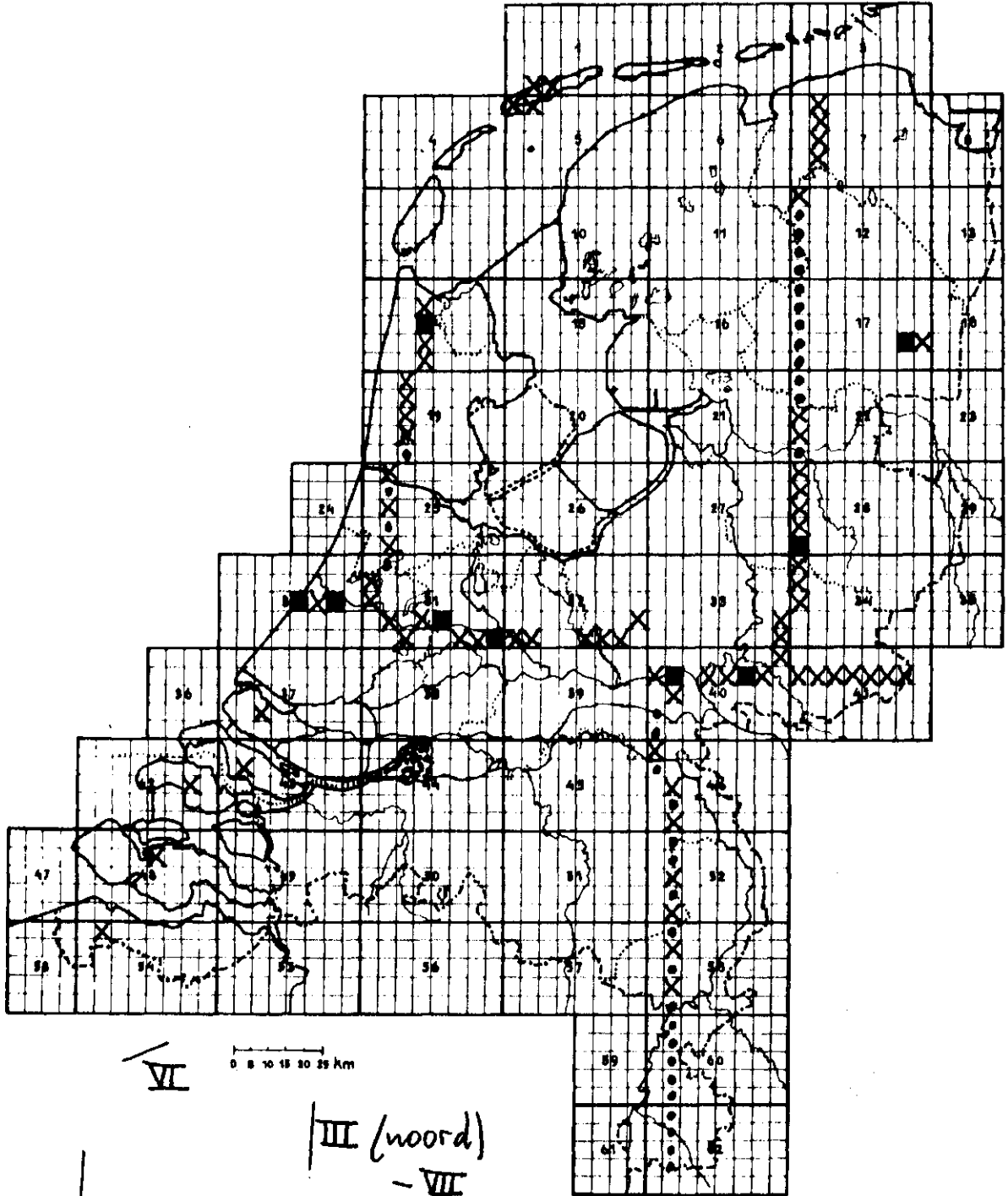
1	37-43A	Zwartewaal
2	43-22A	Dirksland
3	42-37A	Brouwershaven - Zonnemaire
4	48-25A	Lewedorp
5	54-12A	IJzendijke

TRANSECT VI

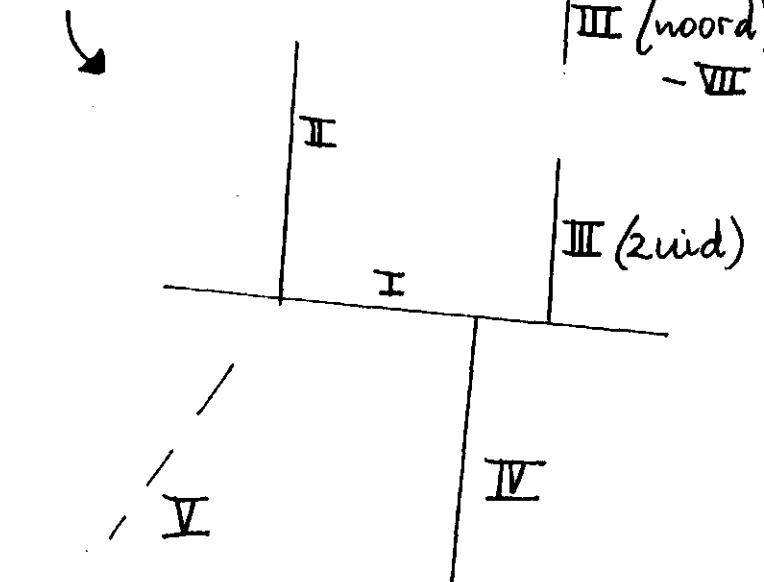
1	5-11A	West-Terschelling
2	5-12A	West-Terschelling
3	1-52A	Midsland
4	1-53A	Lies
5	1-53B	Lies

TRANSECT VII

1	17-47A	Westenesch
2	17-47B	N.A.M. Emmen 8/9
3	17-47C	N.A.M. Emmen 8/9
4	17-48A	Zuidbarge
5	17-48B,C,D	Zuidbarge
6	17-48E,F,G,H	Westenesch



transect-
nummers



P.Q.'s epiphyten

- x = 1 P.Q.
- = > 1 P.Q.
- = P.Q. nog niet uitgeset

Fig. 12. Ligging van de P.Q.'s

ROUGH MAP OF EPIPHYTIC LICHENS VEGETATION IN THE NETHERLANDS

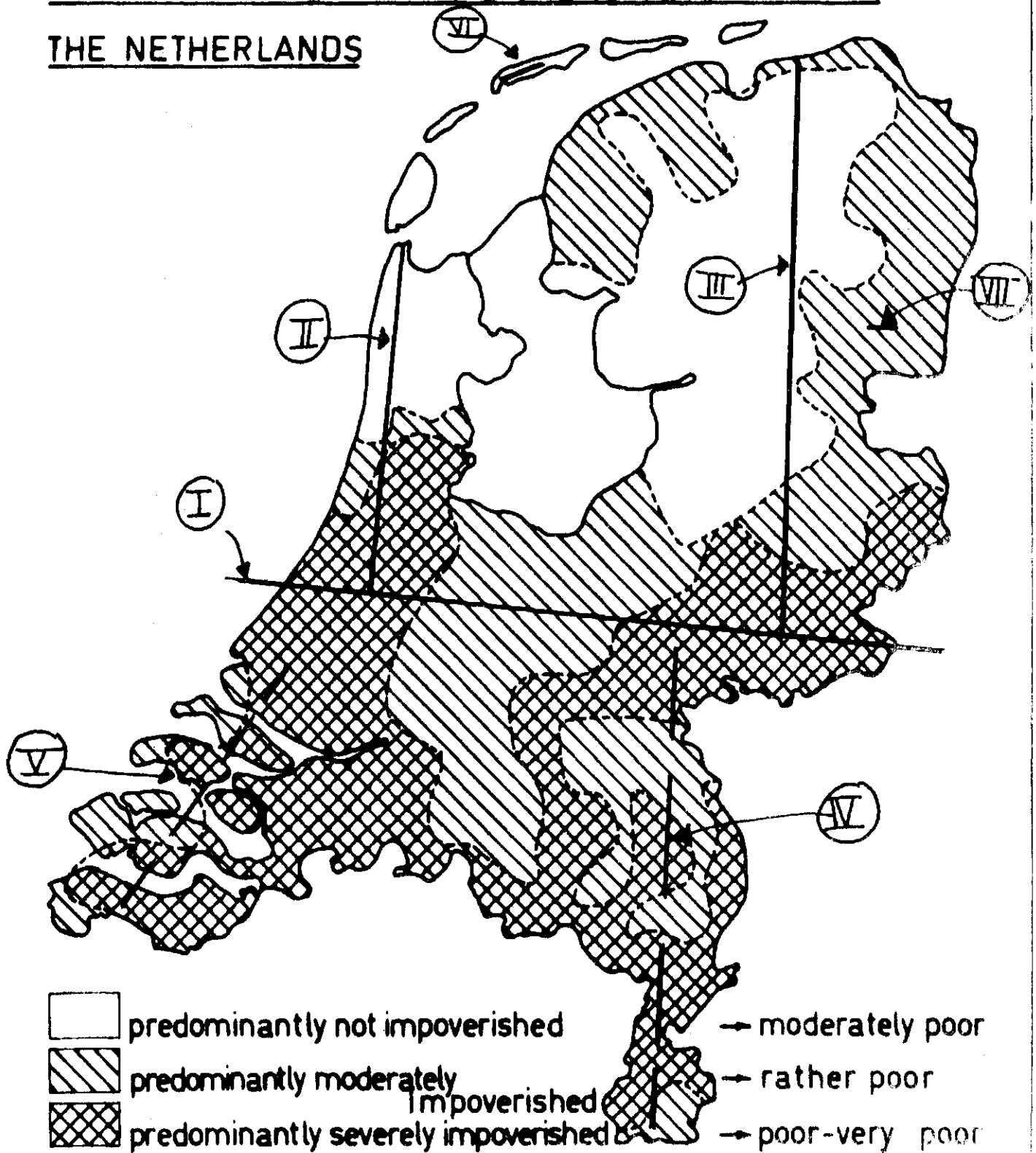


Fig. 13. Ligging van de transecten.

— = 1 PQ/uurhek - - - = <1 PQ/uurhek