

# BOSBEMESTINGSMETHODEN

## Resultaten van een praktijkproef

N.A. Leek\* en H. Wanningen\*\*  
m.m.v. P.W. Hellinga\*\*, F.Th.J. Hoksbergen\* en H.J. Schreuder\*\*\*

- \* "De Dorschkamp" Instituut voor Bosbouw en Groenbeheer
- \*\* Directie Staatsbosbeheer
- \*\*\* Directie Bos- en Landschapsbouw





INHOUD	blz.
Dankwoord	7
Voorwoord	9
Samenvatting	11
1. Inleiding	15
2. Opzet van het onderzoek	19
2.1. Algemeen	19
2.2. Meetmethoden	23
2.2.1. Tijdstudie-onderzoek	23
2.2.2. Strooibeelden	24
2.2.3. Controlemetingen	25
3. Voorselectie van de methoden	27
4. Beschrijving meststoffen	31
5. Voorbereidende werkzaamheden	35
6. Onderzoekresultaten	37
6.1. Handkracht	37
6.1.1. Beschrijving werkmethode	37
6.1.2. Resultaat tijdstudies	39
6.1.3. Kosten per ton	42
6.2. Lastpakker	43
6.2.1. Beschrijving werkmethode	43
6.2.2. Bepaling strooibeeld	47
6.2.3. Resultaat tijdstudies	47
6.2.4. Kosten per ton	51
6.2.5. Controle op de kwaliteit van de verspreiding	52
6.3. Trike	53
6.3.1. Beschrijving werkmethode	53
6.3.2. Bepaling strooibeeld	56
6.3.3. Resultaat tijdstudies	57
6.3.4. Kosten per ton	60
6.3.5. Controle op de kwaliteit van de verspreiding	61
6.4. Trekker met tweeschijvencentrifugaalstrooier	62
6.4.1. Beschrijving werkmethode	62
6.4.2. Bepaling strooibeeld	65

	blz.
6.4.3. Resultaat tijdstudies	66
6.4.4. Kosten per ton	69
6.4.5. Controle op de kwaliteit van de verspreiding	70
6.5. Trekker met pendelstrooi	73
6.5.1. Beschrijving werkmethode	73
6.5.2. Bepaling strooibeeld	75
6.5.3. Resultaat tijdstudies	76
6.5.4. Kosten per ton	78
6.5.5. Controle op de kwaliteit van de verspreiding	79
6.6. Trekker met Hufgard-blazer	81
6.6.1. Beschrijving werkmethode	81
6.6.2. Bepaling strooibeeld	84
6.6.3. Resultaat tijdstudies	85
6.6.4. Kosten per ton	89
6.6.5. Controle op de kwaliteit van de verspreiding	90
6.7. Combinatie van blaasvoertuigen	92
6.7.1. Beschrijving werkmethode	92
6.7.2. Organisatie	95
6.7.3. Bepaling strooibeeld	97
6.7.4. Resultaat tijdstudies	99
6.7.4.1. Catweazle	99
6.7.4.2. Volvo-blazer	102
6.7.5. Kosten per ton	104
6.7.5.1. Catweazle	104
6.7.5.2. Volvo-blazer	105
6.7.5.3. Kosten per ton voor de combinatie van blaasvoertuigen	106
6.7.6. Controle op de kwaliteit van de verspreiding	108
6.8. Vliegtuig	109
6.8.1. Beschrijving werkmethode	109
6.8.2. Organisatie	112

	blz.
6.8.3. Bepaling strooibeeld	114
6.8.4. Resultaat tijdstudies	116
6.8.5. Kosten per ton	120
6.8.6. Controle op de kwaliteit van de verspreiding	121
6.9. Helikopter	124
6.9.1. Beschrijving werkmethode	124
6.9.2. Organisatie	127
6.9.3. Bepaling strooibeeld	129
6.9.4. Resultaat tijdstudies	130
6.9.5. Kosten per ton	134
6.9.6. Controle op de kwaliteit van de verspreiding	136
6.10. Beschadigingen	137
7. Discussie over de kwaliteit van de verspreiding van de meststof	141
7.1. Hoeveelheid meststof per ha	141
7.2. Kwaliteit verdeling	143
7.3. Onderzoek naar de verdeling in West-Duitsland	144
8. Beoordeling en vergelijking van de methoden	147
8.1. Beoordeling van de methoden en laadsystemen	147
8.2. Vergelijking van de methoden	153
9. Conclusies	157
Literatuur	161
Verklarende woordenlijst	162
Bijlagen	163
Bijlage 1. Overzicht van uitgebrachte hoeveelheden meststof per methode	165
Bijlage 2. Aanleg nul-plots in de Praktijkproef Peel	169
Bijlage 3. Strooibeeldbepaling m.b.v. de bakkenmethode	167
Bijlage 4. Modellen bosbemesting (excl. vliegtuig en helikopter)	177
Bijlage 5. Uitwerking strooibeelden	179
Bijlage 6. Gemiddelde transportafstanden in de opstand per cyclus (belast en onbelast)	230
Bijlage 7. Gewichten per bak van de controlemeting	231
Bijlage 8. Relatie tussen methoden centrifugaalstrooier, pendelstrooier en Hufgard-blazer	236



## DANKWOORD

Het onderzoek is uitgevoerd in drie bosgebieden van de gemeenten Venray en Vierlingsbeek. Zowel bij de voorbereiding als tijdens de uitvoering van het onderzoek hebben diverse medewerkers van beide gemeenten bijgedragen aan een vlot verloop van de proefnemingen.

Enkele tientallen ha van het proefgebied maken deel uit van de luchtmachtbasis "De Peel". De medewerking van de commandant van de vliegbasis en van de Directie Gebouwen, Werken en Terreinen van het Ministerie van Defensie is onmisbaar geweest voor de uitvoering van de bemesting met het vliegtuig en de helikopter.

Verder is bij de opzet van de proef dankbaar gebruik gemaakt van de kennis van het Nederlands Meststoffen Instituut (NMI) over de toepassingsmogelijkheden en de organisatie van het vervoer van meststoffen. De bemestingsdeskundige ing. G.C. van Brakel werd door het NMI toegevoegd aan de meetploeg van de Strooier Test en Afstel Service (STAS) van de DSM. Dit team heeft de strooibeelden bepaald en de verspreiding van de meststoffen in het terrein opgenomen.





## VOORWOORD

Het onderzoek naar de effecten van bekalking en van mineralengiften in bossen op de vitaliteit heeft in 1987 een flinke impuls gekregen. De uitvoering van een praktijkgericht onderzoekprogramma, dat eind 1986 werd gepresenteerd in de nota "Bosbouwkundig onderzoek in het kader van de vitaliteitsproblematiek-praktijkproef", is mogelijk geworden door belangrijke financiële bijdragen van de Europese Gemeenschap en van de Ministeries van Landbouw en Visserij, van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en van Defensie. De provinciale besturen van Noord-Brabant en Limburg, waar de proefterreinen zijn gelegen, hebben eveneens geldelijke steun verleend.

In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van het onderzoek naar de techniek en kosten van bosbemesting. Dit onderzoekproject is uitgevoerd door een team van medewerkers van het Staatsbosbeheer, van de Directie Bos- en Landschapsbouw en van "De Dorschkamp" Instituut voor Bosbouw en Groenbeheer. Het projectleiderschap was in handen van ir. N.A. Leek van "De Dorschkamp", die tevens de eindredactie van het rapport heeft verzorgd.

De resultaten van dit onderzoek zijn voor de uitvoering in de bosbouw en beheerders die te maken hebben met de invloed van luchtverontreiniging, van groot belang. Inzicht is verkregen in de uitvoerings- en kostenaspecten van bosbemesting met verschillende typen meststoffen.

Duidelijk is geworden dat de Nederlandse terreinomstandigheden en bossamenstelling leidt tot een andere aanpak dan elders het geval is.

Directeur Bos- en Landschapsbouw

Directeur "De Dorschkamp"

ir. W.F.S. Duffhues

ir. J. van den Bos



## SAMENVATTING

In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van het onderzoek naar bemestingsmethoden, dat is uitgevoerd in het kader van de Praktijkproef De Peel.

Het veldwerk voor het werkmethodeonderzoek heeft in het najaar van 1987 plaatsgevonden in de Peelregio. Na een uitvoerige marktverkenning zijn de volgende bemestingsmethoden in het onderzoek opgenomen:

1. Handkracht.
2. Lastpakker met centrifugaalstrooier.
3. Honda-trike met getrokken centrifugaalstrooier.
4. Trekker met pendelstrooier.
5. Trekker met tweeschijvencentrifugaalstrooier.
6. Trekker met blaasaggregaat.
7. Volvo-dumper met blaasaggregaat in combinatie met rupsvoertuig Catweazle met blaasaggregaat.
8. Helikopter met centrifugaalstrooier.
9. Vliegtuig met venturi-strooier.

Met deze methoden zijn in totaal 400 ha bos bemest: 300 ha met de hoogproductieve methoden 7, 8 en 9 en de resterende 100 ha met de overige methoden.

De terreingebonden bemestingsmethoden zijn onder verschillende terrein- en opstandsomstandigheden ingezet.

Er zijn in de proef verschillende giften uitgebracht, te weten PKMg (1,25 ton poeder of 1,1 ton granulaat per ha), kalk (3 ton per ha, zowel voor poeder als granulaat) en PK in combinatie met kalk (3,6 ton granulaat per ha) of PKMg in combinatie met kalk (4,25 ton poeder per ha). De vorm waarin de meststof wordt uitgebracht, granulaat of poeder, is afhankelijk van de toe te passen verspreidingstechniek. Dat kan zijn blazen (poeder) of strooien (granulaat).

De bemestingsmethoden zijn onderzocht op uitbrengkosten per ton, logistieke aspecten, kwaliteit van de verspreiding en veroorzaakte opstandsschade. Voor het verkrijgen van inzicht in de structuur van de kosten onder de verschillende terrein- en opstandsomstandigheden

zijn tijdstudies verricht. Door de Strooier Test en Afstel Service (STAS) zijn vooraf strooi-beelden bepaald om de machines op de juiste wijze af te stellen op de gewenste hoeveelheid meststof per ha. Deze meetmethode is gestandaardiseerd en wordt al lang in de landbouw toegepast. Tijdens het uitbrengen van de meststof zijn door de STAS metingen in de opstand uitgevoerd om de hoeveelheid meststof per ha en de kwaliteit van de verdeling vast te stellen. Bij deze controlemetingen kwamen diverse methodische knelpunten naarvoren, die nader onderzocht moeten worden. Dat geldt ook voor het vaststellen van criteria voor de kwaliteit van de verdeling van meststoffen in de bosbouw. Het onderzoek laat in ieder geval zien, dat het goed verspreiden van meststoffen in de bosbouw geen gemakkelijke opgave is.

Worden de onderzochte bemestingsmethoden met elkaar vergeleken dan blijkt dat de bosbemesting in Nederland het beste met terreinvoertuigen kan worden uitgevoerd. De laagste bemestingskosten per ha (inclusief meststof) worden gerealiseerd met het uitbrengen van poedervormige meststoffen met speciale blaasvoertuigen als de Volvo-blaazer en de Catweazle. Voor het uitbrengen van granulaten is de tweeschijven centrifugaalstrooier Amazone het meest geschikt.

Er wordt hierbij vanuitgegaan dat de bosopstanden voor genoemde voertuigen toegankelijk zijn. Zo dat niet het geval is, is het aan te bevelen extra ontsluitingsmaatregelen te nemen, althans in die opstanden waarin het verwijderen van een beperkt aantal bomen voldoende is.

Zijn de opstanden zonder meer niet toegankelijk voor trekkers dan kan alleen met kleine machines worden bemest en als dat ook niet lukt blijft alleen het strooien met de hand over.

Onder de Nederlandse omstandigheden is het bemesten vanuit de lucht aanzienlijk duurder, terwijl de verdeling van de meststoffen niet echt beter is dan met terreinmachines. Het grote voordeel van de vliegmethoden is naast de hoge dagproductie het probleemloos bemesten van jonge, dichte opstanden. Het bemesten vanuit de lucht is alleen interessant als er grote aaneengesloten boscomplexen moeten worden bemest, die voor trekkers slecht toegankelijk zijn.

Met de resultaten van het tijdstudie-onderzoek zijn modellen opgesteld, waarmee voor de diverse omstandigheden en voor verschillende meststoffen gedetailleerde normkosten zijn berekend.

Uitgaande van de in deze proef gegeven hoeveelheden meststof liggen de bosbestedingskosten onder Nederlandse omstandigheden tussen f 350 en f 750 per ha (inclusief meststof kalk of PKMg en eventueel benodigde ontsluitingskosten).

Ondanks hogere uitbrengkosten per ton liggen de bemestingskosten voor poeders f 50 tot f 150 per ha lager dan voor granulaten. Dit wordt veroorzaakt door de hogere prijs voor granulaten. Het bemesten met poeders geeft echter problemen met de arbeidsomstandigheden en de omgeving door stofontwikkeling. Bij de inzet van de combinatie Volvo/Catweazle-blaasvoertuigen moet men er bovendien rekening mee houden dat minimaal ca. 300 ton moet worden aanbesteed.

De tweeschijvencentrifugaalstrooier Amazone voor het verspreiden van granulaten heeft deze beperkingen niet. Deze machine heeft wel een aanzienlijk lagere dagproduktie. Voor het gebruik van kalkgranulaat in de Nederlandse bosbouw is bovendien speciale ontheffing nodig.



## 1. INLEIDING

Op grond van vroegere ervaringen met bosbemesting op arme zandgronden en recent onderzoek in eigen land en daarbuiten naar de slechte gezondheidstoestand van de bomen, kan worden geconcludeerd dat belangrijke voedingselementen als kalium, magnesium en fosfor onvoldoende beschikbaar komen voor de bomen. Ook stikstofgebrek is een belangrijke groeibeperkende factor geweest. Vanaf de jaren zestig dragen verschillende bronnen van luchtverontreiniging, zoals industrieën, verkeer en intensieve landbouwmethoden bij aan de afname van de weerstand van het bos tegen ziekten en plagen en ongunstige weersomstandigheden. Waar vroeger stikstofgebrek heerste komt dit element nu vaak zelfs in overmaat voor door de uitstoot van ammoniak en stikstofoxiden. De onderlinge verhouding tussen stikstof enerzijds en kalium, magnesium en fosfor anderzijds is ongunstiger geworden. De natuurlijke verzuring van de bodem in het Nederlandse klimaat wordt op de kalkloze gronden vele malen overtroffen door de atmosferische verzuring door de uitstoot van zwavel en stikstof. De zuurgraad in de bovengrond van de bosbodems is de afgelopen 30-50 jaren steeds lager geworden. Vooral in bodems met een relatief hoge uitgangspH vormt een pH-daling met een 0,5-1 eenheid geen uitzondering (Staatsbosbeheer, 1987). Verzuringprocessen oefenen een grote invloed uit op de voedingsstoffenhuishouding; de relaties zijn zeer complex.

Met de nota "Bosbouwkundig onderzoek in het kader van de vitaliteitsproblematiek-praktijkproef" van het Staatsbosbeheer en De Dorschkamp werd in december 1986 een praktijkgericht onderzoekvoorstel gepresenteerd, waarin op een breed front de diverse aspecten van bemestingsmaatregelen worden bestudeerd. Deze bemestingsmaatregelen zijn gericht op het herstel van de voedingsstoffenbalans en op compensatie van de verzuring van de bodem. Daarmee hoopt men, vooral in gebieden met een stikstofoverbelasting, de negatieve gevolgen van luchtverontreiniging zoveel mogelijk te beperken of te vertragen. In het kader van dit onderzoekvoorstel zijn inmiddels een reeks van proefvelden aangelegd, zowel in bestaande jonge en oude opstanden als in herbebossingen met verschillende boomsoorten op meerdere bodemtypen.

Een ander onderdeel van de Praktijkproef is het onderzoek naar de werkmethoden, waarover in dit rapport verslag wordt gedaan. Met het op grote schaal bemesten van bossen is in ons land geen ervaring opgedaan. Het onderzoek naar de werkmethoden was dan ook noodzakelijk om inzicht te verkrijgen welke bemestingsmethoden onder Nederlandse omstandigheden moeten worden toegepast, indien er grootschalig bemest gaat worden. Buitenlandse ervaringen zijn daarbij uiteraard meegenomen, maar deze kunnen niet model staan voor Nederland, aangezien de omstandigheden qua terrein, ontsluiting en bedrijfssituatie aanmerkelijk verschillen. Het onderzoek naar de werkmethoden moest vaststellen welke bemestingsmethoden onder de verschillende bosomstandigheden optimale resultaten opleveren. Optimaal betekent hier met zo laag mogelijke kosten, met een acceptabele kwaliteit verspreiding van de meststof en met zo weinig mogelijk schade aan de opstand. Met deze informatie is het mogelijk op verantwoorde wijze een eventuele subsidie-maatregel op te zetten voor de bemesting van het Nederlandse bos.

Het veldwerk voor het werkmethodeonderzoek heeft in 1987 plaatsgevonden in de Peelregio. In totaal zijn negen methoden toegepast, van eenvoudig handwerk tot de inzet van vliegtuig en helikopter. Met deze negen methoden zijn 400 ha bos bemest, waarbij de terreinmethoden onder verschillende terrein- en opstandstypen zijn ingezet.

Er zijn in de proef drie mestsoorten uitgebracht te weten PKMg (ca. 1,25 ton/ha), kalk(3 ton/ha) en PK of PKMg in combinatie met kalk (3,6 resp. 4,25 ton/ha). Afhankelijk van de werkmethode is de meststof in poeder of in granulaatvorm toegepast.

Per werkmethode zijn:

- tijdstudies gemaakt om inzicht te verkrijgen in de structuur van de kosten onder verschillende omstandigheden,
- de logistiek en de werkorganisatie onder de loupe genomen,
- door de Strooier Test Afstel Service(STAS) strooi-beelden bepaald voor een juiste afstelling van de machines op de gewenste hoeveelheid meststof per ha,
- metingen uitgevoerd in de opstand ter controle van de uitgebrachte hoeveelheid meststof per ha en de kwaliteit van de verspreiding en
- beschadigingen aan de bomen geïnteriseerd.



Voor de bespreking van de resultaten van het onderzoek (hoofdstuk 6) is gekozen voor een opzet, waarbij beschrijvingen en alle meetgegevens per methode worden behandeld.

Vergelijkingen en afwegingen tussen de methoden worden in de hoofdstukken 7 en 8 gemaakt.



## 2. OPZET VAN HET ONDERZOEK

### 2.1. Algemeen

Aan het begin van het onderzoek naar de werkmethoden zijn de volgende uitgangspunten geformuleerd:

- In het kader van de praktijkproef wordt 400 ha bemest. Op deze oppervlakte was de financiering van het project afgestemd.
- De bemesting zal plaatsvinden in de Peelregio, gezien de daar aanwezige overmaat aan stikstof.
- Omdat te verwachten valt dat afhankelijk van de bodemkundige kwaliteit van de groeiplaats of alleen voedingsstoffen, of alleen kalk of beide moeten worden toegediend, is uitgegaan van de volgende drie mestgiften:
  1. PKMg           ca. 1,25 ton per ha
  2. Kalk           ca. 3       ton per ha
  3. Kalk + PKMg   ca. 4,25 ton per ha.
- Omdat het in de praktijkproef gaat om het vaststellen van de bemestingskosten en de geschikte werkmethoden is de relatie bodemkwaliteit-type mestgift buiten beschouwing gelaten.

In een bezoek aan de Peelregio zijn drie bosgebieden uitgekozen. Gelet is daarbij op een zekere mate van representativiteit voor het Nederlandse bos, d.w.z. er is rekening gehouden met het type terrein en het type opstand (boomsoorten- en leeftijdsklassenverdeling). Deze omstandigheden zijn namelijk sterk bepalend voor de inzetmogelijkheden van de terreinvoertuigen. Bij de keuze van terreintypen is voor het grootste gedeelte uitgegaan van normale omstandigheden. Daarnaast is echter ook gekozen voor bemesting van een gebied met een intensieve ontwatering (rabatten) en een stuifzandgebied. De uiteindelijke keuze is gevallen op de volgende bosgebieden:

- Gemeente Venray: bossen rond de Middenpeelweg, vlak terrein, in totaal 292 ha te bemesten (vakken 201 t/m 227, 232 t/m 239, 601 t/m 603 en 614 t/m 620).
- Gemeente Venray: bosgebied Ballonzuilen, terrein met sloten, in totaal 58 ha te bemesten (vakken 105 t/m 110, 128 t/m 130 en 141).

- Gemeente Vierlingsbeek: bosgebied Overloonse Duinen, stuifzandterrein, in totaal 27 ha te bemesten (vakken 112 t/m 115, 130, 136 en 137).
  - Vliegbasis De Peel: vlak terrein, in totaal 32 ha te bemesten.
- Opstanden die binnen deze gebieden als vitaliteitsklasse 4 waren aangemerkt zijn buiten de bemesting gehouden. Dat gold ook voor opstanden met vitaliteitsklasse 3, in zoverre deze tevens in het kapplan van de gemeente Venray waren opgenomen. Een beschrijving van de vitaliteitsklassen kan men vinden in het verslag van de Landelijke inventarisatie (Staatsbosbeheer, 1988).

Tegelijkertijd met de keuze van de te bemesten bosgebieden is een inventarisatie gemaakt van apparatuur die voor het uitbrengen van kunstmest ter beschikking staat. De keuze van de negen in het onderzoek opgenomen methoden wordt verantwoord in hoofdstuk 3.

De negen methoden zijn:

1. Handkracht.
2. Lastpakker met centrifugaalstrooier.
3. Honda-trike met getrokken centrifugaalstrooier.
4. Trekker met pendelstrooier.
5. Trekker met tweeschijvencentrifugaalstrooier.
6. Trekker met blaasaggregaat.
7. Volvo-dumper met blaasaggregaat in combinatie met rupsvoertuig Catweazle met blaasaggregaat.
8. Helikopter met centrifugaalstrooier.
9. Vliegtuig met venturi-strooier.

Gezien het operationele karakter van het onderzoek, d.w.z. het vaststellen van de bemestingskosten van de bovengenoemde bemestingsmethoden onder praktijkomstandigheden is het niet mogelijk gebleken alle methoden met de drie verschillende meststofgiften onder alle terrein- en opstandsomstandigheden te beproeven. Vooral in verband met een rationele meststoffenaanvoer moesten de methoden over relatief grotere aaneengesloten eenheden worden ingezet. De uiteindelijke verdeling van de 400 ha over de werkmethoden is bepaald op grond van de volgende uitgangspunten:

- Volgens de hoog produktieve methoden 7, 8 en 9 is in verband met uitbesteding aan zeer gespecialiseerde loonbedrijven per methode ca. 100 ha uitgevoerd.
- Volgens de methoden 1 t/m 6 zijn de overige 100 ha bemest. Met de laag produktieve systemen 1 t/m 3 is het kostenniveau snel vast te stellen. Deze methoden zijn uitgevoerd op in totaal 20 ha. De trekkermethoden 4 t/m 6 zijn toegepast op in totaal 80 ha.
- Voor de vliegmethoden, die onafhankelijk zijn van de terreinomstandigheden, zijn aaneengesloten gebieden uitgezocht (Kemkesberg en de vliegbasis voor de helikopter en Testrik voor het vliegtuig). Daarnaast zijn een beperkt aantal opstanden op grotere afstand uitgezocht om de minimum te bemesten oppervlakte vast te stellen en om de invloed van de vliegafstand op de vlieggkosten te bepalen.
- Bij de terreingebonden bemestingsmethoden is rekening gehouden met de terreinomstandigheden (vlak, waterlopen en stuifzand) en met de opstandskenmerken. Bij dit laatste is een indeling gemaakt naar de volgende opstandstypen:
  1. Open opstanden, toegankelijk voor een trekker
  2. Opstanden met aangebrachte ontsluiting voor een trekker
  3. Dichte opstanden, ontoegankelijk voor een trekker
  4. Opstanden met coulissen
  5. Verjongingsvlakten.

Uitgangspunt bij de toedeling van ha aan de methoden is geweest de inschatting van de specifieke inzetbaarheid van iedere methode. Zo zijn de methoden 1, 2 en 3 redelijk tot goed inzetbaar in dichte opstanden, terwijl trekkers hier niet ingezet kunnen worden. Dit laatste kan alleen als in dit type opstand een ontsluiting wordt aangebracht. Waar het bij voorbaat duidelijk was dat een methode niet inzetbaar was is deze uiteraard ook niet toegepast. In een aantal gevallen is van tevoren een ontsluiting voor de trekker aangelegd door hier en daar enige bomen te verwijderen. Hierdoor wordt de kans redelijk groot dat de trekker wel door de opstand heen kan komen (zie hoofdstuk 5 Voorbereidende werkzaamheden).

Tabel 1. Soort bemesting per methode in ha

methode	totale opp.	mineralen		kalk		mineralen en kalk	
		poeder	granulaat	poeder	granulaat	poeder	granulaat
handkracht	5,15	-	3,75	-	1,40	-	-
Lastpakker	7,95	-	7,20	-	0,75	-	-
trike	4,30	-	3,55	-	0,75	-	-
pendelstrooier	10,29	-	7,75	0,50	2,04	-	-
centrifugaal- strooier	31,40	-	11,60	-	19,80	-	-
Hufgardblazer	44,55	16,45	-	15,30	-	12,80	-
blazerscom- binatie	102,66	28,92	-	36,19	-	37,55	-
vliegtuig	99,87	-	39,05	-	32,59	-	28,23
helikopter	99,75	-	39,85	-	27,90	-	32,00
<b>totaal</b>	<b>405,92</b>	<b>45,37</b>	<b>112,75</b>	<b>51,99</b>	<b>85,23</b>	<b>50,35</b>	<b>60,23</b>

Met de gegevens uit tabel 1 zijn per methode de hoeveelheid uit te brengen meststof berekend. Deze informatie te zamen met de te bemesten oppervlakte, de terrein- en opstandsomstandigheden en overige bijkomende condities vormden de basis voor de bestekbeschrijvingen. Diverse bedrijven, waaronder zeer gespecialiseerde, zijn door het Staatsbosbeheer uitgenodigd om op dit werk in te schrijven.

Na de aanbesteding is een draaiboek samengesteld met daarin de planning van de perioden waarop de bemestingsmethoden moesten worden uitgevoerd. Tevens werd hierin de aanvoer van de verschillende meststoffen aangegeven, op basis waarvan afspraken met de meststoffenvleveranciers zijn gemaakt.

Op de kaarten 1 t/m 4 in bijlage 2 wordt per gebied weergegeven welke meststoffen zijn uitgebracht. Tevens wordt in bijlage 1 per methode de hoeveelheid uitgebrachte meststof per vak vermeld.

Voor het vaststellen van de effecten op langere termijn van de praktijkbemesting zijn 20 proefveldjes aangelegd van 1000 m<sup>2</sup> waarin geen bemesting heeft plaatsgevonden. Deze proefveldjes dienen als nul-object voor het vervolgonderzoek. De ligging van de proefveldjes wordt weergegeven in bijlage 2.

## 2.2. Meetmethoden

### 2.2.1. Tijdstudie-onderzoek

Voor de registratie van de tijdelementen zijn tijdens de voorbereiding van het onderzoek analyses gemaakt van de te onderzoeken bemestingsmethoden. Voor de opnamen met de Husky hunter veldcomputer zijn de tijdelementen gedefinieerd en met de overige op te nemen data gecodeerd. Daarbij was een onderscheid noodzakelijk tussen terrein-gebonden methoden en vliegmethoden.

Voor de terrein-gebonden methoden zijn de volgende data opgenomen:

1. Laadtijd
2. Transporttijd belast weg
3. Transporttijd belast bos
4. Strooitijd effectief
5. Strooitijd niet-effectief
6. Transporttijd onbelast weg
7. Transporttijd onbelast bos
8. Storingstijden (labels: technisch/wachtrij)
9. Algemene tijden (labels: persoon/machine)
10. Overige tijden (labels: organisatorisch/instructie)
11. Afstand transport belast weg
12. Afstand transport belast bos
13. Afstand transport onbelast weg
14. Afstand transport onbelast bos
15. Hoeveelheid mest per cyclus
16. Afdelingsnummers

Voor de vliegmethoden zijn dit:

1. Laadtijd
2. Opstijgtijd
3. Vliegtijd belast
4. Strooitijd
5. Vliegtijd onbelast
6. Landingstijd
7. Storingstijd
8. Algemene tijden (labels: persoon/machine)

9. Overige tijden (labels: organisatorisch/instructies)
10. Vliegafstand belast
11. Vliegafstand onbelast
12. Hoeveelheid mest per cyclus
13. Afdelingsnummers

Om bij de snellere voertuigen transporttijden en -afstanden te kunnen opnemen is gebruik gemaakt van een Honda-trike. Bij de vliegmethoden is het niet mogelijk de vliegafstanden te meten. Deze zijn achteraf bepaald met behulp van de kaart. De strooitijden bij het vliegen zijn gemeten via radiocontact met de vliegers.

De hoeveelheid mest per cyclus werd bij de methoden 2 t/m 6 (trekkers en kleine voertuigen) bij een aantal vrachten gewogen met een weegbrug van het IMAG. Daarnaast werd, indien mogelijk per rit, een schatting gegeven van de vulling van de laadbak.

Bij de combinatie van de grote blazers was dit laatste niet mogelijk. Bij de helikopter werd het gewicht van de meststof door de piloot doorgegeven, terwijl de "big bags" bij het vliegtuig een bekend gewicht bevatten.

### 2.2.2. Strooibeelden

Om de bemestingsapparatuur op verantwoorde wijze te gebruiken en daarmee te bereiken dat de gewenste hoeveelheden meststof per ha worden gerealiseerd is de Strooier Test en Afstel Service (STAS) van DSM ingeschakeld om onderzoek te verrichten naar de verdeling van de verschillende gebruikte strooisystemen.

Voor de aanvang zijn van alle methoden in combinatie met de gebruikte meststoffen enkelvoudige strooibeelden gemeten. Bij deze meting wordt een enkelvoudige werkgang nagebootst door met de kunstmeststrooier een rij bakken te passeren. Zie hiervoor de schematische weergave in bijlage 3.

De bakken staan loodrecht op de rijrichting, waarmee de verdeling loodrecht op de rijrichting wordt gemeten. De verdeling in de rijrichting wordt meestal niet onderzocht omdat hier relatief geringe afwijkingen ontstaan. De bakken hebben een gestandaardiseerde afmeting



van 0,25 m<sup>2</sup> (50x50 cm). In de bakken zitten roosters om het uitspatten van korrels tegen te gaan.

De bakken worden geleegd en de inhoud gemeten. De verwerking van de bakgewichten vindt direct hierna plaats met behulp van een door de STAS ontwikkeld computerprogramma. In dit programma worden, naast de werkbreedte en de gift per ha, de maximale afwijking en de variatie-coëfficiënt berekend. Dit wordt voor twee manieren van strooien gedaan namelijk voor rondgaand strooien en heen- en weergaand strooien.

Aan de hand van deze gegevens werden de bestuurders van de strooiers en blazers geïnstrueerd welke rij snelheid en werkbreedte zij aan moesten houden om tot het gewenste resultaat te komen.

### 2.2.3. Controlemetingen

Om naast de globale controle op de uitbreng van de hoeveelheid meststof per ha door de tijdwaarnemers een verantwoorde uitspraak te kunnen doen zowel over de gift per ha als over de kwaliteit van de verdeling zijn controlemetingen in de opstand uitgevoerd.

De vliegmethoden zijn onafhankelijk van terrein- en boomsoort. Voor de controle op de verspreiding is hier gekozen voor verjongingsvlakten d.w.z. open terrein. Daardoor blijft geen meststof in de kroon hangen. Per methode waren in drie opstanden controlemetingen gepland, namelijk een per meststof. Bij de terreinmethoden is de kwaliteit van de verspreiding in sterke mate afhankelijk van het terrein, leeftijd van de opstand en de boomsoort. Om het aantal metingen hier te beperken en een goede vergelijking tussen de methoden mogelijk te maken is bij de selectie van de opstanden gekozen voor oudere dennenopstanden op vlak terrein. Daarnaast zijn enige opstanden geselecteerd om de invloed van afwijkende omstandigheden op de kwaliteit van de verspreiding te kunnen vaststellen. Voor iedere opstand is vooraf een proefschema gemaakt voor het plaatsen van de bakken. In overleg met de statisticus van De Dorschkamp is hierbij uitgegaan van:

- per meting 30 bakken
- uitzetten bakken:
  - .rechte lijnen uitzetten in de rijrichting met vaste punten om de 7 of 10 m

.liefst meerdere lijnen met een onderlinge afstand van minimaal 2x de werkbreedte

.vanuit de vaste punten worden de bakken loodrecht op de rechtlijn ingeloot over een afstand van 2x de werkbreedte.

Het plaatsen van de bakken is uitgevoerd door de STAS, die tevens de wegingen heeft verricht. Het cijfermateriaal is door De Dorschkamp uitgewerkt.

### 3. VOORSELECTIE VAN DE METHODEN

In eerste instantie is gekeken naar apparatuur die in de Nederlandse landbouw gebruikt wordt voor het uitbrengen van kunstmest. In hoeverre zijn deze machines bruikbaar voor de bosbouw?

Er zijn diverse door een motor aangedreven op de rug of buik gedragen poederverstuivers, die vaak ook geschikt zijn als granulaatstrooiers. Navraag leerde dat met poederkalk problemen zijn te verwachten. Belangrijker is dat met dit soort apparaten zeer weinig meststof kan worden meegenomen, waardoor deze ongeschikt zijn voor hoge giften per ha.

In de landbouw wordt bekalkt met speciale kalkstrooiers voor gemalen of poedervormige produkten. Deze apparaten zijn alleen geschikt voor open en vlak terrein, dus ongeschikt voor de bosbouw.

De in de landbouw veel gebruikte centrifugaalstrooiers voor het uitbrengen van granulaten bieden wel perspectief, echter niet voor poedervormige produkten. Er wordt dan een brug gevormd in de voorraadhouders en aanvoergedeelten, waardoor de machines verstopt raken. De strooibreedte loopt dan zeer sterk terug ( $1/4$  tot  $1/2$ ). Pendelstrooiers hebben een grotere tolerantie voor de vorm van de meststof. Met deze werktuigen kunnen zowel poeder- als korrelvormige meststoffen worden verspreid.

In de bosbouw zelf werd inmiddels geëxperimenteerd met een op de trekker opgebouwde blaasmachine, de HAV 1000. Deze machine was aangeschaft door de firma Roodbeen. In samenwerking met de leverancier van de bosmineralen (Kencika) werd dit produkt met een hoeveelheid van 1250 kg/ha uitgeblazen.

Ervaringen met het bemesten van bossen in het buitenland zijn vooral voorhanden in West-Duitsland. Door het Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik is een brochure uitgegeven waarin de techniek en de apparatuur voor het uitbrengen van meststoffen in bossen worden behandeld (Technik, 1985).

In West-Duitsland wordt veel met kalk bemest. Daarbij zijn twee hoofdlijnen te onderscheiden:

- Het uitbrengen van poedervormige kalk (0 - 0,09 mm) met blaaswerktuigen, of het uitbrengen van een grover gemalen, korrelige aardvochtige kalk (0 - 3 mm) met strooiwerktuigen of met helikopters. Bij de laatste toepassing wordt de nulfractie verwijderd (1 - 3 mm).

Omdat met deze werkwijzen in ons land geen enkele ervaring was opgedaan is overleg gevoerd met de Westduitse firma Peine. Dit bedrijf werkt met verschillende machines, die worden ingezet in twee bemestingssystemen:

1. Vanaf de bosweg wordt poedervormige kalk uitgeblazen met de Volvo-Peine dumper (laadvermogen 8 ton; blaasbreedte 50 m). Met een rupsvoertuig genaamd Catweazle (breedte 1,7 m; laadvermogen 2,5 ton; strooibreedte 30 m) wordt het binnengedeelte van de opstand bemest. Bij te dichte opstanden moeten dunningspaden worden aangebracht. In echt jonge beplantingen is de verspreiding beperkt. Bij 3 ton kalk per ha wordt naar opgave van de firma Peine ca. 90 ton per dag uitgebracht.
2. Inzet van een tweeschijvenstrooier, speciaal aangepast voor de bosbouw (breedte 1,7 m; laadvermogen ca. 5 ton). Deze machine verspreidt grof gemalen kalk vanaf de dunningspaden, die op een onderlinge afstand moeten liggen van ca. 20 m.

Op 25 maart 1987 is een bezoek gebracht aan de boswachterij van de gemeente Aken, waar de inzet van de Volvo-dumper en de Catweazle met de daarbij behorende logistiek is beoordeeld op bruikbaarheid in Nederland.

Door de toenemende belangstelling voor de bemestingsproblematiek in de bosbouw werden inmiddels ook door het bedrijfsleven verschillende initiatieven genomen. In april 1987 werd door de Heidemaatschappij een proef met een helikopter uitgevoerd. Door de afdeling Bedrijfsvoering van het Staatsbosbeheer zijn van deze vluchten tijdstudies gemaakt (Wanningen, 1987). De uitbrengkosten met de helikopter kwamen bij deze proef op ca. f 500 per ton. Bij verbetering van de techniek en de werkorganisatie acht Wanningen een kostprijs van f 150-250 per ton haalbaar. In deze proef werd gebruik gemaakt van de Puma, een grote helikopter met ca. 2,5 ton laadvermogen. Voor de praktijkproef

is gezocht naar een middenklasser met een laadvermogen van ca. 1 ton. Eveneens door de Heidemaatschappij zijn in juli 1987 bemestingen uitgevoerd met een pendelstrooier en een eenschijvige centrifugaalstrooier. Voor beide machines werd door Wanningen een kostprijs voor het uitbrengen van 1,5 ton meststof per ha berekend van ca. f 90 per ton. Door verbeteringen bij het laden van de meststof acht hij een prijs van ca. f 50 per ton haalbaar. Een lichte voorkeur wordt gegeven aan de centrifugaalstrooier vanwege de stabiliteit en kwaliteit van de verspreiding.

Door Bureau Oranjewoud waren initiatieven ontwikkeld om het bos met vliegtuigen te bemesten. Door dit bedrijf zijn op kleine schaal proeven genomen met het uitbrengen van gekorrelde meststoffen. Alhoewel met deze wijze van bemesten, althans met deze hoeveelheden per ha, ook in het buitenland geen ervaring is opgedaan gaven de eerste proefnemingen van Oranjewoud voldoende aanleiding om deze wijze van bemesten ook in het onderzoek te betrekken.

De beschikbare methoden voor het uitbrengen van kunstmest in bossen kunnen worden onderscheiden naar produktiviteit. Deze indeling is o.a. van belang voor de organisatorische aspecten rond de uitvoering van de bemesting. Zo kunnen worden onderscheiden:

- Methoden met een zeer lage dagproduktie van 1 tot 5 ton: handkracht en kleinere apparaten.

Bij de laatste groep gaat het om de inzet van kleine machines, zoals de Lastpakker en Honda-trike voorzien van strooiwerktuigen. Deze apparaten zijn min of meer als experiment ingezet om ook in dichte opstanden te kunnen bemesten. Deze apparatuur zou door boseigenaren zelf kunnen worden aangeschaft.

- Methoden met een dagproduktie van 15 tot 25 ton:

aanbouwapparatuur voor de landbouwtrekker, zoals genoemde pendel- en centrifugaalstrooier en de Hufgard-blazer.

Dit werk zou door een boseigenaar zelf uitgevoerd kunnen worden, maar meestal zal een loonbedrijf worden ingeschakeld.

Bij de centrifugaalstrooier is op aanraden van de STAS gekozen voor de uitvoering met twee schijven. Deze heeft een grotere werkbreedte en geeft een betere verdeling.

- Methoden met een zeer hoge dagproduktie van ca. 100 ton:

Deze methoden kunnen alleen door zeer gespecialiseerde loonbedrijven worden uitgevoerd, vanwege de benodigde investeringen, maar ook vanwege de noodzakelijke kennis. Deze groep van systemen vraagt namelijk extra aandacht voor de organisatie en logistiek rond de aanvoer van meststoffen. Het gaat hier om de inzet van grote blaasvoertuigen, de helikopter en het vliegtuig.

Op grond van bovenstaande overwegingen zijn uiteindelijk de volgende methoden in onderzoek genomen:

1. Handkracht.
2. Lastpakker met centrifugaalstrooier.
3. Honda-trike met getrokken centrifugaalstrooier.
4. Trekker met pendelstrooier.
5. Trekker met tweeschijvencentrifugaalstrooier.
6. Trekker met blaasaggregaat.
7. Volvo-dumper met blaasaggregaat in combinatie met een rupsvoertuig;  
Catweazle met blaasaggregaat.
8. Helikopter met centrifugaalstrooier.
9. Vliegtuig met venturi-strooier.

#### 4. BESCHRIJVING MESTSTOFFEN

In overleg met ir. J. van den Burg van de vakgroep Bodemkunde en Boomfysiologie van "De Dorschkamp" is voor het Werkmethodenonderzoek gekozen voor een uit onderzoekservaring in Midden-Europa en Nederland verkregen acceptabele kalkgift van drie ton dolokal per ha. Deze hoeveelheid compenseert de gemiddelde instroom in Nederland van verzurende stoffen voor ca. 10-20 jaren. Deze periode wordt aangehouden omdat het beleid ervan uitgaat dat rond de eeuwwisseling de luchtverontreiniging in belangrijke mate zal zijn teruggedrongen. Men verwacht bij deze hoeveelheid kalk niet dat er door de enigszins versnelde mineralisatie van de strooisel- en ruwe humuslaag een belangrijke toename van de uitspoeling van nitraten in het grondwater zal optreden.

Er is eveneens een mineralengift bepaald voor de elementen P, K en Mg. De werkingsduur loopt per element uiteen. Voor P wordt gedacht aan minstens één omloop, terwijl voor K en Mg de werkingsduur onzeker is, waarschijnlijk enkele jaren tot enkele tientallen jaren. Voor het Nederlandse bos op de armere gronden gelden globaal de volgende giften per element: aan fosfor gemiddeld 60 kg per ha, aan kalium 100 kg en aan magnesium 80 kg. Samengebracht in één mengmeststof (poeder) of in een blend (granulaat) wordt bij deze hoeveelheden resp. 1,25 en 1,1 ton per ha uitgebracht, waarbij de gehalten aan  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  en  $MgO$  elk ruwweg 10% bedragen.

De giften aan kalk en mineralen worden afhankelijk van de toegepaste methode in twee vormen uitgebracht, namelijk in poedervorm en in korrelvorm (granulaat). De poeder wordt gebruikt bij de blaaswerktuigen, de korrel bij de strooiwerktuigen en bij het vliegtuig en de helikopter.

In overleg met het Nederlands Meststoffeninstituut (NMI) te Den Haag is bepaald welke in Nederland gebruikte meststoffen, al of niet in een menging toegepast, geschikt zouden zijn voor de bosbouwpraktijk. Daarop zijn voor de proef specifieke meststoffen samengesteld of in Nederland geïmporteerd, die voldoen aan de bovenstaande bemestingsadviezen.

Voor kalk in korrelvorm is bewust niet de in West-Duitsland veel toegepaste grofgemalen, aardvochtige dolomietkalk (0-3 mm) gekozen. De

grovere delen van dit produkt verweren slechts zeer langzaam. Gekozen is voor een gegranuleerde dolomietkalk, Dolokorn. Deze meststof is uit West-Duitsland geïmporteerd. In Nederland is het gebruik van gegranuleerde kalk niet toegestaan. Voor het gebruik in de Peel is ontheffing verleend door de "Commissie van deskundigen inzake het Meststoffenbesluit" die is ongebracht bij het Rijkskwaliteitsinstituut voor Land- en Tuinbouwprodukten te Wageningen.

De chemische samenstelling voorzover gegarandeerd volgens de normen van het Meststoffenbesluit, van de afzonderlijke meststoffen, het gehalte aan de belangrijkste nevenelementen en de korrelgrootteverdeling (zeeffracties) worden gegeven in tabel 2.

Eveneens is het litergewicht vermeld in de tabel. Volgens een standaardmethode bepaalt men in het laboratorium het gewicht van één liter meststof. Voor korrelvormige meststoffen is dit nagenoeg gelijk aan het in de praktijk gehanteerde stortgewicht, omdat deze meststoffen na storten of laden maar weinig inklinken. Bij poedervormige meststoffen verandert het volume onder die omstandigheden door het ontwijken van lucht wel. Het stortgewicht kan 5 tot 10% toenemen en is afhankelijk van de wijze van laden (bijv. met of zonder luchtdruk) en van de mate van in trilling gebracht worden (bijv. tijdens het vervoer).

De soortelijke massa van meststoffen betreft alleen het gewicht van de droge stof. Het ligt veel hoger dan het liter- en het stortgewicht en wordt daarom in de praktijk niet gehanteerd. De soortelijke massa van de verschillende grondstoffen is natuurlijk van invloed op het litergewicht van de mengmeststof. Kiezeriet, grondstof voor magnesium, is bijvoorbeeld veel zwaarder dan kalk: magnesiumrijke meststoffen zijn relatief zwaar.

Dolomietkalk bestaat behalve uit calciumcarbonaat ook voor een kleiner gedeelte uit magnesiumcarbonaat. In de kunstmesthandel zijn dolokal met bijvoorbeeld 1, 5 of zelfs 16% MgO gangbare produkten. Bij een gift van 3 ton dolokal met 5% MgO per ha wordt al 90 kg pure magnesium uitgebracht. Bij de vliegmethoden, waar tevens een combinatie van kalk en mineralen in granulaatvorm moest worden uitgebracht, kon worden volstaan met een tweede meststof die alleen fosfor en kalium bevat. De benodigde hoeveelheid PK-meststof per ha is dan 560 kg (in de praktijk van de proef afgerond op 600 kg).



Tabel 2. Overzicht meststoffen

meststoffen*)	dolokal poeder	dolokorn granulaat	PK 0+25+25 granulaat	PKMG blend van	PKMG poeder
samenstelling	5% MgO 53 zbw (zuurbindende waarde)	16% MgO 57 zbw	26% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	granulaten 10% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	11% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (uit zacht natuurfosfaat)
			25% K <sub>2</sub> O (chloorhoudend)	9% K <sub>2</sub> O (chloorhoudend)	9% K <sub>2</sub> O (chloorhoudend)
mengselgegevens			mengsel van 580 kg triple-super 45% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 420 kg kali-60% K <sub>2</sub> O	11% MgO mengsel van 220 kg triple-super 46% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 70 kg kali-60% K <sub>2</sub> O 710 kg dolokorn-16% MgO 40 zbw	10% MgO (uit dolomiet) mengsel van 320 kg fosfaat-33% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 66 kg kali-60% K <sub>2</sub> O 640 kg dolomiet-19% MgO zbw niet bekend
litergewicht in kg/l	1,20	1,48	1,12	1,33	1,25
nevenbestanddelen in mg/kg	niet bekend	niet bekend	S - 3,1 Fe - 0,1 Si - 0,2 Na - 0,1	F - 0,2 Cd - 10 Cl <sub>2</sub> - 7 Al - - -	S - 5 Fe - 0,2 Si - 0,2 Na - - -
zeeffracties	99% onder 0,25 mm 90% onder 0,15 mm 50% onder 0,10 mm	meer dan 90% 1,5 - 3,5 mm	99% 1 - 5 mm 0,2% minder 1 mm 0,8% boven 5 mm	meer dan 90% 1 - 5 mm	64,8% onder 0,5 mm
prijs per ton excl. BTW franco werk (1987)	f 70,-	f 140,-	f 350,-	f 540,-	f 420,-

\*) De opgave van de cijfers is gebaseerd op gegevens van fabriekslaboratoria.

De opgegeven bestanddelen (zoals vermeld in het Meststoffenbesluit) worden expliciet gegarandeerd.

De combinatie van kalk en mineralen werd ook uitgebracht door de blaasmachine. Omdat een PK-meststof in poedervorm niet voorhanden was, is hier gebruik gemaakt van 1250 kg PKMg en 3000 kg kalk.

Zowel bij de vliegmethoden als bij de terreinmethoden zijn de mineralen en de kalk afzonderlijk uitgebracht. Mengmeststoffen in deze samenstelling waren niet beschikbaar. In poedervorm was dit wel aan te maken, maar gezien de beperkte omvang van de hoeveelheid is dat niet gedaan. Het mengen van de zachte kalkkorrel met de andere mineralen tot een blend geeft problemen bij het vervoer en bij uitbrengen: er ontstaat ontmenging.

## 5. VOORBEREIDENDE WERKZAAMHEDEN

Het uitbrengen van meststoffen in bossen vraagt de nodige voorbereiding. In dit hoofdstuk worden enige activiteiten besproken die nodig zijn bij de inzet van terreinmachines. De complexere organisatie bij het vliegtuig en de helikopter worden bij de onderzoekresultaten besproken.

De te bemesten percelen worden door de beheerder aangewezen. Hij zorgt er tevens voor dat het boscomplex toegankelijk is voor machines. Er moet parkeer- en opslagruimte worden geboden. Afhankelijk van de toegankelijkheid van een perceel moeten ontsluitingspaden worden uitgezet.

Op een kaart (schaal 1 : 10.000) moet per perceel de rijrichting en de hoeveelheid meststof worden aangegeven.

Containers die aan een openbare weg staan moeten 's nacht duidelijk worden gemarkeerd met lampen. Op onverharde wegen moeten containers ruim worden afgezet met lint.

De beheerder of directievoerder moet de meststoffen tijdig bestellen. De directievoerder zorgt in overleg met de leverancier voor een aanvoerschema. Er dient altijd een daghoeveelheid in voorraad te zijn.

Tijdens de uitvoering is regelmatig, bij voorkeur dagelijks, contact tussen de beheerder en de uitvoerder nodig. Controle door het beheer in het terrein is gewenst. De frequentie hiervan wordt mede bepaald door de mate van ervaring met bosarbeid van de uitvoerders.

### Extra ontsluitingsmaatregelen

Het gebruik van een trekker in het bos stelt eisen aan de opstand. De trekker moet voldoende ruimte hebben om te kunnen manoeuvreren. Indien het niet mogelijk is om in de opstand te manoeuvreren zullen er ontsluitingspaden moeten worden aangelegd. Deze moeten minimaal 2,5 m breed zijn. Naarmate de unit langer is zal de breedte van een ontsluitingspad groter moeten zijn. De afstand tussen de ontsluitingspaden moet worden afgestemd op de werkbreedte van de apparatuur waarmee wordt bemest.

Voor het onderzoek in de Peel zijn in een aantal opstanden ontsluitingspaden aangebracht. De kosten van deze werkzaamheden worden vermeld in tabel 3. Naast het vellen van een aantal bomen moest ook enige snoei plaatsvinden aan randbomen. De netto kosten per ha zijn sterk afhankelijk van het aantal te verwijderen bomen en bedroegen in de Peel minimaal f 40,- per ha oplopend tot f 325,- per ha. Met deze kosten moet bij de eindbeoordeling van de diverse methoden rekening worden gehouden.

Tabel 3. Netto kosten ontsluitingswerkzaamheden

vak	houts.	jaar v. aanleg	padlengte m <sup>1</sup> per ha	aantal gevelde bomen/ha	opsnoeien randbomen	netto kosten in gld per ha
centrifugaalstrooier						
217	DG/GD	1947	550	18	-	100
114B	CD	1954	750	56	ja	235
Hufgard-blazer						
208	CD/BE	1962	350	20	ja	150
106B	GD	1951			-	
106C	OD	1951	430	20	-	100
114E	OD	1954			-	
114F	GD	1954	475	38	ja	225
115C	CD	1954	750	63	ja	325
Catweazle						
222D	DG	1958	160	9	ja	115
232	FS	1963	290	10	ja	80
224A	CD	1963	110	6		65
210	DG	1965	160	8		65
115A	GD	1954	50	3		40

## 6. ONDERZOEKRESULTATEN

### 6.1. Handkracht

#### 6.1.1. Beschrijving werkmethode

De werkeenheid bestaat uit:

- 3 of 4 mensen
- 3 of 4 kunstmestbakken
- markeringsmateriaal
- bedrijfsauto met aanhanger.

#### Werkwijze

Zakken kunstmest van 50 kg worden met een bedrijfsauto met aanhanger van een centraal punt naar het te bemesten perceel gebracht. Vooraf is het aantal zakken per perceel berekend. De zakken worden afhankelijk van de werkwijze aan een of twee zijden van een perceel neergezet. Er kan op twee manieren worden gewerkt:

- Indien één bak over een traject van twee maal de perceelsbreedte kan worden uitgebracht kan aan één zijde van het perceel worden geladen, er wordt dan heen en weer gewerkt. De zakken worden in dit geval aan één zijde van het perceel neergezet.
- Indien de perceelsbreedte zo groot is dat over dit traject een hele bak wordt uitgebracht, moeten aan beide zijden van het perceel zakken worden neergezet, omdat aan beide zijden geladen moet worden.

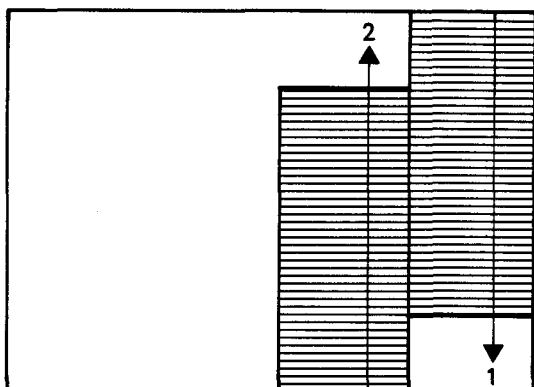
De zakken kunstmest moeten zodanig uitgezet worden dat een werkgang steeds bij een zak kunstmest eindigt. De personen die de bemesting uitvoeren lopen allen over hetzelfde werkpad. De inhoud van de zak kunstmest wordt over drie of vier personen verdeeld. Per persoon wordt dan resp. 17 of 12 kg meegenomen. Indien een zak van 50 kg wordt verdeeld over twee personen wordt het dragen van de bakken als een te zware belasting beschouwd. De kunstmest wordt per vak altijd in één richting uitgestrooid, d.w.z. als er heen met de rechterhand gestrooid wordt, dan moet bij het terugkomen met de linkerhand gestrooid worden. D.m.v. jalons (evt. voorzien van een vlag of een stuk wit plastic) wordt de eerste werkgang uitgezet. Telkens als de laatste persoon een

jalon passeert verplaatst hij deze zodanig dat de volgende werkgang gemarkeerd wordt.

#### Technische gegevens

- laadwijze : zakken van 50 kg
- laadvermogen : max. 20 kg per bak
- mestsoort : kalk, PKMg
- mestvorm : granulaat
- uit te brengen hoeveelheid : kalk 3.000 kg/ha  
: PKMg 1.100 kg/ha
- hulpmiddelen : draagbakken en jalons

#### Werkpatroon:



#### Organisatie

Specifiek voor de methode handkracht is de lage produktiviteit. Met een ploeg van vier personen wordt per dag maximaal 2 ton aan meststoffen uitgebracht. Op moeilijk begaanbare terreinen en terreinen met slecht zicht is bemesting mogelijk door vooraf m.b.v. jalons raaien uit te zetten. Een probleem bij de uitvoering in handkracht is dat het met de hand verspreiden van meststoffen niet meer wordt beheerst. Ook kunnen natte weersomstandigheden de uitvoering ernstig belemmeren.

## 6.1.2. Resultaat tijdstudies

In handkracht zijn de volgende hoeveelheden meststoffen uitgebracht:

	PKMg	kalk
gepland, ton	4,13	4,20
uitgebracht, ton	4,13	4,20
in tijdstudie, ton	3,55	4,02

Tijdstudies zijn verricht op 28, 29 en 30 oktober. Aanvankelijk verliep het strooien niet geheel vlekkeloos, vanwege de onervarenheid van de uitvoerders met het uitbrengen van mest in handkracht. Na een instructie verliep een en ander beter. De benodigde tijd voor de instructie en dergelijke zijn bij de analyse buiten beschouwing gebleven. Er is van uitgegaan dat de werkzaamheden door ervaren personen worden uitgevoerd.

Voordat met het uitbrengen van de mest kon worden begonnen, moesten de meststoffen worden opgehaald van een centraal depot. De tijd die benodigd was voor het laden van de zakken kunstmest en het transport ervan is niet opgenomen in de tijdstudie. Omdat de transportafstanden sterk kunnen variëren, is de tijd nodig voor transport moeilijk te begroten en daarom buiten beschouwing gebleven.

Volledigheidshalve zou gesteld kunnen worden dat hiermee ca. 0,5 uur per dag met twee personen gemoeid gaat.

Bij de analyse is in eerste instantie gekeken naar de elementen met een typisch cyclisch karakter, te weten laden en strooien (effectief). Van deze twee elementen is nagegaan of er mogelijk invloeden uitgaan van de variabelen ploeg grootte, mestsoort, opstandstype en terreintype.

Van het element strooien (effectief) werden significante verschillen aangetoond tussen de verschillende opstandstypen. Naarmate er meer obstakels in de opstand aanwezig waren of er sprake was van slecht toegankelijke opstanden kostte het verspreiden van de mest meer tijd. Verjongingsvlakten leveren duidelijk de minste problemen op. Bij de dichte opstanden bestaat tevens een verschil voor het terreintype.



Foto 1. Ploeggrootte van drie is optimaal.

Dichte opstanden met ontwateringssloten en -greppels kosten meer tijd dan opstanden van hetzelfde type op stuifzandterrein.

Voor het laden kwam vast te staan dat de ploeggrootte duidelijk een rol speelt. Bij een ploeg van drie personen behoeven slechts drie bakken te worden gevuld, bij een vierpersoonsploeg vier. Uit de gemiddelde tijden voor het vullen van een bak blijkt dat niet de gemiddelde massa per cyclus (50 kg) als wel het aantal bakken dat gebruikt wordt (3 of 4) bepalend is voor de gemiddelde elementtijd.

De resterende tijd voor het lossen van de zakken kunstmest langs de opstand en het uitzetten van raaien in de opstand is a-cyclisch werk. Deze tijden zijn in één element opgenomen.

De gift per ha is niet van invloed op de tijdsbesteding per ton. Er vindt geen transport tussen het laden en het strooien plaats. In tabel 4 zijn de elementtijden in minuten per ton, de standaardfout (s.e.) en het aantal waarnemingen weergegeven.



Tabel 4. Elementtijden methode handkracht

element	min./ton	s.e.	waarnemingen
- strooien (effectief)			
. open opstanden (trek. toeg.)	283,59	10,33	24
. verjongingsvlakten	169,23	5,97	24
. zeer dichte opstanden	304,07	15,42	12
. dichte opstanden met ontwateringssloten/-greppels	324,01	10,99	53
. dichte opstanden op stuifzand	266,31	6,82	12
- lossen en uitzetten	53,61	(a-cyclisch)	
- laden			
. 3 mensen	107,41	4,69	49
. 4 mensen	132,84	3,71	91

In bijlage 4 is het model, waarmee de tijd per ton voor alle terreinmethoden kan worden berekend, uitgewerkt. De uitwerking van het model voor de methode handkracht geeft de tijdsbesteding (incl. 30% algemene tijd) in totaal aantal uren per ton. In tabel 5 is de tijdsbesteding voor het verspreiden van meststoffen in handkracht weergegeven.

Tabel 5. Tijdsbesteding methode handkracht (uren/ton; inclusief 30% algemene tijd)

- 3 mensen per ploeg		
. open opstanden (trek. toegankelijk)	T = 9,63	u/ton
. dichte opstanden met ontwateringssloten en greppels	T = 10,51	
. dichte opstanden op stuifzand	T = 9,25	
. zeer dichte opstanden	T = 10,08	
. verjongingsvlakten	T = 7,16	
- 4 mensen per ploeg		
. open opstanden (trek. toegankelijk)	T = 10,18	u/ton
. dichte opstanden met ontwateringssloten en greppels	T = 11,06	
. dichte opstanden op stuifzand	T = 9,81	
. zeer dichte opstanden	T = 10,63	
. verjongingsvlakten	T = 7,71	

## 6.1.3. Kosten per ton

Om de kosten per ton te kunnen bepalen zijn uiteraard uurkosten nodig. Hiervoor is gebruik gemaakt van voorberekende tarieven (1, 2). Hierbij is rekening gehouden met 20% overhead. De kosten per uur zijn als volgt opgebouwd:

mensuur	f 40,20
handgereedschap	f 0,50
	<hr/>
totaal	f 40,70
	<hr/>

In tabel 6 zijn de kosten per ton voor het uitbrengen van meststoffen in handkracht weergegeven. Niet in beschouwing genomen zijn de transportkosten vanaf het depot naar de opstand.

Tabel 6. Kosten per ton methode handkracht

---

- 3 mensen per ploeg	
. open opstanden (trek. toegankelijk)	f 392,-/ton
. dichte opstanden met ontwateringssloten en -greppels	f 428,-
. dichte opstanden op stuifzand	f 376,-
. zeer dichte opstanden	f 410,-
. verjongingsvlakten	f 291,-
- 4 mensen per ploeg	
. open opstanden (trek. toegankelijk)	f 414,-/ton
. dichte opstanden met ontwateringssloten en -greppels	f 450,-
. dichte opstanden op stuifzand	f 399,-
. zeer dichte opstanden	f 433,-
. verjongingsvlakten	f 314,-

---

## 6.2. Lastpakker

### 6.2.1. Beschrijving werkmethode

De meststof is uitgebracht met een Lastpakker van de firma Bos-Noordwijk. De Lastpakker is een klein voertuig op rupsbanden. De bestuurder loopt voor het voertuig en kan met behulp van een hefboom met de lastpakker manoeuvreren. Het apparaat wordt in de bosbouw ook wel gebruikt voor het uitslepen van hout. Achter op dit voertuig was een eenvoudige centrifugaalstrooier gebouwd. De strooier was eigenlijk bedoeld voor het strooien van zout op fietspaden en had daarom een kleine werkbreedte. De inhoud van de bak bedroeg ca. 200 kg. De strooier werd door een op de wagen gebouwde tweetaktmotor aangedreven, waardoor er onafhankelijk van de snelheid van het voertuig werd gestrooid. Wanneer het voertuig stilstond werd dus met dezelfde snelheid doorgestrooid.

De werkbreedte wordt bepaald door het toerental van de strooi-schijf. Met behulp van een instelring is het mogelijk de doorstroom-snelheid van de meststoffen te variëren. De gift per ha wordt bepaald door de rijnsnelheid, de werkbreedte en de doorstroomsnelheid.

De werkeenheid bestaat uit:

- Lastpakker met een op de wagen gebouwde centrifugaalstrooier
- BAV-container of landbouwwagen
- chauffeur.

### Werkwijze Lastpakker

De kunstmest is tijdens de proeven op drie manieren geladen, t.w.

- vanaf een landbouwwagen
- vanuit zakken
- m.b.v. een BAV-container.

Indien de strooier wordt gevuld vanaf een landbouwwagen kan dit gedaan worden met een schop of een emmer. Bij het laden vanuit zakken wordt ook gebruik gemaakt van een landbouwwagen. Het bos wordt strooksgewijs bemest. Bij een gift van 1,1 ton per ha wordt

een maal en bij een gift van 3 ton per ha twee keer over het werkpad gereden. De rijrichting wordt m.b.v. jalons aangegeven. Vier jalons per raai zijn in het algemeen voldoende.



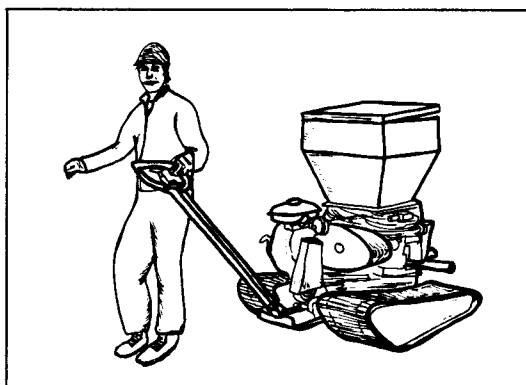
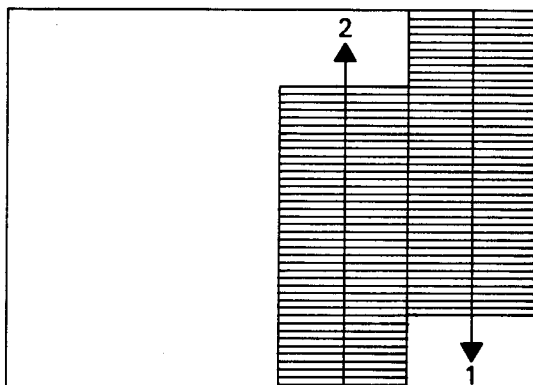
Foto 2. De Lastpakker wordt op de weegbrug gewogen.

#### Technische gegevens Lastpakker

- |                    |  |
|--------------------|--|
| - trekker:         | Lastpakker                                     |
| - machine:         | Meyer-zoutstrooier                             |
| . laadvermogen:    | 200 kg   |
| . uitbrengsysteem: | éénschijfstrooier                              |
| - laadwijze:       | landbouwwagen/plastic zakken/<br>BAV-container |
| - mestsoort:       | kalk en PKMg                                   |

- mestvorm: granulaat
- uit te brengen hoeveelheid: kalk 3.000 kg/ha  
PKMg 1.100 kg/ha
- rijsnelheid: 2,5 km/uur
- werkbreedte kalk: 2,5 m (2 maal over hetzelfde traject)
- PKMg: 3,5 m
- hulpmiddelen: jalons
- verkeersmaatregelen: afzetten BAV-container

#### Werkpatroon:



#### Werkwijze BAV-container

De BAV-container is ontwikkeld door het bedrijf Kencica. Met deze container wordt kunstmest vanaf de fabriek naar het boscomplex vervoerd.

De container heeft twee trechters die zijn opgehangen in een stalen frame. Het frame is voorzien van opklapbare poten. De machines worden geladen d.m.v. het openzetten van schuiven, waarvan er twee aan de onderzijde van elke trechter zijn gemonteerd. Deze schuiven zijn onafhankelijk bedienbaar. De standplaats van een BAV-container moet aan de volgende criteria voldoen:

- plaatsingsruimte van 30 x 8 m
- vlak terrein
- ruimte om een trekker vanaf de zijkant te laten laden.

De vrachtwagenchauffeur heeft de eindverantwoording voor het plaatsen en de geschiktheid van de locatie. Bij het plaatsen dient het beheer behulpzaam te zijn. De beheerder is tevens verantwoordelijk voor alle veiligheidsmaatregelen na plaatsing van de container. Na plaatsing is de container klaar voor gebruik.

Indien de containers gevuld zijn met poeder moeten, om verstui-ving zoveel mogelijk te beperken, de schuiven voorzien zijn van slurven. Omdat tijdens het transport het poeder in elkaar zakt tot een compacte massa moet gebruik worden gemaakt van een beluchtingsblower om de meststroom op gang te houden. Om de blower aan te drijven is een spanningsbron van 220 Volt noodzakelijk. Hiervoor kan gebruik worden gemaakt van een aggregaat. Er zijn ook containers waarbij de beluchtingsblower met behulp van een drukvat met gecompriëerde lucht wordt aangedreven.

De BAV-container is ook bij een aantal andere terreinmethoden ingezet.

Kencica-meststoffen worden in BAV-containers geleverd. De huur van BAV-containers kost f 1,50 per ton. Daarbij komen wel de vervoerskosten van het transportbedrijf.

#### Technische gegevens BAV-container

- totaal gewicht:	20.000 kg
(incl. lading)	
- netto inhoud:	2x 7.000 l
- hoogte op de poten:	4,50 m
- onderdoorrijhoogte:	2,30 m
- lengte:	5,20 m
- breedte:	2,50 m
- compartimenten:	2 stuks gescheiden
- compressor:	220 Volt
- plaatsingsruimte:	30 x 8 m
- hulpmiddelen:	8 houten schotten
	4 hangsloten
	2 slurven
	1 aggregaat

## Organisatie

De Lastpakker heeft een lage transportsnelheid. Daarom moet de bevoorrading vlakbij de te bemesten percelen plaatsvinden. Gezien de produktie van de Lastpakker zal rekening moeten worden gehouden met één BAV-container per drie dagen.

### 6.2.2. Bepaling strooibeelden

Met de Lastpakker moest 3.000 kg kalk en 1.100 kg PKMg worden uitgebracht.

Uit het enkelvoudige strooibeeld in bijlage 5 (blad 1) blijkt dat dit strooibeeld volkomen scheef is: een hoge piek links en een lage piek rechts. Dit werd veroorzaakt door de constructie van de strooier. Ook na het aanbrengen van wijzigingen werd geen beter strooibeeld verkregen. Met deze strooier moest 3.000 kg korrelkalk en 1.100 kg PKMg granulaat per ha worden uitgebracht. Zoals uit bijlage 5 (blad 2) blijkt is de kalkgift in de praktijk in één keer niet haalbaar. Het beste is nog deze gift in twee keer uit te brengen met een werkbreedte van 2,5 m. Bij deze werkbreedte is de variatiecoëfficiënt (VC) echter 17,0. De gift van 1.100 kg granulaat kan in één keer worden gestrooid bij een werkbreedte van 3,5 m. De VC is dan echter 33,7. Gezien de grote variatie in gift en VC per halve meter werkbreedte moet de werkbreedte ook nog heel nauwkeurig worden aangehouden, wat onder bosomstandigheden veelal niet kan.

### 6.2.3. Resultaat tijdstudies

Met behulp van de Lastpakker en de trike zijn de volgende hoeveelheden meststoffen uitgebracht:

	PKMg	kalk
gepland, ton	14,030	4,500
uitgebracht, ton	11,020	3,000
tijdstudie Lastpakker	4,445	0

De gemiddelde lading bij de Lastpakker bedroeg 212 kg (s.e. 6 kg) per cyclus. De tijdstudies zijn uitgevoerd op 4 en 6 november.

Er zijn geen tijdstudies verricht van de verspreiding van kalk met de Lastpakker.

Tijdens de uitvoering hebben zich een aantal technische problemen voorgedaan, die in de toekomst voorkomen kunnen worden. De unit was door de opbouw van de kunstmeststrooier instabiel geworden, waardoor de machine regelmatig, zowel zij- als achterwaarts kantelde. Voorts was het uitbrengmechanisme niet geheel storingvrij. Het oponthoud dat hierdoor veroorzaakt is, is bij de analyse buiten beschouwing gelaten.

In hoeverre de mestsoort van invloed is op de tijdsbesteding kon niet worden vastgesteld, omdat er maar van één mestsoort (PKMg) tijdstudies zijn gemaakt. Tijdens de tijdstudies is er alleen gewerkt in dichte opstanden zonder ontsluitingspaden. Hierdoor werd het werk enigszins bemoeilijkt. In eerste instantie zijn de cyclische tijds-elementen geanalyseerd. Dit zijn de elementen laden, strooien (effectief) en strooien (niet effectief).

Bij deze methode werd de machine op drie manieren geladen, te weten m.b.v. een BAV-container, uit zakken of vanaf een landbouwwagen. Tussen de verschillende laadwijzes kon geen significant verschil worden aangetoond. De laadwijze was dus niet van invloed op de tijdsbesteding. Hierbij valt het op dat het laden m.b.v. de BAV-container niet tijdbesparend werkt. Dit wordt veroorzaakt doordat, voordat er geladen kan worden, er eerst met de Lastpakker gemanoeuvreerd moet worden. De laadopening van de strooier is namelijk zo klein dat deze zich exact onder de laadopening van de BAV-container moet bevinden.

Bij het strooien (effectief) bestaat er verschil tussen het terreintype "terrein met ontwateringssloten en -greppels" en het terreintype "stuifzandterrein". Het terreintype bleek niet van invloed te zijn op het manoeuvreren in de opstand (strooien - niet effectief).



Het transport is verdeeld in vier soorten (nl. combinaties van transport belast of onbelast, en transport over de bosweg of in de opstand). Hieruit zijn twee groepen samengesteld, nl. transport over de bosweg en transport in de opstand (in beide gevallen zowel belast als onbelast). In tabel 7 zijn de gemeten transportafstanden vermeld.

Tabel 7. Transportafstanden per cyclus (belast en onbelast) methode Lastpakker in m

element	min.	max.	s.e.	gemiddeld
over bosweg	0	770	45	132
in opstand	0	240	13	48

Aan de hand van de gemiddelde transportafstand, de gemiddelde tijd per kilometer en de uitgebrachte hoeveelheid meststof is de transporttijd per ton meststof bepaald.

In tabel 8 zijn de elementtijden in minuten per ton, de standaardfout (s.e.) en het aantal waarnemingen weergegeven.

Tabel 8. Elementtijden methode Lastpakker

element	min./ton	s.e.	waarnemingen
- strooien (effectief)			
. terrein met ontwaterings- sloten/-greppels	19,26	1,09	16
. stuifzandterrein	12,76	1,29	5
- strooien (niet effectief)	17,80	1,85	21
- laden	18,36	1,27	21
- transport			
. laadplaats - opstand	0,16273 * C1		
. in de opstand	0,15998 * C2		

C1 = gemiddelde (enkele) afstand (m) tussen laadplaats en de opstand.

C2 = gemiddelde transportafstand (m) in de opstand.

Na invulling van bovenstaande elementtijden in het model van bijlage 4 worden de volgende formules verkregen.

Formule: Lastpakker (tijd in uren/ton)

Terrein met ontwateringssloten

en -greppels:  $T = 1,293 + 0,003808 * C1 + 0,003733 * C2$

Stuifzandterrein:  $T = 1,142 + 0,003808 * C1 + 0,003733 * C2$

Een uitwerking van deze formule wordt gegeven in de tabellen 9 en 10. Hierbij zijn de afstanden C1 en C2 als ingang genomen.

Tabel 9. Tijdsbesteding methode Lastpakker  
Terrein met ontwateringssloten/-greppels  
PKMg: 1,1 ton/ha  
(uren/ton; incl. 40% AT)

C1 m		0	25	50	75	100	150	200
C2 m	0	1,29	1,39	1,48	1,58	1,67	1,86	2,05
	25	1,39	1,48	1,58	1,67	1,77	1,96	2,15
	50	1,47	1,57	1,66	1,76	1,85	2,04	2,23
	75	1,57	1,67	1,76	1,86	1,95	2,14	2,33
	100	1,67	1,76	1,86	1,95	2,05	2,24	2,43

C1 = gemiddelde (enkele) afstand (m) tussen laadplaats en de opstand

C2 = gemiddelde rijafstand (m) in de opstand

Tabel 10. Tijdsbesteding methode Lastpakker  
Stuifzandterrein  
PKMg: 1,1 ton/ha  
(uren/ton; incl. 40% AT)

C1 m		0	25	50	75	100	150	200
C2 m	0	1,14	1,24	1,33	1,43	1,52	1,71	1,90
	25	1,23	1,33	1,43	1,52	1,62	1,81	2,00
	50	1,32	1,42	1,51	1,61	1,70	1,89	2,08
	75	1,42	1,52	1,61	1,71	1,80	1,99	2,18
	100	1,51	1,61	1,71	1,80	1,90	2,09	2,28

C1 = gemiddelde (enkele) afstand (m) tussen laadplaats en de opstand.

C2 = gemiddelde rijafstand (m) in de opstand.

## 6.2.4. Kosten per ton

Voor het berekenen van de kosten per ton moeten de kosten van de bedieningspersoon, de Lastpakker en de kunstmeststrooier in rekening worden gebracht. Het uurtarief (incl. 20% overhead) van de unit is als volgt opgebouwd:

mensuur	f 40,20
Lastpakker	10,30
kunstmeststrooier	10,00
	<hr/>
totaal	f 60,50
	<hr/>

In tabel 11 zijn de kosten uitgewerkt. Daarbij is de gemiddelde transportafstand in de opstand gehouden op 50 m (zie bijlage 6).

Tabel 11. Kosten methode Lastpakker  
PKMg 1,1 ton/ha

terreintype	afstand laadplaats tot opstand (m)	tijd/ton	kosten/ton
<b>stuifzandterrein</b>			
	0 m	1,32 u/ton	80,-/ton
	50	1,51	91,-
	100	1,70	103,-
	150	1,89	114,-
	200	2,08	126,-
<b>terrein met ontwateringssloten en -greppels</b>			
	0 m	1,47 u/ton	89,-/ton
	50	1,66	101,-
	100	1,85	112,-
	150	2,04	124,-
	200	2,23	135,-

## 6.2.5. Controle op kwaliteit verspreiding

Bij de Lastpakker zijn twee controles uitgevoerd. Voor kalk in vak 128 en voor PKMg in vak 141c. De resultaten van de metingen met de gewichten per bak staan vermeld in bijlage 7. In tabel 12 worden de kengetallen gepresenteerd.

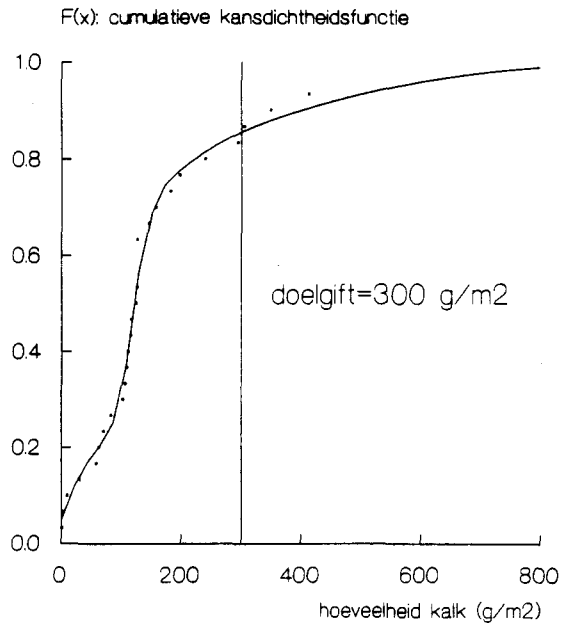
Tabel 12. Kengetallen controlemetingen Lastpakker

	<u>kalk</u>	<u>PKMg</u>
gemiddeld, g/bak	51,8	22,8
standaardafwijking	67,8	21,9
variatiecoëfficiënt	131,0	95,9
minimum, g/bak	0,3	0
maximum, g/bak	312,8	97,6
<hr/>		
doelgift, g/bak	75,0	27,5

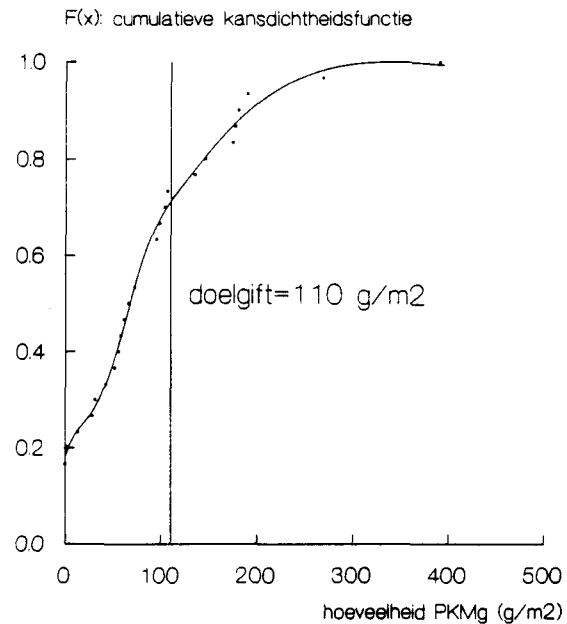
Wat de hoeveelheid meststof per ha betreft realiseerde de Lastpakker voor kalk 70% en voor PKMg 80% van de doelgift.

De variatiecoëfficiënt, de maat voor de kwaliteit van de verdeling, is zeer hoog, nl. 131 voor kalk en 96 voor PKMg. Op enige plaatsen werd ca. vier maal de doelgift gemeten. Dit werd veroorzaakt, doordat de strooier op de Lastpakker bij langzaam rijden, stoppen of keren met dezelfde snelheid blijft strooien.

Met behulp van de meetgegevens is de cumulatieve kansdichtheidsfunctie  $F(x)$  samengesteld. Voor kalk en PKMg wordt deze functie weergegeven in de figuren 1 en 2. Bij het uitbrengen van kalk is er een kans van ruim 80% dat er minder meststof ligt dan de doelgift. Voor PKMg is deze kans 70%.



Figuur 1. Lastpakker (kalk)



Figuur 2. Lastpakker (PKMg)

### 6.3. Trike

#### 6.3.1. Beschrijving werkmethode

Een trike is een driewielig motorvoertuig met brede banden voor terreinomstandigheden. Een trike wordt ook wel een ATV (All Terrain Vehicle) genoemd. Het voertuig fungeerde als trekker voor een Lely-éénschijfcentrifugaalstrooier, uitgevoerd als aanhanger. De strooier wordt direct aangedreven door middel van de wielen van de strooier. De draaisnelheid van de schijf wordt dus bepaald door de rijsnelheid. De werkbreedte wordt bepaald door het toerental van de schijf. De gift per ha wordt bepaald door het instellen van de doorstroomsnelheid volgens een zogenaamde strooitabel, de rijsnelheid en de afstand tussen de banen.



Foto 3. De Honda-trike met getrokken centrifugaalstrooier.

De werkeenheid bestaat uit:

- trike
- getrokken centrifugaalstrooier
- BAV-container of landbouwwagen
- chauffeur.

Werkwijze

De kunstmest is tijdens de proeven op drie manieren geladen, t.w.

- vanaf een landbouwwagen
- vanuit zakken
- m.b.v. een BAV-container (voor beschrijving zie 6.2.1.)

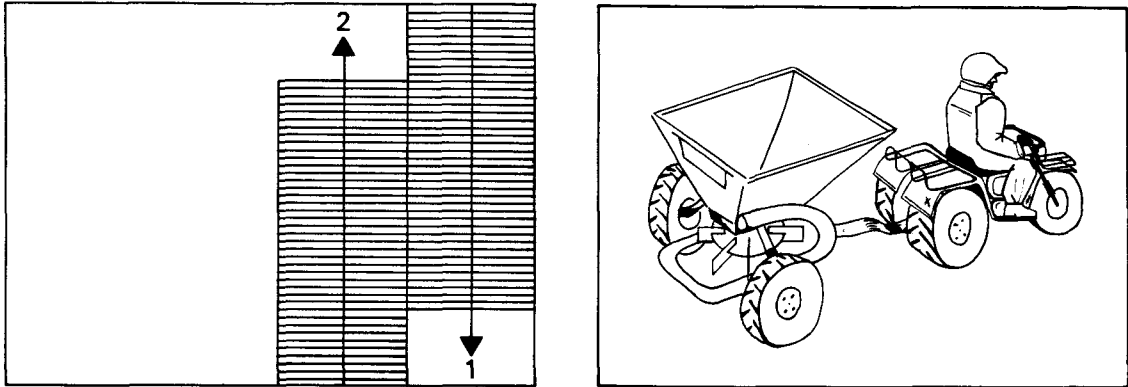
Indien de strooier wordt gevuld vanaf een landbouwwagen kan dit gedaan worden met een schop of een plastic emmer. Bij het laden uit zakken wordt ook gebruik gemaakt van een landbouwwagen. De strooier mag voor maximaal 50% worden gevuld, omdat de trike de strooier anders niet door het terrein kan trekken. Het bos wordt strooksgewijs bemest.

Bij een gift van 1,1 ton per ha wordt een maal en bij een gift van 3 ton per ha twee keer over het werkpad gereden. De rijrichting wordt m.b.v. jalons aangegeven. Vier jalons per raai zijn in het algemeen voldoende.

#### Technische gegevens

- trekker: Honda-trike terreinmotor
- machine: Lely-centrifugaalstrooier
  - . type: W 23202
  - . laadvermogen: 350 kg
  - . uitbrengsysteem: dubbelzijdig, éénschijfstrooier
- laadwijze: BAV-container  
landbouwwagen  
plastic zakken
- mestsoort: kalk en PKMg
- mestvorm: granulaat
- uit te brengen hoeveelheid: kalk 3.000 kg/ha  
PKMg 1.100 kg/ha
- rijsnelheid: 5,5 km/uur
- werkbreedte      kalk: 4,5 m (2 maal dezelfde  
strook bemesten)
- PKMg: 6 m
- hulpmiddelen: jalons
- verkeersmaatregelen: afzetten container

Werkpatroon:



### Organisatie

De bestuurder van de trike heeft een kwetsbare werkhouding en -positie. Een helm en goede werkkleding zijn nodig als bescherming tegen bomen en laag hangende takken.

Gezien de produktie van de trike dient er eens per drie dagen een BAV-container beschikbaar te zijn.

Het is van belang dat de te bemesten percelen goed toegankelijk zijn voor de trike. De breedte van de strooier bedroeg 1,65 m. In geaccidenteerd terrein is de trekkracht van de trike onvoldoende.

#### 6.3.2. Bepaling strooibeelden

Uit het enkelvoudige strooibeeld in bijlage 5 (blad 3) blijkt dat dit strooibeeld scheef is, een hoge piek links en een lage piek rechts. Met deze strooier moest 3.000 kg korrelkalk en 1.100 kg PKMg granulaat per ha worden uitgebracht. Zoals uit bijlage 5 (blad 4) blijkt is de kalkgift in de praktijk in één keer niet haalbaar. Het beste is twee keer 1.500 kg bij een werkbreedte van 4,5 m te strooien. De VC is dan zeer goed, namelijk 6,7. De gift van 1.100 kg granulaat kan in één keer worden gestrooid bij een werkbreedte van 6 m en heeft dan een VC van 14,3 bij rondstrooien en 11,4 bij heen en weer strooien. Gezien de grote variatie in gift per halve meter werkbreedte moet de werkbreedte nauwkeurig worden aangehouden, wat onder bosomstandigheden moeilijk haalbaar is.



## 6.3.3. Resultaat tijdstudies

Met behulp van de trike en de Lastpakker zijn de volgende hoeveelheden meststoffen uitgebracht:

	PKMg	Kalk
Gepland, ton	14,030	4,500
Uitgebracht, ton	11,020	3,000
Tijdstudie trike, ton	1,895	1,005

Tijdstudies zijn op 2, 3 en 4 november verricht. De gemiddelde lading per cyclus bedroeg voor PKMg 158 kg (s.e. 3 kg) en voor kalk 168 kg (s.e. 4 kg). Van beide mestsoorten konden helaas maar een beperkt aantal cycli worden opgenomen (PKMg, kalk: 12 resp. 6 opnamen). De elementen zijn op vergelijkbare wijze als bij de Lastpakker geanalyseerd. De volgende invloedsfactoren zijn onderzocht:

## Invloedsfactor

- laadwijze                   BAV-container  
                                  uit zakken  
                                  landbouwwagen
- mestsoort                   PKMg  
                                  kalk
- terreintype                vlak terrein  
                                  terrein met ontwateringssloten en  
                                  -greppels
- opstandstype              open opstanden, toegankelijk voor een trekker  
                                  verjongingsvlakten  
                                  dichte opstanden

Bij het laden van de kunstmeststrooier is er een significant verschil geconstateerd tussen het laden m.b.v. een BAV-container en de overige laadwijzes (zakken/landbouwwagen). Bij het strooien (zowel effectief als niet effectief) zijn geen relevante verschillen aangetoond. Het transport is op identieke wijze als bij de Lastpakker verwerkt. In tabel 13 is een karakteristiek gegeven van de gemeten transportafstanden bij de trike.

Tabel 13. Transportafstanden per cyclus (belast en onbelast) (m)  
methode trike

	min.	max.	s.e.	gemiddeld
over bosweg	140	1340	106	524
in opstand	0	90	6	9

Ook hier is een transporttijd per ton bepaald aan de hand van de gemiddelde transportafstand, de gemiddelde tijd per rijafstand en de uitgebrachte hoeveelheid meststof. In tabel 14 is een overzicht gegeven van de elementtijden in minuten per ton, de standaardfout (s.e.) en het aantal waarnemingen.

Tabel 14. Elementtijden methode trike

element	min./ton	s.e.	waarnemingen
- strooien (effectief)	32,94	2,39	18
- strooien (niet effectief)	10,71	1,59	18
- laden			
. m.b.v. BAV-container	7,32	1,83	6
. uit zakken of vanaf landbouwwagen	13,69	0,84	12
- transport			
. laadplaats - opstand	0,055 * C1		
. in de opstand	0,126 * C2		

C1 = gemiddelde (enkele) afstand (m) tussen laadplaats en de opstand.

C2 = gemiddelde rijafstand (m) in de opstand.

Na invulling van bovenstaande elementtijden in het model van bijlage 4 worden de volgende formules verkregen.

Formule: trike (T = tijd in uren/ton)

Laadwijze BAV:  $T = 1,189 + 0,001284 * C1 + 0,002940 * C2$

Laadwijze overige:  $T = 1,338 + 0,001284 * C1 + 0,002940 * C2$

Een uitwerking van deze formules staat vermeld in de tabellen 15 en 16.

Tabel 15. Tijdsbesteding methode trike  
Laden m.b.v. BAV-container  
(uren/ton; incl. 40% AT)

C1	m	0	100	200	250	500	750	1.000	
C2	m	0	1,19	1,32	1,45	1,51	1,83	2,15	2,47
		25	1,26	1,39	1,52	1,58	1,90	2,23	2,55
		50	1,34	1,46	1,59	1,66	1,98	2,30	2,62
		75	1,41	1,54	1,67	1,73	2,05	2,37	2,69
		100	1,48	1,61	1,74	1,80	2,12	2,45	2,77

Tabel 16. Tijdsbesteding methode trike  
Laden m.b.v. landbouwwagen of zakken  
(uren/ton; incl. 40% AT)

C1		0	100	200	250	500	750	1.000
C2	0	1,34	1,47	1,59	1,66	1,98	2,30	2,62
	25	1,40	1,53	1,66	1,72	2,04	2,36	2,69
	50	1,47	1,59	1,72	1,79	2,11	2,43	2,75
	75	1,53	1,66	1,79	1,85	2,17	2,49	2,81
	100	1,59	1,72	1,85	1,91	2,23	2,56	2,88

C1 = gemiddelde (enkele) afstand (m) tussen laadplaats en de opstand.

C2 = gemiddelde rijafstand (m) in de opstand.

## 6.3.4. Kosten per ton

Het uurtarief (incl. 20% overhead) van de unit is als volgt opgebouwd.

mensuur	f 40,20
trike	7,20
kunstmeststrooier	5,20
	<hr/>
totaal	f 52,60
	<hr/>

Hierbij zijn de transportkosten tussen een opslagdepot en de laadplek in het te bemesten object buiten beschouwing gebleven. In tabel 17 zijn de kosten uitgewerkt. Daarbij is een transportafstand van 50 m in het bos aangehouden (zie bijlage 6).

Tabel 17. Kosten methode trike  
PKMg (1,1 ton/ha) of kalk (3,0 ton/ha)

laadwijze	afstand laadplaats tot opstand (m)	tijd/ton		kosten/ton
BAV-container				
	0 m	1,34	u/ton	70,-/ton
	100	1,46		77,-
	200	1,59		84,-
	300	1,72		91,-
uit plastic zakken of vanaf landbouwwagen				
	0 m	1,47	u/ton	77,-/ton
	100	1,59		84,-
	200	1,72		91,-
	300	1,85		97,-

## 6.3.5. Controle op kwaliteit verspreiding

Ook bij de trike zijn twee controlemetingen verricht in dezelfde vakken als met de Lastpakker. De gewichten per bak staan vermeld in bijlage 7. In tabel 18 worden de kengetallen gepresenteerd.

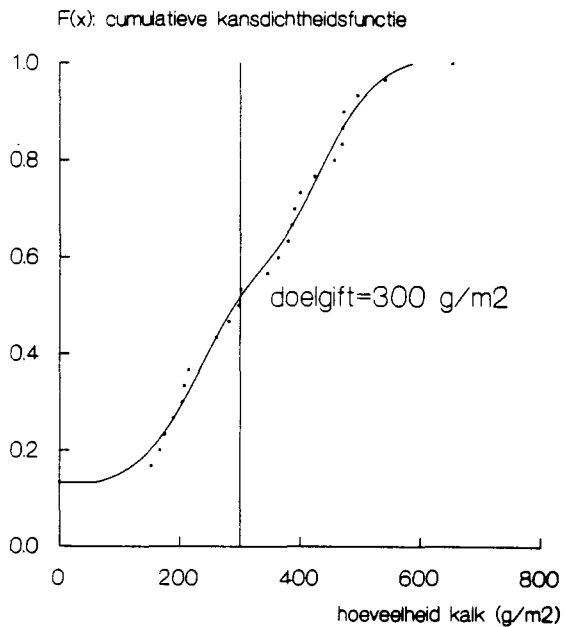
Tabel 18. Kengetallen controlemetingen trike

	<u>kalk</u>	<u>PKMg</u>
gemiddeld, g/bak	74,7	19,5
standaardafwijking	41,9	14,5
variatiecoëfficiënt	56,1	74,2
minimum, g/bak	0	1,9
maximum, g/bak	163,3	61,3
doelgift, g/bak	75,0	27,5

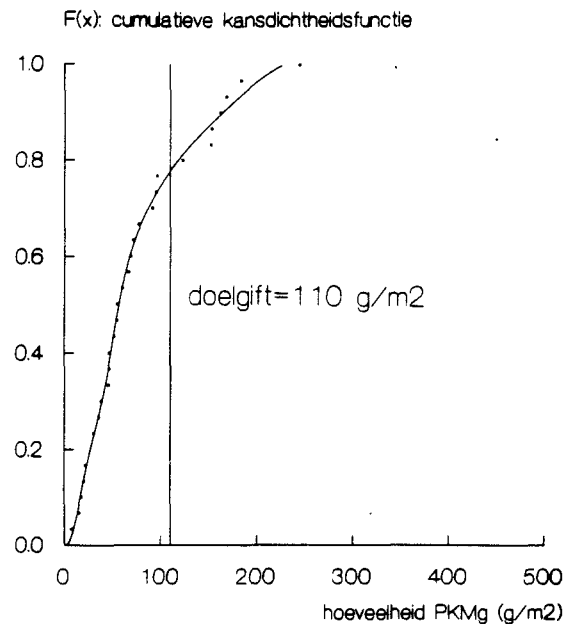
De gemiddelde hoeveelheid kalk stemt precies overeen met de doelgift. Bij PKMg werd 70% van de doelgift gerealiseerd.

De kalk werd beter verspreid dan de PKMg: de variatiecoëfficiënt was voor kalk 36 en voor PKMg 74. Opvallend is dat in vier bakken geen kalk werd gemeten. Dit kan waarschijnlijk worden verklaard door moeilijke terreinomstandigheden. De Lely-strooier komt dan met het frame op de grond, waardoor de wielen niet meer draaien en er dus niet wordt gestrooid. Een andere complicerende factor was dat de trike een naar verhouding hoge rijsnelheid nodig heeft om tot een acceptabele werkbreedte te komen. Door de terreinomstandigheden wisselde de rijsnelheid en daarmee ook de strooibreedte sterk.

De cumulatieve kansdichtheidsfunctie  $F(x)$  wordt voor kalk en PKMg weergegeven in de figuren 3 en 4. Bij het uitbrengen van kalk met de Honda is de kans dat er minder meststof ligt dan de doelgift 50%. Voor PKMg is deze kans 80%.



Figuur 3. Honda (kalk)



Figuur 4. Honda (PKMg)

## 6.4. Trekker met tweeschijvencentrifugaalstrooier

### 6.4.1. Beschrijving werkmethode

Voor dit onderdeel is gebruik gemaakt van de Amazone-centrifugaalstrooier model ZAU 1001 met een bakinhoud van 1.000 kg. Dit is in de landbouw een zeer gangbaar type kunstmeststrooier. De strooier was gemonteerd in de hefinrichting van een vierwielaangedreven trekker. De strooier werd aangedreven door de aftakas van de trekker. Om problemen met obstakels zoveel mogelijk te beperken werd de bak smaller gemaakt, zodat de breedte van de bak (180 cm) kleiner was dan die van de trekker (200 cm).

De doorstroomsnelheid van de kunstmest is door middel van een klep instelbaar. De werkbreedte wordt bepaald door de hoogte-instelling van de hefinrichting en het toerental van de aftakas. De gift per ha wordt bepaald door de doorstroomsnelheid, de werkbreedte en de rij-snelheid.



Foto 4. De Amazone-tweeschijvencentrifugaalstrooier.

De werkeenheid bestaat uit:

- trekker met een aanbouw-kunstmeststrooier
- BAV-container (voor beschrijving zie 6.2.1.)
- chauffeur.

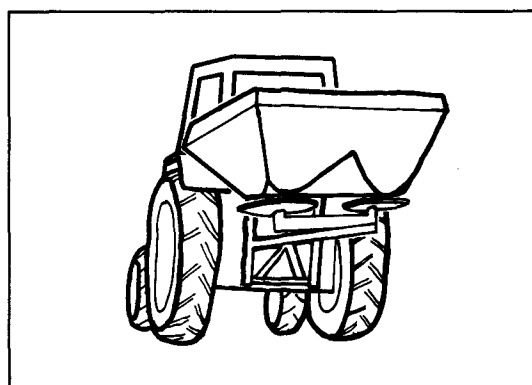
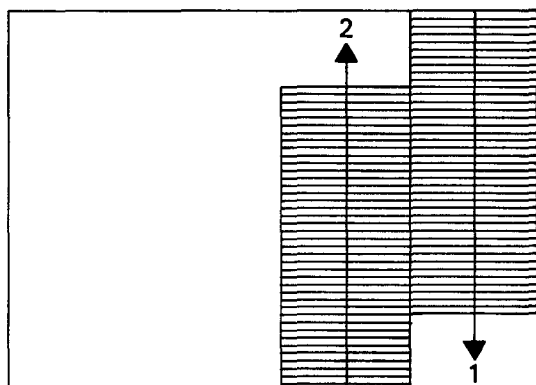
#### Werkwijze

Bij het depot wordt de kunstmeststrooier onder de BAV-container gereden. De chauffeur vult de kunstmeststrooier door de klep van de container te openen. Na het vullen rijdt de trekker naar het te bemesten perceel. Het bos wordt strooksgewijs bemest. Indien er geen duidelijke paden door het perceel liggen wordt de rijrichting aangegeven met behulp van jalons. De jalons worden door de chauffeur per rit verzet.

## Technische gegevens

- trekker : vierwielaangedreven trekker  
65-75 kW
- machine : centrifugaalstrooier
  - . type : Amazone ZAU 1001
  - . laadvermogen : 1.100 kg
  - . uitbrengsysteem : dubbel-/enkelzijdig, tweeschijven  
strooier
- laadwijze : BAV-container
- mestsoort : kalk en PKMg
- mestvorm : granulaat
- uit te brengen hoeveelheid : kalk 3.000 kg/ha  
: PKMg 1.100 kg/ha
- rijsnelheid : 4,5 km/uur
- werkbreedte       kalk : 15 en 24 m  
                          PKMg : 15 en 24 m
- hulpmiddelen : jalons
- verkeersmaatregelen : afzetten container

## Werkpatroon:



## Organisatie

Het gebruik van een trekker in het bos stelt eisen aan de opstand. De trekker moet voldoende ruimte hebben om te kunnen manoeu-



vreren. Indien het niet mogelijk is om in de opstand te manoeuvreren zullen er ontsluitingspaden moeten worden aangelegd. Deze moeten minimaal 2,5 m breed zijn. Naarmate de unit langer is zal de breedte van een ontsluitingspad groter moeten zijn. In jonge en dichte opstanden op rabatten, waarbij niet over de beplanting heen kan worden gereden, is toepassing van trekkers niet mogelijk.

Voor de aanvoer van meststoffen dient, bij een goede ontsluiting, rekening gehouden te worden met een dagproduktie van 30 ton kalk en 20 ton PKMg. Dit houdt in dat er gemiddeld twee BAV-containers per dag beschikbaar moeten zijn.

#### 6.4.2. Bepaling strooibeelden

Met de centrifugaalstrooier moest 3.000 kg korrelkalk per ha en 1.100 kg PKMg granulaat per ha worden gestrooid. Bovendien was gevraagd dit bij werkbreedtes van 15 en 24 m te doen in verband met de aangebrachte ontsluiting in een aantal dichte opstanden. In enkele gevallen is hier het samengestelde strooibeeld bepaald omdat voor een totaal enkelvoudig strooibeeld te veel bakken nodig waren. Bijlage 5 (blad 11) geeft het samengestelde strooibeeld van 1.080 kg korrelkalk (PKMg-granulaat was niet beschikbaar) bij een werkbreedte van 15 m, wat volgens bijlage 5 (blad 12) een VC van 14,2 oplevert. Bijlage 5 (blad 13) geeft het halve enkelvoudige strooibeeld van 3.000 kg korrelkalk. Uit bijlage 5 (blad 14) blijkt dat bij een werkbreedte van 15 m de gift 3.274 kg per ha is bij een VC van 12,3. De gift kan nauwkeurig worden benaderd bij 16,5 m werkbreedte, maar de VC loopt dan op tot 20,7.

In bijlage 5 (blad 15) is het samengestelde strooibeeld weergegeven van 1.100 kg korrelkalk bij een werkbreedte van 24 m, wat volgens bijlage 5 (blad 16) een VC geeft van 12,7. Bijlage 5 (blad 17) geeft weer het halve enkelvoudige strooibeeld van 3.000 kg korrelkalk. Uit bijlage 5 (blad 18) blijkt dat bij een werkbreedte van 24 m en een VC van 13,2 de gift niet helemaal wordt bereikt, namelijk 2.810 kg. De juiste gift wordt bereikt bij een werkbreedte van 22,5 m waarbij de VC oploopt naar 15,8.

Uit het voorgaande blijkt dat met deze strooier de gevraagde giften bij de gevraagde werkbreedtes goed in één keer kunnen worden uitgebracht. Ook blijkt dat de verschillen in gift en VC per halve meter werkbreedte niet sterk verschillen. Men hoeft dus niet zo nauwkeurig de juiste werkbreedte aan te houden, wat onder bosomstandigheden grote voordelen geeft. Ook kunnen de grote giften bij een grote werkbreedte tot 27 m worden gestrooid.

#### 6.4.3. Resultaat tijdstudies

Met behulp van de trekker en de tweeschijvencentrifugaalstrooier zijn de volgende hoeveelheden kunstmest verspreid:

(kg)	PKMg	kalk
gepland, ton	12,770	59,400
uitgebracht, ton	12,770	59,400
in tijdstudie, ton	12,770	45,560

De gemiddelde lading per cyclus was per mestsoort verschillend:

- PKMg            1.016 kg (s.e. 47 kg)
- kalk            949 kg (s.e. 19 kg).

De tijdstudies zijn verricht op 6, 10, 11, 12 en 13 november.

Voor de elementen strooien (effectief en niet effectief) en laden zijn de volgende invloedsfactoren onderzocht:

## Invloedsfactor

- mestsoort                   PKMg  
                                  kalk
  
- terreintype                vlak terrein  
                                  terrein met ontwateringssloten en  
                                  -greppels  
                                  stuifzandterrein
  
- opstandstype              open opstanden, toegankelijk voor een trekker  
                                  opstanden met coulissen  
                                  dichte opstanden met ontsluitingspaden  
                                  verjongingsvlakten

Bij deze drie cyclische elementen is vastgesteld dat alleen de mestsoort (gift/ha) invloed heeft op de tijdsbesteding. De transportafstanden tijdens de cyclus zijn weergegeven in tabel 19.

Tabel 19. Transportafstanden per cyclus (belast en onbelast) (m) methode centrifugaalstrooier

	min.	max.	s.e.	gemiddeld
over bosweg	12	2575	76	629
in opstand	0	310	10	69

Een aantal opstanden waren dermate ver van de laadplaats verwijderd dat de transportafstanden in die gevallen extreem hoog zijn. Deze waarnemingen zijn bij verdere calculaties achterwege gelaten. De gemiddelde transportafstand over de bosweg bedroeg 315 m (s.e.: 26 m). Aan de hand van de gemiddelde transportafstand, de gemiddelde tijdsbesteding per lengte-eenheid en de uitgebrachte hoeveelheid meststof is de transporttijd per ton meststof bepaald. In tabel 20 zijn de elementtijden (min./ton), de standaardfout (s.e.: min./ton) en het aantal waarnemingen vermeld.

Tabel 20. Elementtijden methode centrifugaalstrooier

element	min./ton	s.e.	waarnemingen
- strooien (effectief)			
. PKMg (1,1 ton/ha)	10,71	0,68	14
. kalk (3,0 ton/ha)	4,92	0,14	43
- strooien (niet effectief)			
. PKMg (1,1 ton/ha)	3,15	0,52	14
. kalk (3,0 ton/ha)	1,90	0,28	48
- laden			
. PKMg (1,1 ton/ha)	3,22	0,29	11
. kalk (3,0 ton/ha)	2,20	0,14	47
- transport			
. laadplaats - opstand	0,00596 * C1		
. in de opstand	0,01300 * C2		

C1 = gemiddelde (enkele) afstand (m) tussen laadplaats en de opstand  
 C2 = gemiddelde rijafstand (m) in de opstand.

Na invulling van de bovenstaande elementtijden in het model van bijlage 4 worden de volgende formules verkregen.

Formule: Centrifugaalstrooier (T = tijd in uren/ton)

PKMg (1,1 ton/ha):  $T = 0,399 + 0,0002717 * C1 + 0,0003034 * C2$

kalk (3,0 ton/ha):  $T = 0,210 + 0,0002717 * C1 + 0,0003034 * C2$

Een uitwerking van deze formule treft u aan in de tabellen 21 en 22. Hierbij zijn de afstanden C1 en C2 als ingang aangegeven.

Tabel 21. Tijdsbesteding methode centrifugaalstrooier  
PKMg 1,1 ton/ha  
(uren/ton; incl. 40% AT)

C1		0	100	250	500	750	1.000	2.000
C2	0	0,40	0,43	0,47	0,54	0,61	0,68	0,95
	25	0,41	0,43	0,48	0,55	0,61	0,68	0,96
	50	0,41	0,44	0,48	0,55	0,62	0,69	0,97
	75	0,42	0,45	0,49	0,56	0,63	0,70	0,98
	100	0,43	0,46	0,50	0,57	0,64	0,71	0,99

C1 = gemiddelde (enkele) afstand (m) tussen laadplaats en de opstand.  
C2 = gemiddelde rijafstand (m) in de opstand.

Tabel 22. Tijdsbesteding methode centrifugaalstrooier  
Kalk 3.0 ton/ha  
(uren/ton; incl. 40% AT)

C1		0	100	250	500	750	1.000	2.000
C2	0	0,22	0,24	0,28	0,35	0,42	0,49	0,77
	25	0,22	0,25	0,29	0,36	0,43	0,50	0,78
	50	0,23	0,26	0,30	0,37	0,44	0,51	0,79
	75	0,24	0,27	0,31	0,38	0,45	0,52	0,79
	100	0,25	0,27	0,32	0,38	0,45	0,52	0,80

C1 = gemiddelde (enkele) afstand (m) tussen laadplaats en de opstand.  
C2 = gemiddelde rijafstand (m) in de opstand.

#### 6.4.4. Kosten per ton

Voor het berekenen van de kosten per ton moeten de kosten van de bestuurder, de trekker en de kunstmeststrooier in rekening worden gebracht. De uurtarieven (incl. 20% overhead) van de unit zijn:

mensuur	f	40,20
trekker		35,40
kunstmeststrooier		8,00
		<hr/>
totaal	f	83,60
		<hr/>

In tabel 23 zijn de kosten uitgewerkt. Daarbij is een rijafstand in het bos van 50 m aangehouden (zie bijlage 6).

Tabel 23. Kosten per ton methode centrifugaalstrooier

mestsoort	afstand laadplaats tot opstand (m)	tijd/ton	kosten/ton
PKMg (1,1 ton/ha) 1)			
	0 m	0,41 u/ton	36,-/ton
	250	0,48	40,-
	500	0,55	46,-
	750	0,62	52,-
	1.000	0,69	58,-
kalk (3,0 ton/ha) 2)			
	0 m	0,23 u/ton	18,-/ton
	250	0,30	25,-
	500	0,37	31,-
	750	0,44	37,-
	1.000	0,51	43,-

1) Toeslag bij slecht toegankelijke opstanden max. 10%.

2) Toeslag bij slecht toegankelijke opstanden max. 15%.

Onder slecht toegankelijk wordt hier verstaan dat de opstand onvoldoende is ontsloten of dat er belemmeringen zijn in de vorm van sloten of veel ondergroei. De toeslagfactoren zijn berekend in bijlage 8.

#### 6.4.5. Controle op kwaliteit verspreiding

Bij de centrifugaalstrooier zijn drie controles op de verspreiding uitgevoerd. Eén met kalk in vak 219b (door omstandigheden slechts 12 waarnemingen), één met kalk in een opstand met coulissen (vak 224-d-3) en één met PKMg in vak 222a.

De gewichten aan meststof per bak staan in bijlage 7. De kenggetallen werden gepresenteerd in tabel 24.

Tabel 24. Kengetallen controlemetingen centrifugaalstrooier

	<u>kalk*</u> )	<u>kalk**</u> )	<u>PKMg</u>
gemiddeld, g/bak	70,6	53,9	22,1
standaardafwijking	20,3	43,6	18,9
variatiecoëfficiënt	28,7	80,9	85,7
minimum, g/bak	33,8	12,4	2,4
maximum, g/bak	101,8	198,6	85,4
doelgift, g/bak	75,0	75,0	27,5

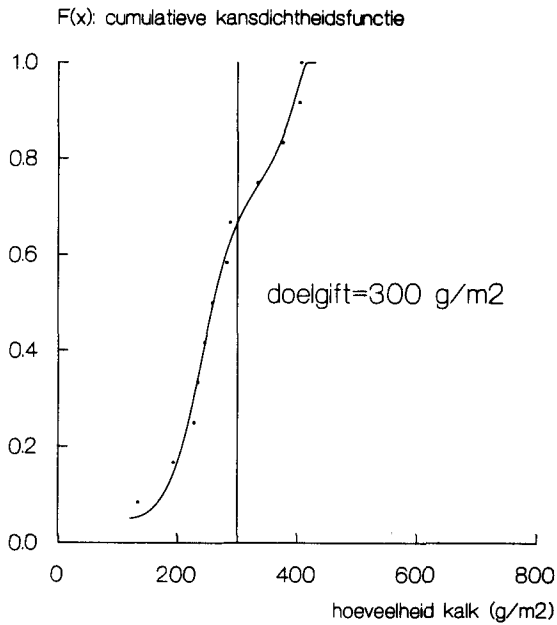
\*) 12 waarnemingen i.p.v. 30

\*\*\*) in opstand met coulissen

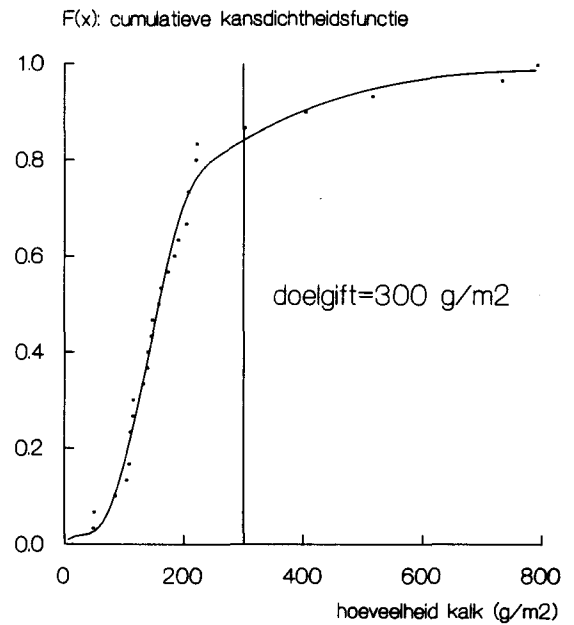
In de open opstanden werd 80% (PKMg) en 94% (kalk) van de doelgift uitgebracht. In het vak met coulissen werd 70% van de gewenste hoeveelheid kalk gemeten. In dit vak waren de omstandigheden zeer gecompliceerd: stroken vijfjarige Corsicaanse den wisselden af met stroken van vijftienjarige douglas. De trekker reed over het verjongde gedeelte en bemestte tevens de aan beide zijden liggende dichte douglasstroken. Er was een duidelijk verschil tussen de hoeveelheid meststof in het open gedeelte en de dichte gedeelten: 95% resp. 60% van de doelgift. De bemesting van de dichte douglas wordt sterk bemoeilijkt doordat de mestkorrels door de lage kronen worden tegengehouden.

De kalk in de open opstand werd zeer goed verspreid, een variatiecoëfficiënt van 29. In de opstand met coulissen (kalk) en bij de PKMg was de variatiecoëfficiënt hoog: 81 resp. 86. In de opstand met coulissen werd de verspreidingsmeting negatief beïnvloed doordat de trekker op één plaats stilstaand heeft doorgestrooid.

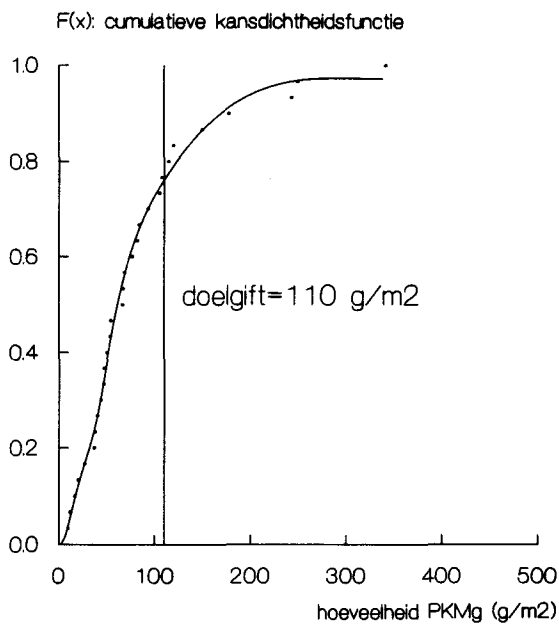
De verdeling wordt geïllustreerd door de cumulatieve kansdichtheidsfunctie  $F(x)$  in de figuren 5, 6 en 7. Uit de metingen blijkt dat bij het uitbrengen van kalk met de centrifugaalstrooier de kans op minder meststof dan de doelgift 65% bedraagt. In coulissen loopt deze kans op tot 85%, en bij PKMg bedraagt deze kans 75%.



Figuur 5. Centrifugaalstrooier (kalk)



Figuur 6. Centrifugaalstrooier/coulissen (kalk)



Figuur 7. Centrifugaalstrooier (PKMg)



## 6.5. Trekker met pendelstrooier

### 6.5.1. Beschrijving werkmethode

Voor dit onderdeel is gebruik gemaakt van een pendelstrooier van het merk Vicon (model 802). Onder de voorraadbak van de strooier bevindt zich een mechanisme dat de meststof als het ware wegslingert. Dit gebeurt door middel van een om een as heen en weer bewegende buis. Het laadvermogen van de strooier, die wordt gemonteerd in de hefinrichting van een vierwielaangedreven trekker, bedroeg 1.250 kg.

De doorstromingsnelheid van de meststof is door middel van een klep instelbaar. De werkbreedte wordt bepaald door de hoogte-instelling van de hefinrichting en het toerental van de aftakas. De gift per ha wordt bepaald door de doorstromingsnelheid, de werkbreedte, de rijsnelheid en de afstand tussen de rijpaden.



Foto 5. Vicon-pendelstrooier.

De werkeenheid bestaat uit:

- trekker met een aanbouw-kunstmeststrooier
- BAV-container (voor beschrijving zie 6.2.1.)
- chauffeur.

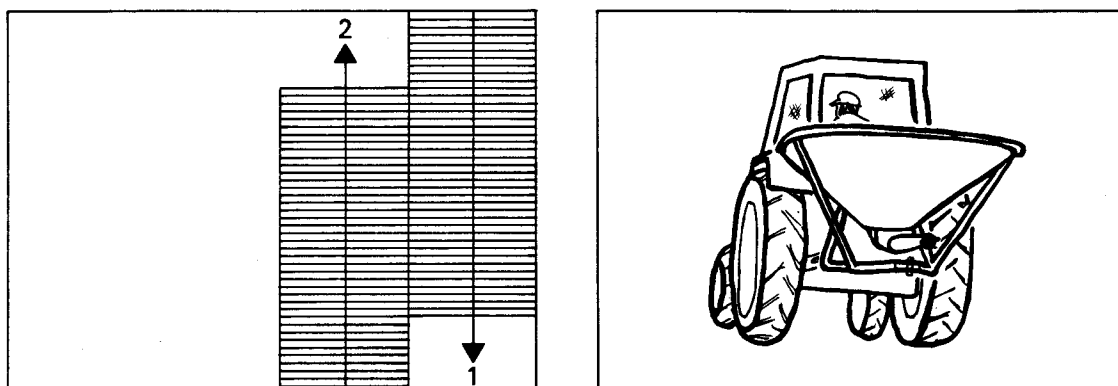
#### Werkwijze

Bij het depot wordt de kunstmeststrooier onder de container gereden. De chauffeur vult de kunstmeststrooier door de klep van de container te openen. Na het vullen rijdt de trekker naar het te bemesten perceel. Het bos wordt strooksgewijs bemest. Indien er geen duidelijke paden door het perceel liggen wordt de rijrichting aangegeven met behulp van jalons. De jalons worden door de chauffeur per rit verzet.

#### Technische gegevens

- trekker : vierwielaangedreven trekker  
55-65 kW
- machine : pendelstrooier
  - . type : Vicon 802
  - . laadvermogen : 1.250 kg
  - . uitbrengsysteem : dubbel-/enkelzijdig,  
pendelmechanisme
- laadwijze : BAV-container
- mestsoort : kalk en PKMg
- mestvorm : granulaat/poeder
- uit te brengen hoeveelheid : kalk 3.000 kg/ha  
: PKMg 1.100 kg/ha
- rijsnelheid : 2,2 km/uur
- werkbreedte     kalk : 5,5 m  
                  PKMg : 6,5 m
- hulpmiddelen : jalons
- verkeersmaatregelen : afzetten container

Werkpatroon:



Organisatie

Voor de aanvoer van meststoffen dient, bij een goede ontsluiting, rekening gehouden te worden met een dagproductie van 15 ton kalk en 10 ton PKMg. Dit houdt in dat er per mestsoort gemiddeld een BAV-container per dag beschikbaar moeten zijn.

#### 6.5.2. Bepaling strooibeeld

Met de pendelstrooier moest 1.100 kg PKMg-granulaat worden gestrooid. Uit bijlage 5 (blad 5) blijkt dat midden achter de strooier erg veel produkt terecht komt. Het enkelvoudige strooibeeld vertoont een hoge piek. Uit bijlage 5 (blad 6) blijkt dat de gewenste hoeveelheid bij een werkbreedte van 6,5 m wordt bereikt bij een VC van 14,8. Bij een werkbreedte van 6 m is de gift wat aan de hoge kant, maar daarbij daalt de VC wel naar 11,8.

Vervolgens moest 3.000 kg korrelkalk worden uitgebracht. Bijlage 5 (blad 7) geeft een goed enkelvoudig strooibeeld te zien. Uit bijlage 5 (blad 8) blijkt dat de gewenste gift bij een werkbreedte van 5,5 m het dichtst wordt benaderd met 2.922 kg bij een VC van 8,8.

Verder werd gevraagd om 3.000 kg poederkalk te strooien. Bijlage 5 (blad 9) geeft een redelijk enkelvoudig strooibeeld te zien. Uit bijlage 5 (blad 10) blijkt dat de gift bij een werkbreedte van 5,5 m exact wordt gehaald maar wel bij een VC van 18,0. Beter lijkt het om een werkbreedte van 5 m aan te houden. De gift is dan wel 3.328 kg,

maar de VC zakt naar 10,5. Het uitbrengen van deze hoge gift in twee keer bij een werkbreedte van 11 m geeft geen verbetering, de VC gaat dan namelijk naar 83,4.

Met de pendelstrooier kunnen de gevraagde meststoffen en hoeveelheden worden uitgebracht. Gezien de grote variatie in gift per halve meter werkbreedte en de pieken in de enkelvoudige strooi-beelden zal met deze strooier nauwkeurig de gekozen werkbreedte moeten worden aangehouden. Bovendien zijn de te gebruiken werkbreedtes erg klein, wat onder bos-omstandigheden tot grote afwijkingen kan leiden.

### 6.5.3. Resultaat tijdstudies

M.b.v. de pendelstrooier zijn de volgende hoeveelheden meststoffen verspreid:

	PKMg	kalk
gepland, ton	8,530	7,620
uitgebracht, ton	8,530	7,620
in tijdstudie, ton	6,700	6,700

De gemiddelde lading per cyclus per mestsoort was:

- PKMg            1.117 kg (s.e. 47 kg)
- kalk            1.117 kg (s.e. 49 kg).

De tijdstudies zijn verricht op 10 en 11 november. De elementen laden en strooien (effectief en niet-effectief) zijn getoetst op invloeden van de mestsoort (PKMg, kalk) en het opstandstype (open opstanden (voor een trekker toegankelijk), verjongingsvlakten). Bij deze drie cyclische elementen is vastgesteld dat de mestsoort alleen bij strooien (effectief) invloed heeft op de tijdsbesteding. In tabel 25 zijn de transportafstanden tijdens de cyclus weergegeven.

Tabel 25. Transportafstanden per cyclus (belast en onbelast) (m), methode pendelstrooier

	min.	max.	s.e.	gemiddeld
over bosweg	45	2.600	195	516
in opstand	0	271	28	47

De hoogste transportafstand over de bosweg (2.600 m) zal onder normale omstandigheden waarschijnlijk niet voorkomen. Deze afstand is bij de verwerking achterwege gelaten. De gemiddelde transportafstand is dan 200 m (s.e.: 49 m). In tabel 26 zijn de elementtijden, de standaardfouten (s.e.) en het aantal waarnemingen weergegeven.

Tabel 26. Elementtijden methode pendelstrooier

element	min./ton	s.e.	waarnemingen
- strooien (effectief)			
. PKMg (1.1 ton/ha)	29,62	0,32	6
. kalk (3.0 ton/ha)	13,94	1,23	6
- strooien (niet-effectief)	1,89	0,39	12
- laden	1,05	0,15	11
- transport			
. laadplaats - opstand	0,014806 * C1		
. in de opstand	0,012875 * C2		

C1 = gemiddelde (enkele) afstand (m) tussen laadplaats en de opstand.

C2 = gemiddelde rijafstand (m) in de opstand.

Na invulling van het model (zie bijlage 4) ontstaan de volgende twee formules.

Formule: Pendelstrooier (T = tijd in uren per ton)

PKMg (1,1 ton/ha):  $T = 0,760 + 0,000345 * C1 + 0,000300 * C2$

kalk (3,0 ton/ha):  $T = 0,394 + 0,000345 * C1 + 0,000300 * C2$

Een uitwerking van beide formules is weergegeven in de tabellen 27 en 28.

Tabel 27. Tijdsbesteding methode pendelstrooier  
PKMg 1,1 ton/ha  
(uren/ton; incl. 40% AT)

C1		0	100	250	500	750	1.000	2.000
C2	0	0,76	0,79	0,85	0,93	1,02	1,10	1,45
	25	0,77	0,80	0,85	0,94	1,03	1,11	1,46
	50	0,77	0,81	0,86	0,95	1,03	1,12	1,47
	75	0,78	0,82	0,87	0,95	1,04	1,13	1,47
	100	0,79	0,82	0,88	0,96	1,05	1,13	1,48

C1 = gemiddelde (enkele) afstand (m) tussen laadplaats en de opstand.

C2 = gemiddelde rijafstand (m) in de opstand.

Tabel 28. Tijdsbesteding methode pendelstrooier  
Kalk 3,0 ton/ha  
(uren/ton; incl. 40% AT)

C1		0	100	250	500	750	1.000	2.000
C2	0	0,39	0,43	0,48	0,57	0,65	0,74	1,09
	25	0,40	0,44	0,49	0,57	0,66	0,75	1,09
	50	0,41	0,44	0,50	0,58	0,67	0,75	1,10
	75	0,42	0,45	0,50	0,59	0,68	0,76	1,11
	100	0,42	0,46	0,51	0,60	0,68	0,77	1,12

C1 = gemiddelde (enkele) afstand (m) tussen laadplaats en de opstand.

C2 = gemiddelde rijafstand (m) in de opstand.

#### 6.5.4. Kosten per ton

Voor het berekenen van de kosten per ton moeten de kosten van de bedieningspersoon, de trekker en de kunstmeststrooier in rekening worden gebracht. Het uurtarief (incl. 20% overhead) van de unit is als volgt opgebouwd:

mensuur	f	40,20
trekker		35,40
kunstmeststrooier		6,10
totaal	f	81,70

In tabel 29 zijn de kosten uitgewerkt. Hierbij is van een gemiddelde transportafstand in het bos van 50 m per cyclus uitgegaan (zie bijlage 6).

Tabel 29. Kosten per ton methode pendelstrooier

mestsoort	afstand laadplaats tot opstand (m)	tijd/ton	kosten/ton
PKMg (1,1 ton/ha) 1)			
	0 m	0,77 u/ton	63,-/ton
	250	0,86	70,-
	500	0,95	77,-
	750	1,03	84,-
	1.000	1,12	91,-
kalk (3,0 ton/ha) 2)			
	0 m	0,41 u/ton	33,-/ton
	250	0,50	40,-
	500	0,58	48,-
	750	0,67	55,-
	1.000	0,75	62,-

1) Toeslag bij slecht toegankelijke opstanden max. 30%.

2) Toeslag bij slecht toegankelijke opstanden max. 25%.

Onder slecht toegankelijke opstanden wordt hier verstaan dat de opstand onvoldoende is ontsloten of dat er belemmeringen zijn in de vorm van sloten of veel ondergroei.

De toeslagfactoren zijn berekend in bijlage 8.

#### 6.5.5. Controle op kwaliteit verspreiding

Bij de pendelstrooier zijn twee controles op de verspreiding uitgevoerd: een met kalk in vak 222a en een met PKMg in vak 223c.

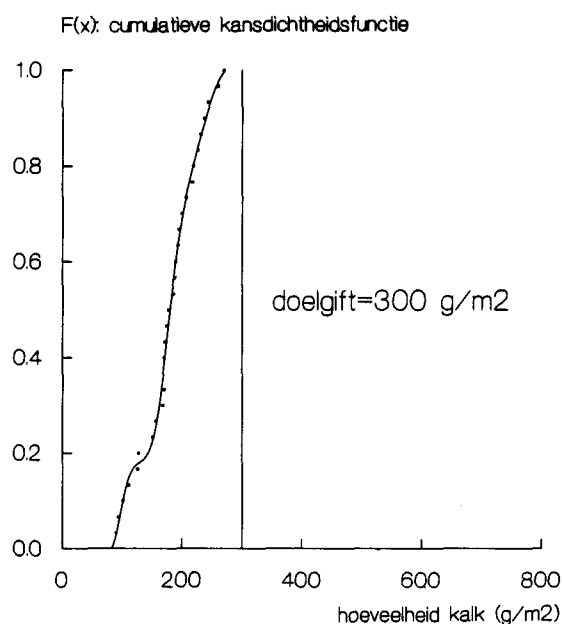
De gewichten per bak staan in bijlage 7. De uit deze meetgegevens berekende kengetallen worden gepresenteerd in tabel 30.

Tabel 30. Kengetallen controlemetingen pendelstrooier

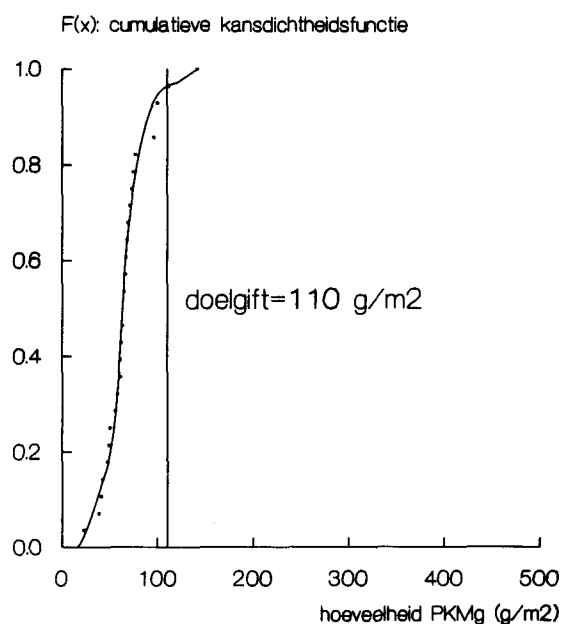
	<u>kalk</u>	<u>PKMg</u>
gemiddeld, g/bak	45,2	17,0
standaardafwijking	11,6	6,0
variatiecoëfficiënt	25,7	35,3
minimum, g/bak	22,6	5,8
maximum, g/bak	67,5	35,4
<hr/>		
doelgift, g/bak	75,0	27,5

De pendelstrooier realiseerde in beide gevallen ca. 60% van de doelgift.

Met deze strooier werd de beste verdeling verkregen: de variatiecoëfficiënt voor kalk bedroeg 26 en voor PKMg 35. Dit wordt geïllustreerd in de figuren 8 en 9, waarin de cumulatieve kansdichtheidsfuncties  $F(x)$  een steil verloop hebben. De kans op minder meststof dan de doelgift ligt voor beide hoog: 95-100%.



Figuur 8. Pendelstrooier (kalk)



Figuur 9. Pendelstrooier (PKMg)



## 6.6. Trekker met Hufgard-blazer

### 6.6.1. Beschrijving werkmethode

De Hufgard-blazer, type HAV 1000, was gemonteerd in de hefinrichting van een vierwielaangedreven trekker. De blazer bestaat uit een bak waar onderin een vijzel is gemonteerd. De vijzel transporteert de meststoffen naar het blaaselement (ventilator). De snelheid van de vijzel is variabel, terwijl de ventilator over een vast toerental beschikt. De ventilator voert de meststoffen af via een spuitmond. De spuitmond staat loodrecht op de rijrichting. Door de hoek waaronder de meststoffen worden weggeblazen te variëren wordt de werkbreedte ingesteld. Door de hoge snelheid waarmee de meststof wordt uitgeblazen wordt de eerste 3 m vanaf het uiteinde van de spuitmond niet bemest.



Foto 6. Hufgard-blazer

De werkeenheid bestaat uit:

- trekker met een aanbouw-kunstmestblazer
- BAV-container (voor beschrijving zie 6.2.1.)
- chauffeur.

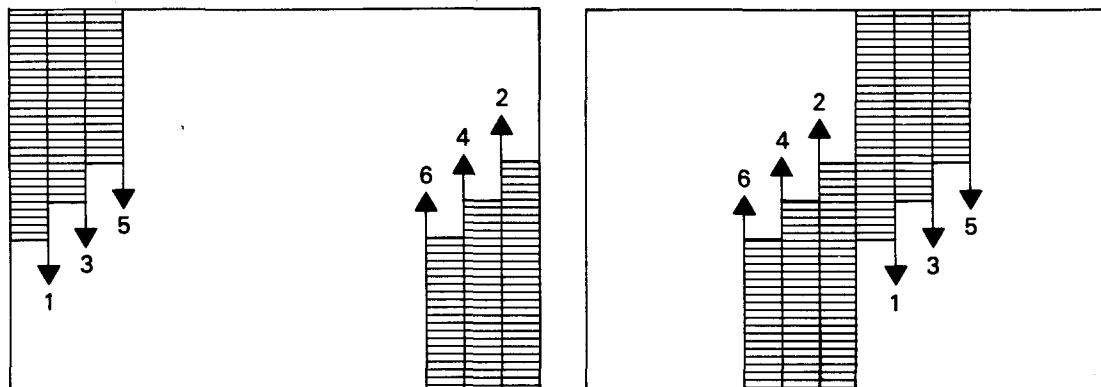
Werkwijze

Bij het depot wordt de blazer onder de container gereden. De chauffeur kan door de klep van de container te openen de blazer vullen. Na het vullen rijdt de trekker naar het te bemesten perceel. Het bos wordt strooksgewijs bemest. De blazer werkt enkelzijdig. Om tot een goede verdeling van de meststoffen te komen moet daarom rond worden gereden. Dit kan op twee manieren (zie tekening). Er wordt steeds in de richting van een reeds bemeste strook geblazen. Indien er trekkerpaden in het perceel liggen, wordt er heen en terug gereden over dit pad, met als consequentie dat het pad en een strook van 3 m aan weerszijden van het pad niet bemest worden. In opstanden zonder duidelijke trekkerpaden worden deze aangegeven met behulp van jalons. De jalons worden door de chauffeur per rit verzet.

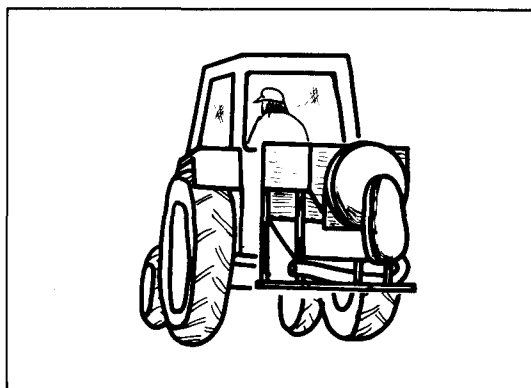
#### Technische gegevens

- trekker : vierwielaangedreven trekker  
65-75 kW
- machine : blaasaggregaat
  - . type : Hufgard HAV 1000
  - . laadvermogen : 1.000 kg
  - . uitbrengsysteem : enkelzijdig
- laadwijze : BAV-container
- mestsoort : kalk en PKMg
- mestvorm : poeder
- uit te brengen hoeveelheid : kalk 3.000 kg/ha  
: PKMg 1.250 kg/ha
- rijsnelheid : 4,5 km/uur
- werkbreedte     kalk : 7 m  
                  PKMg : 13 m
- hulpmiddelen : jalons
- verkeersmaatregelen : afzetten container

Werkpatroon:



Alternatief 1



Alternatief 2

### Organisatie

Het gebruik van poeder leidt onder vochtige omstandigheden tot klontering, waardoor het werken met dit materiaal tot problemen kan leiden. Met de Hufgard-blazer is het mogelijk om ook granulaat te verspreiden. Dit is niet nader onderzocht (zie paragraaf 8.2.).

Bij de verspreiding van poedervormige meststoffen is het noodzakelijk adembeschermingsmiddelen te dragen. Men zal tenminste een fijn stofmasker moeten dragen.

Tijdens de verspreiding van poeder dient men rekening te houden met de windrichting. Naarmate de windkracht groter is treedt meer verwaaiing op, waardoor de werkbreedte sterk wordt beïnvloed.

Globaal kan worden gesteld dat vanaf windkracht 6 Beaufort er redelijkerwijs geen bemesting met poeder meer kan plaatsvinden. Afgezien van het feit dat de verdeling van meststoffen niet meer optimaal is en het zicht op het werk erg slecht wordt, kunnen er ook verkeersproblemen ontstaan.

Voor de aanvoer van meststoffen dient, bij een goede ontsluiting, rekening gehouden te worden met een dagproduktie van 8 ton kalk en 12 ton PKMg. Dit houdt in dat er per mestsoort gemiddeld een BAV-container per dag beschikbaar moet zijn.

#### 6.6.2. Bepaling strooibeeld

Met de Hufgard-blazer moest 1.250 kg PKMg-poeder per ha en 3.000 kg poederkalk per ha worden verstrooid. In bijlage 5 (blad 19) is het enkelvoudige strooibeeld weergegeven van PKMg-poeder. Het blijkt dat de strooibeelden van deze blazer vrij snel naar een piek lopen en dan meteen weer afzakken, de strooibeelden zijn dus niet vlak. De gevraagde gift was in dit geval niet goed te strooien, omdat in de poeder toch korrels aanwezig waren die het strooibeeld verstoorden. Uit bijlage 3 (blad 20) blijkt dat de VC tot een werkbreedte van 10,5 m goed is, maar dat de gift dan te hoog is. Hierbij moet worden bedacht dat de vermelde kg per ha door twee moet worden gedeeld. Dit komt doordat het computerprogramma voor de berekening de gevonden bakgewichten verdubbelt. In dit geval wordt de juiste gift dus bereikt bij een werkbreedte van 13 m, maar dan wel bij een VC van 35,7.



Foto 7. Bepaling strooibeeld met Hufgard

Bijlage 5 (blad 21) geeft het enkelvoudige strooibeeld met poederkalk. Het strooibeeld is redelijk vlak, maar de gift is veel te laag. Uit bijlage 5 (blad 22) blijkt dat een gift van 3.000 kg in één keer in de praktijk niet haalbaar is, de werkbreedte is dan maar 3,5 m. Er zal dus bij een werkbreedte van 7 m twee keer gereden moeten worden bij een gift van 1.500 kg en een VC van 14,6. Het verschil in strooibeeld tussen bijlage 19 en 21 wordt vermoedelijk veroorzaakt door het grote verschil in fijnheid van de produkten.

Het blijkt dus dat dit type blazer in de praktijk een veel geringere capaciteit en veel kleinere werkbreedte heeft dan de fabrikant opgeeft. Voor kleinere giften kan goed gewerkt worden tot een werkbreedte van 10 m.

#### 6.6.3. Resultaat tijdstudies

M.b.v. de Hufgard-blazer zijn de volgende hoeveelheden kunstmest (poeder) verspreid:

	PKMg	kalk
gepland, ton	36,560	81,300
uitgebracht, ton	36,580	79,000
in tijdstudie, ton	21,800	35,130

De gemiddelde lading per cyclus per mestsoort was:

- PKMg            752 kg (s.e. 25 kg)
- kalk            817 kg (s.e. 16 kg).

De tijdstudies zijn verricht op 24, 26, 27 en 30 november.

Tijdens de tijdstudies deden er zich veel storingen voor die vooral veroorzaakt werden door zeer hoge slijtage-verschijnselen aan de lagers van de blazer. Dit deed zich vooral voor bij de verspreiding van de kalkpoeder. Bij de analyse van de tijdstudiegegevens van de elementen laden, strooien (effectief) en strooien (niet effectief) zijn de volgende invloedsfactoren onderzocht:

## Invloedsfactor

- mestsoort                   PKMg  
                                  kalk
- terreintype                vlak terrein  
                                  terrein met ontwateringssloten en  
                                  -greppels  
                                  stuifzandterrein
- opstandstype              open opstanden, toegankelijk voor de trekker  
                                  opstanden met coulissen  
                                  dichte opstanden, met ontsluitingspaden  
                                  verjongingsvlakten

Bij het laden van de meststoffen deed zich het probleem voor dat de poeder erg slecht uit de containers stroomde. De poederdeeltjes trillen tijdens het transport tot een compacte massa in elkaar tegen de wanden van de container. Door de container te beluchten of harde klappen op de buitenkant van de wanden van de container te geven viel het samengedrukte poeder weer uiteen. Dit probleem deed zich vooral voor bij kalk.

Bij de uitvoering is er gebruik gemaakt van twee verschillende machines. Dit waren een oud en een nieuw exemplaar van hetzelfde type. Typisch was dat juist de nieuwe machine de meeste storingen vertoonde. Bij de verwerking is er van uitgegaan dat er gewerkt wordt met deugdelijke apparatuur en zijn daarom de opnames van de nieuwe machine buiten beschouwing gebleven.

Voor de elementen strooien (effectief) en laden bleek de mestsoort van invloed: hier zijn significante verschillen gevonden. De transportafstanden tijdens de cyclus zijn weergegeven in tabel 31.

Tabel 31. Transportafstanden per cyclus (belast en onbelast) (m) methode Hufgar

	min.	max.	s.e.	gemiddeld
over bosweg	100	3000	75	705
in opstand	0	320	9	36

Er zijn enkele zeer grote transportafstanden over de bosweg waargenomen die onder normale omstandigheden niet voor zullen komen. Indien extremen achterwege blijven bedraagt de gemiddelde transportafstand over de bosweg 503 m (s.e.: 41 m).

Aan de hand van de gemiddelde transportafstand, de gemiddelde tijdsbesteding per lengte-eenheid en de uitgebrachte hoeveelheid meststof is de transporttijd per ton meststof berekend. In tabel 32 zijn de elementtijden (min./ton), standaardfout (s.e.: min./ton) en het aantal waarnemingen vermeld.

Tabel 32. Elementtijden methode Hufgard-blazer

element	min./ton	s.e.	waarnemingen
- strooien (effectief)			
. PKMg (1,25 ton/ha)	16,31	0,18	29
. kalk (3,0 ton/ha)	22,03	0,75	37
- strooien (niet-effectief)	3,06	0,20	66
- laden			
. PKMg (1,25 ton/ha)	6,84	0,59	29
. kalk (3,0 ton/ha)	12,57	1,33	43
- transport			
. laadplaats - opstand	0,01780 * C1		
. in de opstand	0,01773 * C2		

C1 = gemiddelde (enkele afstand (m) tussen laadplaats en de opstand

C2 = gemiddelde rijafstand (m) in de opstand.

Na invulling van de bovenstaande elementtijden in het model van bijlage 4 worden de volgende formules verkregen:

Formule: Hufgard-blazer (T = tijd in uren/ton)

PKMg (1,25 ton/ha):  $T = 0,612 + 0,0004153 * C1 + 0,0004137 * C2$

Kalk (3,0 ton/ha):  $T = 0,879 + 0,0004153 * C1 + 0,0004137 * C2$

Een uitwerking van de bovenstaande formules wordt gegeven in de tabellen 33 en 34. Hierbij zijn de afstanden C1 en C2 weer als ingang aangegeven.

Tabel 33. Tijdsbesteding methode Hufgard-blazer  
PKMg 1,25 ton/ha  
(uren/ton; incl. 40% Algemene Tijden (AT))

C1		0	100	250	500	750	1.000	2.000
C2	0	0,61	0,65	0,72	0,82	0,92	1,03	1,44
	25	0,63	0,67	0,73	0,83	0,94	1,04	1,46
	50	0,63	0,67	0,74	0,84	0,94	1,05	1,46
	75	0,64	0,68	0,75	0,85	0,95	1,06	1,47
	100	0,65	0,69	0,76	0,86	0,96	1,07	1,48

C1 = gemiddelde (enkele) afstand (m) tussen laadplaats en de opstand.

C2 = gemiddelde rijafstand (m) in de opstand.

Tabel 34. Tijdsbesteding methode Hufgard-blazer  
kalk 3,0 ton/ha  
(uren/ton; incl. 40% AT)

C1		0	100	250	500	750	1.000	2.000
C2	0	0,88	0,92	0,98	1,09	1,19	1,29	1,71
	25	0,89	0,94	1,00	1,10	1,21	1,31	1,72
	50	0,90	0,94	1,00	1,11	1,21	1,31	1,73
	75	0,91	0,95	1,01	1,12	1,22	1,33	1,74
	100	0,92	0,96	1,02	1,13	1,23	1,34	1,75

C1 = gemiddelde (enkele) afstand (m) tussen laadplaats en de opstand.

C2 = gemiddelde rijafstand (m) in de opstand.



## 6.6.4. Kosten per ton

Voor het berekenen van de kosten per ton moeten de kosten van de bestuurder, de trekker en de kunstmeststrooier in rekening worden gebracht. De uurtarieven van de unit zijn hieronder weergegeven.

mensuur	f 40,20
trekker	35,40
Hufgard-blazer	15,00
	<hr/>
totaal	f 90,60

In tabel 35 zijn de kosten uitgewerkt. Hierbij is van een gemiddelde transportafstand in het bos van 50 m per cyclus uitgegaan (zie bijlage 6).

Tabel 35. Kosten methode Hufgard-blazer

mestsoort	afstand laadplaats tot opstand (m)	tijd/ton	kosten/ton
PKMg (1,25 ton/ha) 1)			
	0 m	0,63 u/ton	57,-/ton
	250	0,74	66,-
	500	0,84	76,-
	750	0,94	85,-
	1.000	1,05	84,-
kalk (3,0 ton/ha) 1)			
	0 m	0,90 u/ton	81,-/ton
	250	1,00	90,-
	500	1,11	100,-
	750	1,21	109,-
	1.000	1,31	119,-

1) Toeslag bij slecht toegankelijke opstanden max. 20%.

Onder slecht toegankelijk wordt hier verstaan dat de opstand onvol-  
doende is ontsloten of er zijn belemmeringen in de vorm van sloten of  
veel ondergroei.

De toeslagfactoren zijn berekend in bijlage 8.

#### 6.6.5. Controle op de kwaliteit van de verspreiding

Bij de Hufgard zijn drie controles uitgevoerd. Twee met kalk op  
een kapvlakte in Overloon en in een vak met coulissen (224-d-4) en een  
met PKMg in vak 237 a. De metingen per bak staan in bijlage 7. De  
daaruit berekende kengetallen worden gepresenteerd in tabel 36.

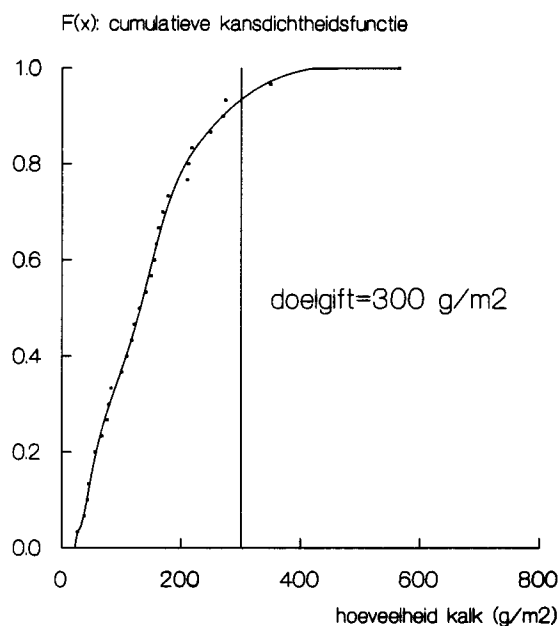
Tabel 36. Kengetallen controlemetingen Hufgard-blazer

	kalk (kapvlakte)	kalk* (coulissen)	PKMg
gemiddeld, g/bak	38,5	35,0	37,0
standaardafwijking	27,4	16,5	22,7
variatiecoëfficiënt	71,1	47,1	61,4
minimum, g/bak	12,4	8,9	2,3
maximum, g/bak	141,4	67,1	111,5
doelgift, g/bak	75,0	75,0	31,25

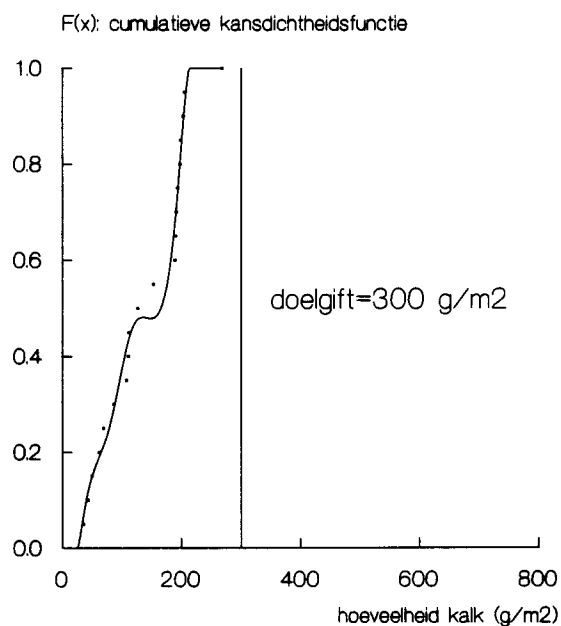
\* 20 waarnemingen i.p.v. 30

Uit deze gegevens blijkt dat de Hufgard de gewenste PKMg-gift  
ruimschoots realiseerde (118%). Voor de kalk werd in beide gevallen  
slechts ca. 50% van de doelgift gemeten. Voor dit laatste kunnen de  
volgende verklaringen worden aangedragen. In het vak met coulissen is  
alleen gemeten in de dichtere beplantingsstroken. De poedervormige  
meststof wordt hierin geblazen en zal gedeeltelijk in de lage kronen  
blijven zitten. Op een kapvlakte, zoals in Overloon, ontstaat al snel

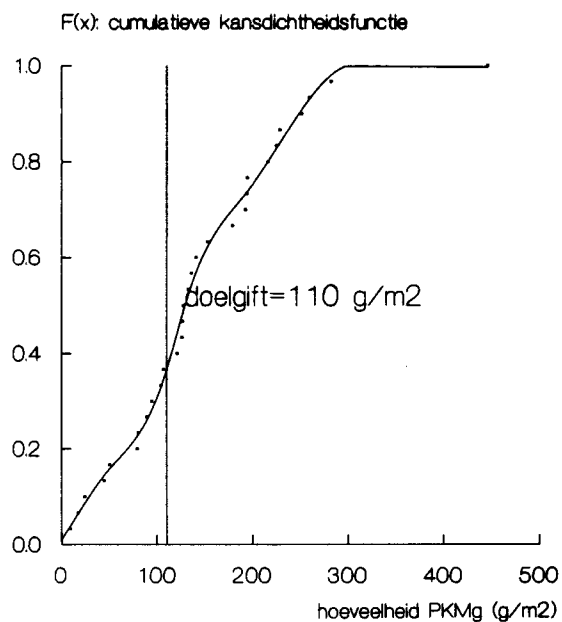
verwaaiing van de poedervormige meststof. Op deze kapvlakte is één ha uitgezet en bemest. De variatiecoëfficiënt, als maat voor de kwaliteit van de verspreiding, ligt voor de Hufgard tussen de 47 en 71 aan de relatief hoge kant. De cumulatieve kansdichtheidsfunctie  $F(x)$  wordt gepresenteerd in de figuren 10, 11 en 12. Bij het uitbrengen van kalk blijkt de kans op minder meststof dan de doelgift uit te komen op 90 tot 100%. Bij PKMg ligt deze kans op 35%.



Figuur 10. Hufgard blazer (kalk)



Figuur 11. Hufgard blazer/coulis (kalk)



Figuur 12. Hufgard blazer (PKMg)

## 6.7. Combinatie van blaasvoertuigen

### 6.7.1. Beschrijving werkmethode

Bij de combinatie van blaasvoertuigen werd de bemesting uitgevoerd door twee verschillende machines van de firma Peine uit West-Duitsland. Er kunnen alleen poedervormige meststoffen met deze apparaten worden verspreid.

De grootste machine (verder: Volvo-blazer) is een gelede dumper met daarop een voorraadtank met een laadvermogen van 7.600 kg gemonteerd. Aan de achterkant van de machine is een grote ventilator gemonteerd die de meststoffen door middel van een grote spuitmond eenzijdig wegblaast. Door middel van een lopende band wordt het poeder in de door de ventilator veroorzaakte luchtstroom gebracht. De gift per ha kan gedoseerd worden door de snelheid van de transportband, de rijsnelheid van het voertuig of de hoeveelheid mest die op de transportband valt te variëren.

Het kleinere apparaat (Catweazle) bestaat uit twee aan elkaar gekoppelde voertuigen op rupsbanden. Het eerste voertuig zorgt voor de aandrijving en besturing. Op het aangekoppelde voertuig is een druktank met een laadvermogen van 2.500 kg gemonteerd. De tank wordt m.b.v. een compressor onder druk gebracht. Door een klep te openen wordt de gecomprimeerde lucht met het poeder met kracht naar buiten gespoten. De Catweazle kan werken met een of twee spuitmonden. De spuitmonden zijn aan weerszijden van de blaasunit gemonteerd en zijn in verticale richting instelbaar.

De Volvo-blazer kan door zijn omvang niet door opstanden rijden en is gebonden aan boswegen. De Catweazle is smaller en wendbaarder en kan, mits er voldoende ruimte is, met zijn rupsbanden in praktisch iedere opstand in Nederland werken. De binnengedeelten van de afdelingen, die de Volvo-blazer vanaf de bosweg niet bemest, worden door de Catweazle behandeld.

De werkeenheid bestaat uit:

- Volvo-dumper met blaasunit (Volvo-blazer)
- Voertuig type Catweazle met blaasunit (Catweazle)
- silowagen
- drie chauffeurs.

## Werkwijze

De kunstmest wordt aangevoerd door middel van silowagens. De blazers worden eerst gevuld, daarna wordt de rest van de kunstmest gelost in de silowagen, die als tussenopslag fungeert. De Volvo-blazer bemest de percelen eenzijdig vanaf het bospad. Nadat het buitenste gedeelte van een perceel met deze machine bemest is, kan de Catweazle het binnengedeelte van het perceel bemesten. Deze machine rijdt door de opstand en kan zowel enkel- als dubbelzijdig werken. Dubbelzijdig uitbrengen levert een slechter resultaat dan enkelzijdig, omdat dan een strook met een breedte van ongeveer 10 m direct achter de machine niet wordt bemest.

Voordat de Catweazle met het verspreiden van de mest kan beginnen moet de druktank op druk worden gebracht. Ook de silowagen moet op druk worden gebracht voordat er geladen kan worden. Om zo weinig mogelijk tijd te verliezen houdt de chauffeur van de silowagen de tank continu op druk. Deze chauffeur zorgt mede voor het aan- en afkoppelen van de slangen t.b.v. het vullen.

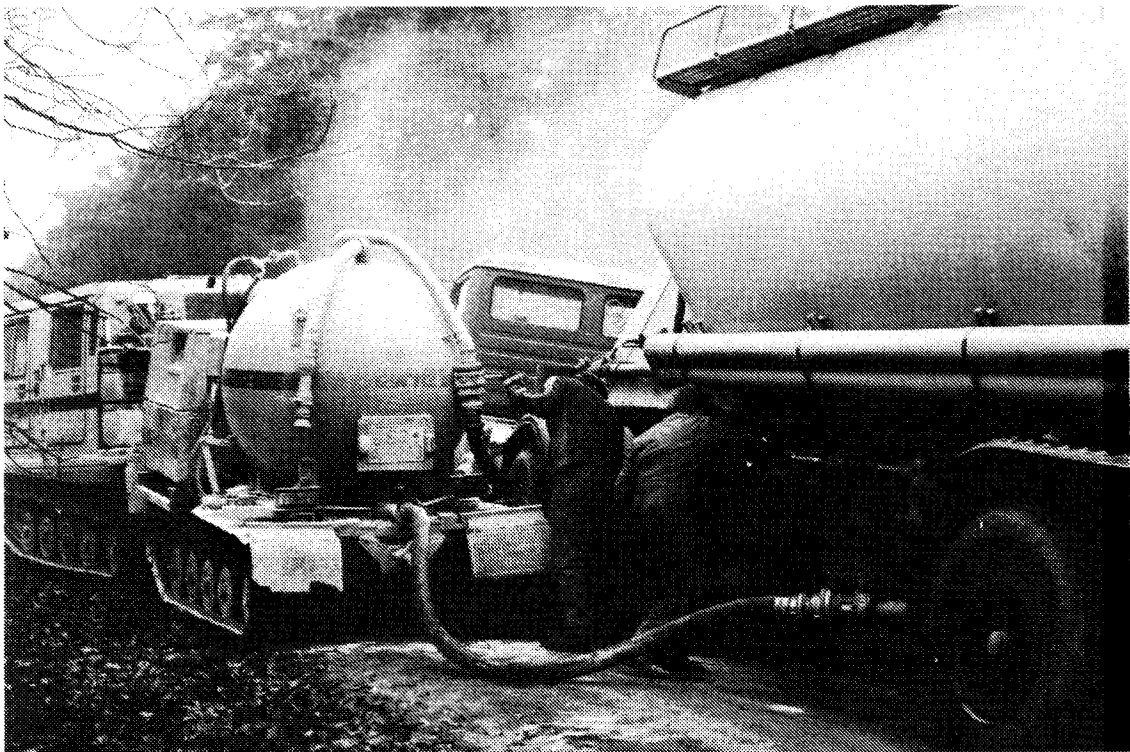
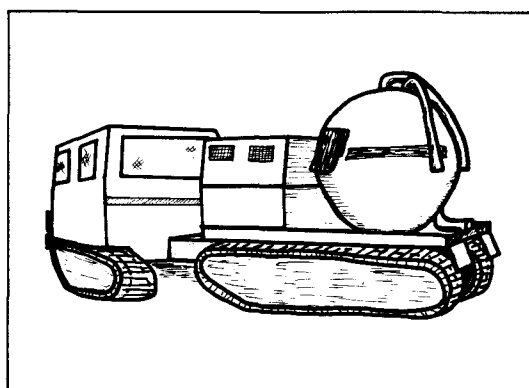
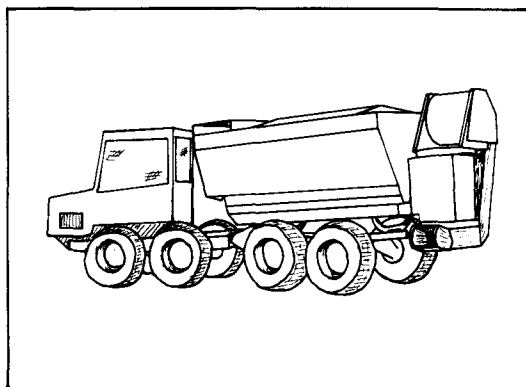
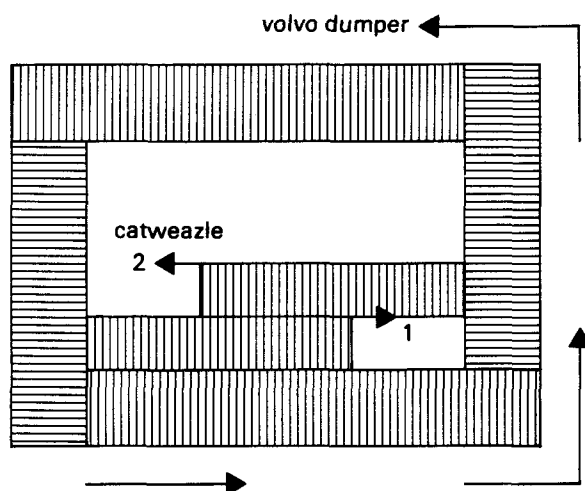


Foto 8. Laden van de Catweazle

## Technische gegevens

- machine 1
  - . type: Volvo-blazer
  - . laadvermogen: 7.600 kg
  - . uitbrengsysteem: enkelzijdig
- machine 2
  - . type: Catweazle
  - . laadvermogen: 2.500 kg
  - . uitbrengsysteem: dubbel-/enkelzijdig
- laadwijze: silowagen
- mestsoort: kalk en PKMg
- mestvorm: poeder
- uit te brengen hoeveelheid: kalk 3.000 kg/ha  
PKMg 1.250 kg/ha
- rijsnelheid (tijdens blazen): Volvo-blazer 4,5 km/uur  
Catweazle 3,5 km/uur
- werkbreedte kalk/PKMg: Volvo-blazer 19,5-22,0 m  
Catweazle 17,5-20,5 m
- verkeersmaatregelen: bij blazen langs openbare  
wegen, borden plaatsen i.v.m.  
stofwolken.

Werkpatroon:



### 6.7.2. Organisatie

De combinatie van blaasvoertuigen vergt een zelfde voorbereiding als de andere terreinmethoden. Bij de aanvoer van meststof moet echter rekening worden gehouden met een capaciteit van 120 ton meststof per dag. Dagelijks moeten er drie tot vier vrachten van 30 ton worden aangevoerd.

Het boscomplex moet toegankelijk zijn voor een extra silowagen met een laadvermogen van 30 ton. Deze silowagen wordt gebruikt als buffervoorraad en wordt tijdens de uitvoering nabij de te bemesten percelen geparkeerd.

Zowel de Volvo-blazer als de Catweazle kunnen praktisch alle Nederlandse terreinomstandigheden aan. In verband met de hoge snelheid waarmee gewerkt wordt en de omvang van de machines is een goede ontsluiting vereist. De Volvo-blazer en de Catweazle zijn minder wendbaar dan trekkers. Er wordt bij voorkeur alleen voorwaarts in een vloeiende lijn gereden.

De verwerkbaarheid van de meststoffen werd mede bepaald door de samenstelling van de zeeffracties. Hierop is nader ingegaan in hoofd-

stuk 4 Beschrijving meststoffen. Poeders zijn bij wind bijzonder stuifgevoelig. Bij een verkeerde windrichting kunnen er stofwolken ontstaan die verkeersoverlast veroorzaken. Door de verspreiding van de poeders met de windrichting mee uit te voeren kan de verstuiwing aanzienlijk worden beperkt. Bij de verspreiding van poedervormige meststoffen is het noodzakelijk adembeschermingsmiddelen te dragen. Men zal tenminste een fijn stofmasker moeten dragen.

Indien poeder een nacht opgeslagen blijft, ontstaat er in de silowagen een compacte massa die handmatig moet worden losgemaakt. Het is dus raadzaam de dagvoorraad meststoffen dagelijks geheel te verwerken.

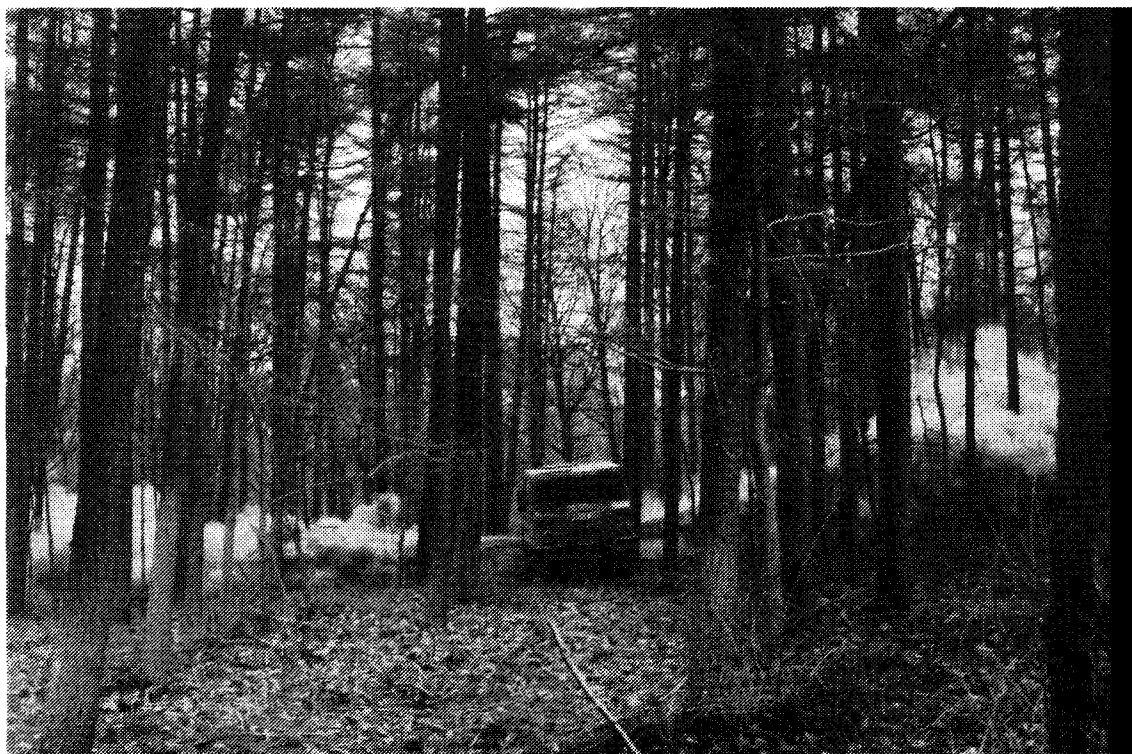


Foto 9. Tweezijdig blazen met Catweazle

Normaliter worden poedervormige meststoffen bij aflevering gezeefd. Bij twee vrachten van de PKMg-poeders bleek dat dit niet ge-



beurd was: er werden namelijk concreties met afmetingen van 0,4 tot 15 cm doorsnee aangetroffen. Hierdoor ontstonden bij het overladen en het verspreiden van de meststoffen verstoppingen in de slangen en de spuitmond van de Catweazle, waardoor vertragingen ontstonden. Later moest de proef voor dit onderdeel worden gestaakt, vanwege een zeer ernstige verstopping van de Catweazle.

Door de lange laadtijden van de Volvo-blazer (15 - 20 minuten) en doordat de Volvo-blazer en de Catweazle hun meststoffen van dezelfde silowagen betrekken, ontstaan er afstemmingsverliezen (wachtijden bij de Catweazle).

### 6.7.3. Bepaling strooibeeld

De Volvo-dumper moest 1.250 kg PKMg-poeder per ha en 3.000 kg poederkalk per ha uitbrengen. Omdat deze machine alleen maar naar links of naar rechts kan blazen wordt ook hier vanuit het midden van het voertuig de eerste 3 m niet bemest.

In bijlage 5 (blad 37) is het enkelvoudige strooibeeld weergegeven van 3.000 kg poederkalk. Ook hier blijkt weer dat bij een blazer de gift oploopt naar een piek en dan meteen weer gaat afzakken. Uit bijlage 5 (blad 38) blijkt dat de gift van 3.000 kg wordt bereikt bij een werkbreedte van 19,5 m met een VC van 9,9 bij rondrijden. Dit geldt voor het geval de machine op zichzelf (alleen) werkt. In dit geval moeten de gevonden giften niet door 2 worden gedeeld, omdat het maximale aantal van 96 bakjes is ingevoerd.

De moeilijkheid voor de beoordeling van de regelmatigheid van strooien is dat deze machine niet alleen werkt. Als namelijk een bosperceel rondom is bemest dan wordt met een kleinere machine, de Catweazle, het resterende binnengedeelte van het bos bemest. Ook deze machine moest 1.250 kg PKMg-poeder per ha en 3.000 kg poederkalk per ha uitbrengen en ook hier geldt weer dat de eerste 3 m vanuit het midden van de machine niet wordt bemest. Bijlage 5 (blad 39) geeft het enkelvoudige strooibeeld van 3.000 kg poederkalk. ook hier is weer de oplopende piek van een blaassysteem te zien. Uit bijlage 5 (blad 41) blijkt dat de gift van 3.000 kg wordt bereikt bij een werkbreedte van 20,5 m bij een VC van 14,1 bij rondrijden. Als de machine dus zelf nog meerdere werkgangen in een bosperceel moet maken is uitbrengen van de

gewenste gift bij deze werkbreedte goed mogelijk. Om op het enkelvoudige strooibeeld van een grote blazer aan te sluiten, wordt in de praktijk bij de eerste werkgang van de kleine blazer tegen de grote blazer ingespoten. Om het strooiresultaat te kunnen beoordelen is daarom van het strooibeeld van de kleine blazer in bijlage 5 (blad 40) het spiegelbeeld weergegeven. Leggen we nu de strooibeelden van blad 37 en 40 naast elkaar dan blijkt dat de kleine machine op een afstand van 70 tot 75 m van het spoor van de grote blazer moet rijden om aan te sluiten. Door de hoge piek in het strooibeeld van de kleine blazer zal echter nooit een goed samengesteld strooibeeld, dus een goede verdeling kunnen ontstaan.

Het strooibeeld van 1.250 kg PKMg-poeder van de Volvo-blazer is uitgezet in bijlage 5 (blad 42). Uit bijlage 5 (blad 43) blijkt dat de juiste gift wordt bereikt bij een werkbreedte van 22 m maar wel met een VC van 41,3 als de machine op zichzelf werkt. Het enkelvoudige strooibeeld van de kleine blazer is te zien in bijlage 5 (blad 44). De steile piek geeft al aan dat het moeilijk zal zijn om een goed samengesteld strooibeeld te krijgen. In bijlage 5 (blad 46) wordt de gift van 1.250 kg bereikt bij een werkbreedte van 17,5 m, maar met een VC van 96,9. Wel moet hierbij bedacht worden dat het produkt door de aanwezigheid van brokken niet goed te verwerken was en dat bovendien tijdens regen is gemeten, waardoor geen goede beoordeling mogelijk is.

Ook nu is om tot een samengesteld strooibeeld van de Volvo-blazer met de eerste werkgang van de Catweazle te komen in bijlage 5 (blad 45) het spiegelbeeld van het enkelvoudige strooibeeld weergegeven. Leggen we de strooibeelden van blad 42 en 45 naast elkaar dan blijkt dat door de hoge pieken in beide strooibeelden nooit een goed samengesteld beeld bereikt kan worden. De beste rijafstand zal nog ergens tussen de 30 en 35 m liggen.

Elk van de machines kan op zich redelijk werk leveren. Omdat ze echter in combinatie moeten werken wordt het moeilijk. Er zal eerst voor gezorgd moeten worden dat het enkelvoudige strooibeeld van vooral de kleine blazer vlakker wordt voordat een acceptabel resultaat bereikt kan worden.

## 6.7.4. Resultaat tijdstudies

## 6.7.4.1. Catweazle

De Catweazle en de Volvo-blazer voeren het werk gezamenlijk uit. Vandaar dat geen uitsplitsing is te geven van de geplande uit te brengen hoeveelheid meststof per machine. Hieronder is een gezamenlijk overzicht gegeven voor de Catweazle en de Volvo-blazer:

	PKMg	kalk
gepland, ton	87,190	218,820
uitgebracht, ton	87,130	209,620
tijdstudie van		
- Catweazle, ton	6,800	55,250
- Volvo-blazer, ton	80,330	151,500
	+	+
- totaal, ton	87,130	206,750

De tijdstudies zijn verricht op 14 tot en met 18 december.

Aangezien het onmogelijk was om de lading van de Catweazle te meten is deze geschat. Er is vanuitgegaan dat voor PKMg de druktank steeds voor 100% gevuld was (1.700 kg). Bij kalk werd de gemiddelde lading geschat op 1.625 kg.

Van de elementen laden, strooien (effectief) en strooien (niet effectief) is de invloed van de volgende factoren bepaald:

## Invloedsfactor

- mestsoort                      PKMg  
   kalk
- terreintype                    vlak terrein  
   terrein met ontwateringssloten en -greppels
- opstandstype                  open opstanden, toegankelijk voor een trekker  
   dichte opstanden, met ontsluitingspaden  
   dichte opstanden, zonder ontsluitingspaden

Bij deze methode bleek dat alleen de mestsoort significante verschillen veroorzaakt bij het strooien (effectief) en strooien (niet-effectief). Gegevens over de gemeten transportafstanden tijdens de cyclus zijn weergegeven in tabel 37.

Tabel 37. Transportafstanden per cyclus (belast en onbelast) (m) methode Catweazle

	min.	max.	s.e.	gemiddeld
over bosweg	75	2.710	67	805
in opstand	0	430	14	106

In tabel 38 zijn de elementtijden (min./ton), de standaardfout (s.e.: min./ton) en het aantal waarnemingen vermeld.

Tabel 38. Elementtijden methode Catweazle

element	min./ton	s.e.	waarnemingen
- strooien (effectief)			
. PKMg (1,25 ton/ha)	2,50	0,23	5
. kalk (3,0 ton/ha)	2,16	0,07	33
- strooien (niet effectief)			
. PKMg (1,25 ton/ha)	3,85	0,78	5
. kalk (3,0 ton/ha)	2,38	0,23	33
- laden	2,48	0,13	36
- transport			
. laadplaats - opstand	0,005494 * C1		
. in de opstand	0,007889 * C2		

C1 = gemiddelde (enkele) afstand (m) tussen laadplaats en de opstand.

C2 = gemiddelde rijafstand (m) in de opstand.

Na invulling van bovenstaande elementtijden in het model van bijlage 4 worden de volgende formules verkregen:

Formule: Catweazle (T = tijd in uren/ton)

PKMg (1,25 ton/ha):  $T = 0,206 + 0,0001282 * C1 + 0,0001841 * C2$

kalk (3,0 ton/ha) :  $T = 0,164 + 0,0001282 * C1 + 0,0001841 * C2$

In de tabellen 39 en 40 zijn uitwerkingen van deze formules gegeven.

Tabel 39. Tijdsbesteding methode Catweazle  
PKMg 1,25 ton/ha  
(uren/ton; incl. 40% AT)

C1		0	100	250	500	750	1.000	2.000
C2	0	0,21	0,22	0,24	0,27	0,30	0,33	0,46
	25	0,21	0,22	0,24	0,27	0,31	0,34	0,47
	50	0,22	0,23	0,25	0,28	0,31	0,34	0,47
	75	0,22	0,23	0,25	0,28	0,32	0,35	0,48
	100	0,22	0,24	0,26	0,29	0,32	0,35	0,48

C1 = gemiddelde (enkele) afstand (m) tussen laadplaats en de opstand.

C2 = gemiddelde rijafstand (m) in de opstand.

Tabel 40. Tijdsbesteding methode Catweazle  
kalk 3,0 ton/ha  
(uren/ton; incl. 40% AT)

C1		0	100	250	500	750	1.000	2.000
C2	0	0,16	0,18	0,20	0,23	0,24	0,29	0,42
	25	0,17	0,18	0,20	0,23	0,25	0,30	0,42
	50	0,17	0,19	0,21	0,24	0,25	0,30	0,43
	75	0,18	0,19	0,21	0,25	0,25	0,31	0,43
	100	0,18	0,20	0,21	0,25	0,26	0,31	0,44

C1 = gemiddelde (enkele) afstand (m) tussen laadplaats en de opstand.

C2 = gemiddelde rijafstand (m) in de opstand.

## 6.7.4.2. Volvo-blazer

De uitgebrachte hoeveelheden staan vermeld in paragraaf 6.7.4.1. De tijdstudies zijn verricht op 14 tot en met 18 december.

De gemiddelde lading per cyclus per mestsoort is geschat op:

- PKMg                7.682 kg (s.e. 139 kg)
- kalk                6.587 kg (s.e. 253 kg).

In afwijking van alle andere terreinmethoden kwam bij de Volvo-blazer het tijdselement transport in de opstand niet voor. De Volvo-blazer voert de bemesting vanaf de bosweg uit en komt niet in de opstand. Dit houdt in dat opstandstype en terreintype niet van invloed zijn op de tijdsbesteding. De elementen laden, strooien (effectief) en strooien (niet effectief) zijn daarom alleen getoetst op invloeden van de mestsoort. Alleen het element strooien (effectief) wordt door de mestsoort beïnvloed. Gegevens over de gemeten transportafstanden zijn weergegeven in tabel 41.

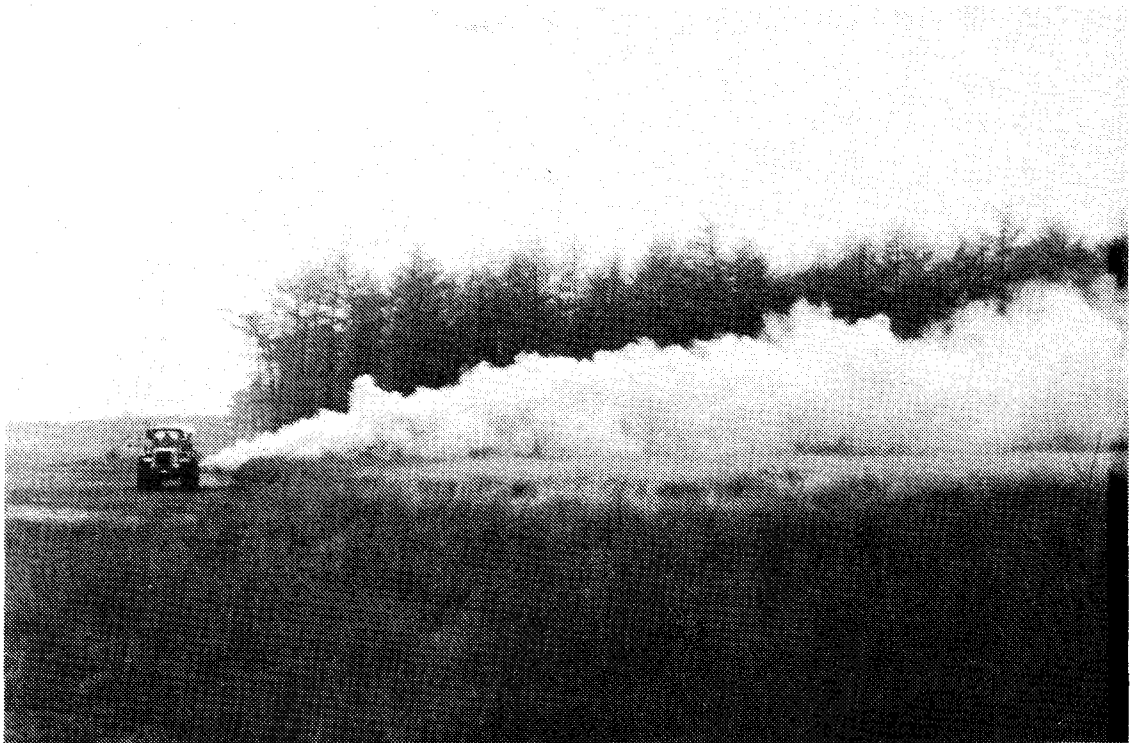


Foto 10. De Volvo-blazer opereert vanaf de bosweg

Tabel 41. Transportafstanden per cyclus (belast en onbelast) (m) methode Volvo-blazer

	min.	max.	s.e.	gemiddeld
over bosweg	120	1.950	110	958

In tabel 42 is een overzicht gegeven van de elementtijden (min./ton), de standaardfout (s.e.: min./ton) en het aantal waarnemingen.

Tabel 42. Elementtijden methode Volvo-blazer

element	min./ton	s.e.	waarnemingen
- strooien (effectief)			
. PKMg (1,25 ton/ha)	2,91	0,14	11
. kalk (3,0 ton/ha)	1,84	0,03	23
- strooien (niet effectief)	0,39	0,03	34
- laden	2,41	0,20	28
- transport			
. laadplaats - opstand	0,001474 * C1		

C1 = gemiddelde (enkele) afstand (m) tussen laadplaats en de opstand.

Na invulling van de bovenstaande elementtijden in het model van bijlage 4 worden de volgende formules verkregen.

Formule: Volvo-blazer (T = tijd in min./ton)

PKMg (1,25 min./ton):  $T = 0,1332 + 0,00003344 * C1$

kalk (3,0 min./ton):  $T = 0,1083 + 0,00003344 * C1$

Deze formules zijn uitgewerkt weergegeven in tabel 43.

Tabel 43. Tijdsbesteding methode Volvo-blazer  
PKMg (1,25 ton/ha) / kalk (3,00 ton/ha)  
(uren/ton; incl. 40% AT)

C1	0	100	250	500	750	1.000	2.000
PKMg	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,20
kalk	0,11	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,18

C1 = gemiddelde (enkele) afstand (m) tussen laadplaats en de opstand.

#### 6.7.5. Kosten per ton

##### 6.7.5.1. Catweazle

Voor het berekenen van de kosten per ton meststof moeten de kosten van de bestuurder en de Catweazle (rupsvoertuig inclusief blaasaggregaat) in rekening worden gebracht. Omdat het uurtarief van de Catweazle niet te berekenen is, is uitgegaan van de opgave van het aannemersbedrijf. Hieronder zijn de aangehouden tarieven weergegeven:

Catweazle (complete unit incl.

personeel en silowagen) f 280,-

totaal

f 280,- per uur

In tabel 44 zijn de kosten uitgewerkt. Hierbij is uitgegaan van een gemiddelde transportafstand in het bos van 50 m (zie ook bijlage 6).



Tabel 44. Kosten methode Catweazle

mestsoort	afstand laadplaats tot opstand (m)	tijd/ton	kosten/ton
PKMg (1,25 ton/ha)			
	0 m	0,22 u/ton	60,-/ton
	250	0,25	69,-
	500	0,28	78,-
	750	0,31	87,-
	1.000	0,34	96,-
kalk (3,0 ton/ha)			
	0 m	0,17 u/ton	48,-/ton
	250	0,21	57,-
	500	0,24	66,-
	750	0,27	75,-
	1.000	0,30	84,-

## 6.7.5.2. Volvo-blazer

Voor het berekenen van de kosten per ton meststof moeten de kosten van de bestuurder en de Volvo-blazer in rekening worden gebracht. Ook het uurtarief van de Volvo-blazer is niet te berekenen. Daarom is uitgegaan van de opgave van het aannemersbedrijf. Hieronder zijn de aangehouden tarieven weergegeven:

Volvo-blazer (complete unit incl. personeel en silowagen) f	280,-
totaal	<u>f 280,- per uur</u>

In tabel 45 zijn de kosten uitgewerkt.

Tabel 45. Kosten methode Volvo-blazer

mestsoort	afstand laadplaats tot opstand (m)	tijd/ton	kosten/ton
PKMg (1,25 ton/ha)			
	0 m	0,13 u/ton	37,-/ton
	250	0,14	40,-
	500	0,15	42,-
	750	0,16	45,-
	1.000	0,17	47,-
kalk (3,0 ton/ha)			
	0 m	0,11 u/ton	30,-/ton
	250	0,12	33,-
	500	0,13	35,-
	750	0,14	38,-
	1.000	0,15	40,-

## 6.7.5.3. Kosten per ton voor de combinatie van blaasvoertuigen

Aangezien de Volvo-blazer en de Catweazle steeds in combinatie percelen bemesten is het van belang te weten hoe de tijdsbesteding en kosten per ton dan liggen. De verhouding tussen de uit te brengen mest per machine (Volvo-blazer versus Catweazle) per perceel is geen vaste verhouding. Steeds zal de oppervlakte en de lengte en breedte van het perceel van invloed zijn op deze verhouding. Dat er extremen kunnen voorkomen is duidelijk. Indien een perceel een breedte heeft van ca. 50 m dan wordt het gehele perceel bemest door de Volvo-blazer (100% Volvo-blazer: 0% Catweazle). Heeft een perceel daarentegen een lengte en breedte van 200 bij 200 m zonder ontsluitingswegen dan wordt grofweg 40% van de oppervlakte bemest door de Volvo-blazer en 60% door de Catweazle. Het zou te ver gaan hier een overzicht te geven van alle mogelijke combinaties. Daarom is er voor gekozen om op basis van de ervaringen die tijdens de proeven zijn opgedaan een calculatie op te zetten voor de combinatie van blaasvoertuigen. Tijdens de proeven werd bij benadering 60% van de oppervlakte bemest door de Volvo-blazer en 40% door de Catweazle. Met behulp van deze gegevens en de kosten per ton van de afzonderlijke machines zijn de volgende kosten voor de combinatie van de Volvo-blazer en Catweazle berekend.



Foto 11. De silowagen wordt op de werkplek bijgevuld

Het tarief is in dit geval van de som van de tarieven van beide machines en is daarom bepaald op f 560,- voor de gehele unit (Volvo-blazer, Catweazle, inclusief personeel en silowagen). In tabel 46 zijn deze kosten verder uitgewerkt.

Tabel 46. Kosten methode combinatie van blaasvoertuigen -  
Catweazle + Volvo-blazer

mestsoort	afstand laadplaats tot opstand (m)	tijd/ton	kosten/ton
PKMg (1,25 ton/ha)			
	0 m	0,08 u/ton	46,-/ton
	250	0,09	52,-
	500	0,10	57,-
	750	0,11	62,-
	1.000	0,12	67,-
kalk (3,0 ton/ha)			
	0 m	0,07 u/ton	38,-/ton
	250	0,08	44,-
	500	0,09	49,-
	750	0,10	54,-
	1.000	0,11	59,-

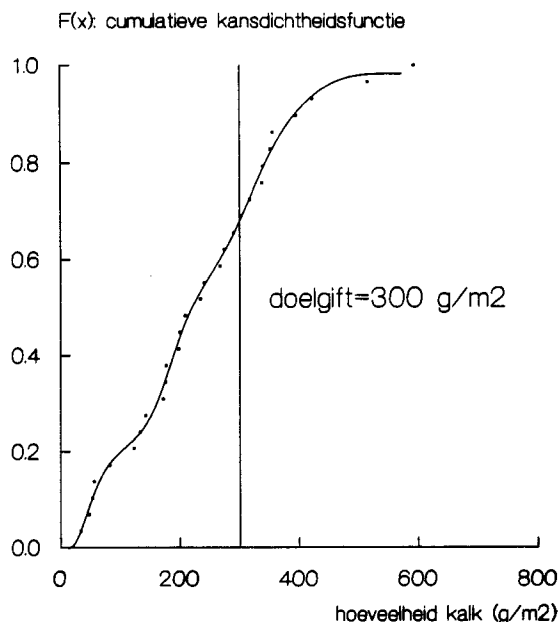
## 6.7.6. Controle op kwaliteit verspreiding

Door allerlei omstandigheden kon slechts één controlemeting worden verricht. Dit is gedaan met kalk in vak 208a. De problemen met PKMg werden veroorzaakt door de meststof. De metingen per bak staan in bijlage 7. De kengetallen worden gepresenteerd in tabel 47.

Tabel 47. Kengetallen controlemeting combinatie blaasvoertuigen

	<u>kalk</u>
gemiddeld, g/bak	60,8
standaardafwijking	34,1
variatiecoëfficiënt	56,2
minimum, g/bak	8,5
doelgift, g/bak	75,0

Met deze methode werd 81% van de doelgift gerealiseerd. Nadere analyse van deze ene meting laat zien dat de gift in de strook van ca. 35 m langs de boswachterij op 140% van de doelgift ligt en meer in het binnengedeelte op ca. 70%. Hier schort het dus aan de afstemming van beide machines. De controlemeting levert een variatiecoëfficiënt op van 56. De cumulatieve kansdichtheidsfunctie  $F(x)$  wordt weergegeven in figuur 13.



Figuur 13. Combinatie blazers (kalk)

## 6.8. Vliegtuig

### 6.8.1. Beschrijving werkmethode

De meststof is uitgebracht met een landbouwvliegtuig van Ton van der Meulen. Dit toestel heeft een tankinhoud van 1500 l. De meststof kan worden gedoseerd met behulp van een regelbare bodemklep. Gezien de hoge hoeveelheden meststof per ha is in de praktijkproef altijd met open klep gestrooid. De verdeling van de meststof gebeurt door middel van een stelsel van naast elkaar geplaatste sleuven, de zogenaamde venturi-strooier. Tijdens het vliegen wordt de kunstmest vanuit de sleuven door de erdoor gaande luchtstroom meegenomen. Met deze strooier kunnen alleen korrelvormige meststoffen worden uitgebracht.

De werkeenheid bestaat uit:

- vliegtuig en piloot
- wielkraan en bediening
- grondman/mechaniciën
- twee man voor de bakens in het veld

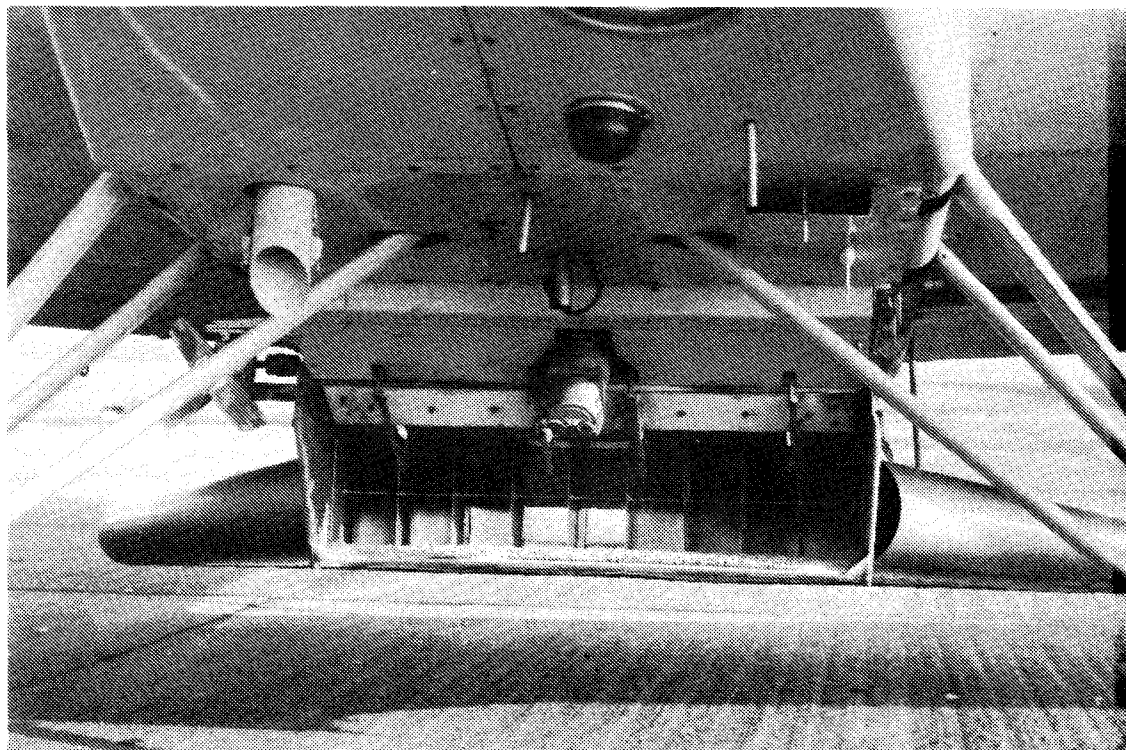


Foto 12. De venturi-strooier onder het vliegtuig

### Werkwijze

De kunstmest wordt aangeleverd in "big bags" op vrachtwagens en gelost op pallets m.b.v. een wielkraan. "Big bags" zijn kunststofzakken. Voor de proef zijn "big bags" gebruikt met een inhoud van 1.500 l. De zakken zijn voorzien van vier lussen. Met behulp van twee loodrecht op elkaar gelaste ijzers in de vorm van een kruis kunnen de "big bags" met een wielkraan verplaatst worden. Aan de onderkant van de "big bag" zit een slurf die met touw dichtgebonden is, door dit touw los te maken loopt de "big bag" leeg. De "big bags" worden zodanig neergezet dat de rijafstand bij het laden van het vliegtuig maximaal 25 m is.

Het laden:

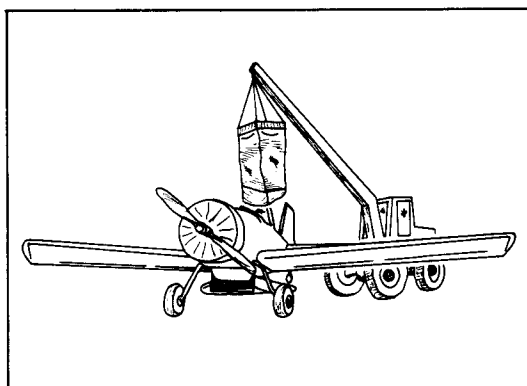
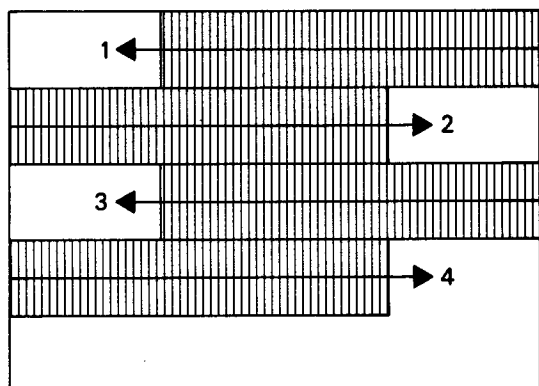
De grondman maakt de "big bag" vast aan de kraan, de kraan rijdt naar het vliegtuig, de grondman klimt op het vliegtuig, opent de klep en snijdt het touw van de "big bag" los. Nadat de "big bag" leeg is, doet de grondman de klep dicht, de kraan rijdt weg en het vliegtuig stijgt op. Vóór het vliegen worden de te bemesten banen uitgezet m.b.v. vlaggetjes. Tijdens het bemesten worden de banen voor de vlieger aange-

geven met behulp van glasfiber stokken van 15 m lengte met daaraan een aantal ballonnen. De vlieger staat door middel van portofoons in verbinding met de mensen in het veld, die voor de markering zorgen.

#### Technische gegevens

. machine		: March turbo thrush s2r
. laadwijze		: wielkraan + "big bag"
. laadvermogen		: 1.500 l
. vliegsnelheid		: 180 km/uur
. vlieghoogte		: ca. 40 m
. mestsoort		: kalk, PKMg en PK
. mestvorm		: granulaat
. uit te brengen hoeveelheid		: kalk 3.000 kg/ha
		: PKMg 1.100 kg/ha
		: PK 560 kg/ha
. werkbreedte	kalk	: 5 m (2 maal dezelfde baan)
	PKMg	: 6,5 m
	PK	: 12 m
. hulpmiddelen		: bakens, verbindingsapparatuur
. verkeersmaatregelen		: langs openbare wegen borden plaatsen.

#### Vliegpatroon:



### 6.8.2. Organisatie

Met het vliegtuig kan eveneens in een hoog tempo worden gewerkt. Bij gunstig weer wordt tot 100 ton meststof per dag uitgebracht, mits de aanvoerlijnen van meststoffen goed functioneren. De voorbereiding en de logistiek voor het gebruik van vliegtuig of helikopter zijn meeromvattend dan voor de methoden vanaf de grond. Ook bij deze werkwijzen geldt dat de beheerder zorgt voor terreinselectie, kaartmateriaal en toegangsmogelijkheden voor grondpersoneel dat de markering aanbrengt. Een zeer belangrijk aspect bij de voorbereiding is de keuze van het vliegveld of eventueel landingsstrip. Dit wordt door het vliegbedrijf geregeld. In de Peel lag het vliegveld naast het boscomplex, een zeer gunstige situatie.

Landingsmogelijkheden op meer dan 10 km afstand van de werkplek zullen alleen in noodgevallen benut worden. Bij afwezigheid van een verharde landingsstrip kan worden volstaan met een landingsbaan van 700 m lengte en een obstakelvrije breedte van 40 m op een verharde plattelandsweg of op een weiland met een stevige ondergrond. Deze omstandigheden zijn buiten het landschap van de nieuwe polders veelal niet aanwezig.

Vergunningen voor het vliegen worden afgegeven door de Rijksluchtvaartdienst en de burgemeester van de betreffende gemeente. De vliegmaatschappij zorgt hiervoor.

Vliegvelden en vliegtuigen, zowel als helikopters, moeten voldoen aan de verschillende criteria van veiligheid. De aanwezigheid van verkeersleiding, brandblusapparatuur e.d. is normaliter een vereiste op een normaal in bedrijf zijnd vliegveld. Wordt er slechts met één toestel gevlogen dan mag ook gebruik gemaakt worden van een voor normaal verkeer gesloten veld, mits in eigen blusapparatuur en EHBO-materiaal wordt voorzien.

De beheerder of directievoerder regelt een regelmatige en zeer tijdige aanvoer van meststoffen, zodanig dat steeds tenminste een dagvoorraad van ongeveer 100 ton klaar ligt.

Tijdens de praktijkproef was de aanvoerlijn vanaf de fabriek twee uren of langer. Als meerdere 30-tons vrachten per dag moeten worden aangevoerd dient het aanvoerschema meermalen per dag gecontroleerd te worden bij de expeditieafdelingen van de leveranciers.



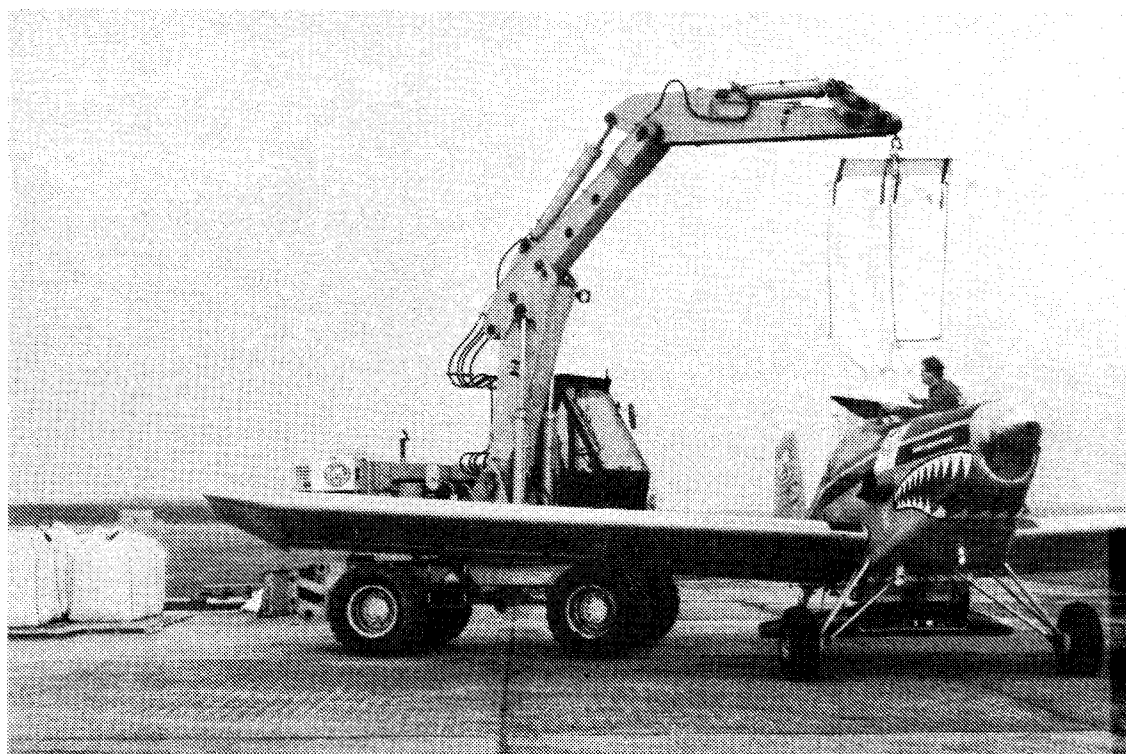


Foto 13. Het vliegtuig wordt geladen m.b.v. "big bags"

De effectieve vliegtijd is sterk afhankelijk van de weersgesteldheid. Bij een windkracht boven 4 tot 5 Beaufort en bij zware regen of vorst met als gevolg ijsafzetting kan niet worden gevlogen. Bij de aanvoer van meststoffen zal hiermede rekening moeten worden gehouden. Bij het uitbrengen van meststoffen met het vliegtuig moet absoluut voorkomen worden dat meststoffen vocht aantrekken en gaan klonteren. Een maal heeft het vliegtuig moeten landen met een nog volle laadruimte met kalkmeststof omdat de uitstroomopening verstopt zat. Nog vier andere "big bags" zijn niet uitgevlogen vanwege klonteringen.

Om het aantrekken van vocht te voorkomen zijn de "big bags" voor het merendeel op pallets geleverd; een gedeelte is op landbouwplastic geplaatst. Het geheel werd 's nachts stevig in landbouwplastic gepakt, dat met touw en zandzakken bijeengehouden werd.

De stellige indruk bestaat dat deze maatregelen voldoende waren en dat de te vochtige zakken zo zijn aangeleverd.

"Big bags" zijn tamelijk kwetsbaar voor stoten en schuren bij het verladen; het zijn eenmalige verpakkingen. Tien zakken met PKMg vertoonden beschadigingen die voornamelijk door een vorkheftruck veroorzaakt zijn bij het laden en twee zakken waren niet voldoende dichtgebonden.

In Nederland zijn meerdere vliegbedrijven gespecialiseerd in het uitbrengen van landbouwbestrijdingsmiddelen en -meststoffen, meestal in vloeibare vorm. Met bosbemesting is nog weinig ervaring opgedaan. Het benodigde materieel is aanwezig, landingsmogelijkheden binnen aanvaardbare afstand zullen echter niet overal aanwezig zijn.

### 6.8.3. Bepaling strooibeelden

Er moesten met het vliegtuig giften van 600 kg PK per ha, 1.100 kg PKMg-granulaat per ha en 3.000 kg korrelkalk per ha worden verstrooid.

Bijlage 5 laat het enkelvoudige strooibeeld zien 600 kg PK-granulaat. Uit de figuur blijkt dat het midden van de vlucht rechts van het middelpunt van de bakken ligt. Het strooibeeld lag ook steeds rechts van het midden van het vliegtuig. Dit komt doordat er is gevlogen met wind van links. Het strooibeeld vertoont een steile piek, maar is links en rechts vrij goed gelijk. Uit bijlage 5 blijkt dat een gift van 600 kg wordt bereikt bij een werkbreedte van 12 m met een VC van 11,1. Dit geldt in dit geval echter alleen als rond wordt gevlogen. Bij heen en weer vliegen is de VC 28,8. De gift van 1.100 kg moet worden gevlogen met een werkbreedte van 6,5 m bij een VC van 7,7. Het enkelvoudige strooibeeld bij 3.000 kg korrelkalk is weergegeven in bijlage 5. Ook dit strooibeeld is vrij steil en lijkt wat links een en rechts een lage piek. Uit bijlage 5 blijkt dat deze gift in één keer in de praktijk niet haalbaar is, de werkbreedte is dan maar 2,5 m. Twee keer vliegen met 1.500 kg op een werkbreedte van 5 m geeft een goed resultaat bij een VC van 7,1.

Tijdens het proefvliegen ontstond de indruk dat de verdeling in de lengterichting vooral bij de hoge gift niet goed was. Daarom zijn in de vliegrichting op drie afstanden, namelijk 100, 500 en 900 m na het begin van het uitbrengen, strooibeelden in de breedte bepaald. De diverse strooibeelden in bijlage 5 geven eenzelfde smalle werkbreedte te zien met een hele steile piek. In dit geval is alleen de hoogte van de gift in de lengterichting belangrijk en niet de exacte werkbreedte. De afknotting links in de drie figuren wordt veroorzaakt door een tekort aan geplaatste bakken aan de linkerkant van het strooibeeld. In bijlage 5 blijkt bij een werkbreedte van 5 m op 100 m na het begin de



Foto 14. Markering is nodig voor de piloot van het vliegtuig

gift 1.616 kg te zijn bij een VC van 10,1. Op 500 m na het begin is in bijlage 5 de gift bij 5 m werkbreedte gezakt tot 1.301 kg bij een VC van 15,1. Uit bijlage 5 blijkt dat na 900 m de gift bij 5 m werkbreedte is gezakt tot 874 kg per ha bij een VC van 19,7.

Het blijkt dus dat bij het vliegtuig de strooibeelden in de breedte goed zijn, maar dat bij hoge giften per ha het strooibeeld in de lengterichting kort na de start naar een hoge piek gaat om vervolgens over een lengte van ongeveer 1.000 m af te lopen naar nul. Dit komt omdat bij hoge giften de dosering niet met de bodemklep geregeld kan worden. Bij de giften, zoals toegepast bij de bosbemesting, moet deze

klep meteen maximaal worden geopend. Alleen bij zeer lage giften van enige honderden kg per ha kan met behulp van de bodemklep gedoseerd worden.

Om het lengtestrooibeeld goed te krijgen zal bij lage giften met PK en PKMg heen en weer gevlogen moeten worden bij de opeenvolgende werkgangen, dus de eerste werkgang van links naar rechts vliegen en de aansluitende gang van rechts naar links. Bij hoge giften met kalk moet twee keer over dezelfde strook gevlogen worden, dus bij de eerste werkgang eerst van links naar rechts, daarna over dezelfde strook van rechts naar links en daarna pas naar de volgende werkgang.

#### 6.8.4. Resultaat tijdstudies

Met het vliegtuig zijn de volgende hoeveelheden meststoffen uitgebracht:

	PKMg	kalk	PK
gepland, ton	43	182,5	16
uitgebracht, ton	38,5	179,5	16
aantal vluchten			
in tijdstudie	23	70	12

Van de kalk zijn twee "big bags" niet verspreid. Eén zak bevatte vochtige kalk en moest uit het laadruim van het vliegtuig worden geschept. Eén zak is gebruikt voor de STAS-metingen om het verloop van het strooibeeld in de lengterichting te bepalen. Van de PKMg zijn drie "big bags" niet verspreid. Dit vanwege klontervorming in de meststof waardoor de mest moeilijk uit de zak liep.

De geplande inzetijd voor het vliegtuig werd fors overschreden. De weersomstandigheden waren zodanig dat in week 47 slechts in zeer beperkte mate gevlogen kon worden. Boven een windkracht 4 à 5 (Beaufort) kan geen mest worden verspreid.

De tijdstudies hebben plaatsgevonden op 23 en 24 november. Op deze dagen was er een verschil in windrichting, die gevolgen had voor de vliegafstanden heen en terug. De afstanden heen op 23-11 zijn met 400 m verhoogd, terwijl op 24-11 de afstanden terug met 400 m zijn verlaagd.

Tijdens de tijdstudie zijn de strooitijden vastgelegd door middel van radiocontact met de piloot. De gehele cyclus kon namelijk door één waarnemer niet geheel geobserveerd worden. In een aantal vluchten, vooral bij de PK en PKMg, moest over kortere afstanden worden bemest. Hierdoor moest het vliegtuig meerdere wendingen maken tijdens het strooien. De tijden voor het wenden zijn niet als afzonderlijk element in de tijdstudie opgenomen, wel het aantal keren dat dit voorkwam. De wendtijd zit in de tijd voor het vliegen.

In tabel 48 worden enige kengetallen gepresenteerd, die tijdens het vliegen zijn opgenomen.

Tabel 48. Kengetallen tijdens het uitbrengen van mest met het vliegtuig

		gem.	min.	max.
windkracht	Beaufort	2,8	1,0	4,0
afstand, m	PKMg	3.500	2.300	9.000
	kalk	2.400	2.400	2.400
	PK	2.400	2.400	2.400
lading, ton	PKMg	1.500	1.500	1.500
	kalk	1.500	1.500	1.500
	PK	1.370	1.200	1.400

Bij de analyse van de tijdstudiedata is op de eerste plaats gekeken of er per element een invloed is van de meststof. Daartoe zijn per element met Genstat 5 de varianties en de standaardafwijkingen berekend. Bij de tijd voor vliegen-belast is tevens een klasse-indeling gemaakt naar het aantal wendingen, om de invloed van het wenden na te gaan.



Foto 15. Vliegtuig in actie

Significante verschillen waren aantoonbaar bij de elementen laden en strooien, waarbij met kalk minder tijd nodig is dan met PKMg en PK. Bij de elementen stijgen, vliegen-belast, vliegen-onbelast en dalen werden geen verschillen tussen de meststoffen geconstateerd. De gevonden verschillen zijn goed verklaarbaar. Door het hogere stortgewicht van kalk stroomt de meststof, zowel bij het laden als bij het strooien sneller uit de "big bag" resp. uit het vliegtuig. Voor vliegen-belast (bij 0 en 1 wending) en vliegen-onbelast zijn vervolgens relaties berekend met de afstand in km.

De tijd per ton voor het vliegtuig wordt berekend met de formule:

$$\text{TIJD/TON} = \frac{\text{LADEN+STIJGEN+VLIEGENBEL+STROOIEN+VLIEGENONBEL+DALEN}}{\text{LADING}}$$

De waarden voor de elementtijden worden gegeven in tabel 49.

Tabel 49. Elementtijden methode vliegtuig

tijdelement	tijd in min.	s.e.	n waarn.	lading, ton
laden PKMg, PK	0,82	0,0830	31	
kalk	0,60	0,0297	70	
stijgen	0,43	0,0071	105	
vliegen belast <sup>1)</sup>	0,62*afstand	0,0115	75	
strooien PKMg, PK	0,64	0,0972	35	
kalk	0,41	0,0066	70	
vliegen onbelast	0,27*afstand	0,0520	105	
dalen	0,44	0,0319	105	
lading PKMg, kalk				1,5
PK				1,4

1) De tijd in minuten is geldig bij 0 of 1 wending tijdens het strooien. Bij 2 tot 4 windingen moet deze tijd met 40% en bij 5 tot 10 windingen met 200% worden verhoogd.

Ingevuld geeft dit de volgende formules:

PKMg:  $\text{uur/ton} = 0,026 + 0,010 \cdot \text{afstand in km}/1,5$

kalk:  $\text{uur/ton} = 0,021 + 0,020 \cdot \text{afstand in km}/1,5$

PK :  $\text{uur/ton} = 0,028 + 0,011 \cdot \text{afstand in km}/1,4$

In tabel 50 wordt voor verschillende vliegafstanden de benodigde tijd in uren per ton gegeven.

Tabel 50. Benodigde tijd in uren per ton voor het uitbrengen van meststoffen met het vliegtuig

vliegafstanden, km	1	2,5	5	7,5	10
PKMg (1,1 ton/ha)	0,036	0,051	0,075	0,100	0,125
kalk (3 ton/ha)	0,031	0,046	0,070	0,095	0,120
PK (0,6 ton/ha)	0,038	0,054	0,083	0,107	0,134

De in tabel 50 genoemde tijden zijn pure vliegtijden. Om bemestingsactiviteiten met het vliegtuig in de tijd te kunnen plannen dient men deze tijden met 1,5 te vermenigvuldigen. Daarbij is echter geen rekening gehouden met onwerkbaar weer.

#### 6.8.5. Kosten per ton

Voor het berekenen van de kosten per ton dienen de kosten per uur van het vliegtuig met piloot en overige medewerkers in rekening te worden gebracht. Omdat voor het vaststellen van deze uurkosten weinig ervaringscijfers beschikbaar zijn is uitgegaan van de tarieven zoals die door Aero Service BV voor de praktijkproef zijn gehanteerd. De prijs per uur is als volgt opgebouwd:

vliegtuig incl. piloot	f 1.950,-
laadkraan incl. chauffeur	f 105,-
auto's, markeringsmasten en -materiaal, radioverbinding en bedieningspersoneel	f 305,-
totaal	f 2.360,-

Bij deze kosten zijn geen kosten in rekening gebracht die eventueel nodig zijn voor het gebruik van een vliegveld of landingsbaan. In de



Peel werd het vliegveld zonder kosten door het Ministerie van Defensie ter beschikking gesteld.

De kosten per ton voor het uitbrengen van diverse kunstmeststoffen met het vliegtuig worden in tabel 51 gepresenteerd.

Tabel 51. Kosten in guldens per ton voor het verspreiden van kunstmest met vliegtuig

afstand in km	1	2,5	5	7,5	10
mestsoort					
PKMg (1,1 ton/ha)	85	120	177	236	295
kalk (3 ton/ha)	73	109	165	224	283
PK (0,6 ton/ha)	90	127	196	253	316

#### 6.8.6. Controle op de kwaliteit van de verspreiding

Bij het vliegtuig zijn twee controlemetingen verricht in de vakken 212b (licht scherm) en 203 (verjongingsvlakte). De eerste betreft de verspreiding van PK, de tweede van kalk. De meting van PKMg kon niet worden gerealiseerd.

De resultaten van de metingen met de gewichten per bak staan vermeld in bijlage 7. In tabel 52 worden de kengetallen gepresenteerd.

Tabel 52. Kengetallen controlemetingen vliegtuig

	<u>kalk</u>	<u>PK</u>
gemiddeld, g/bak	25,8	7,5
standaardafw.	11,6	4,1
var. coëfficiënt	45,2	55,2
minimum, g/bak	10,5	0,7
maximum, g/bak	58,3	15,9
doelgift, g/bak	75,0	15,0

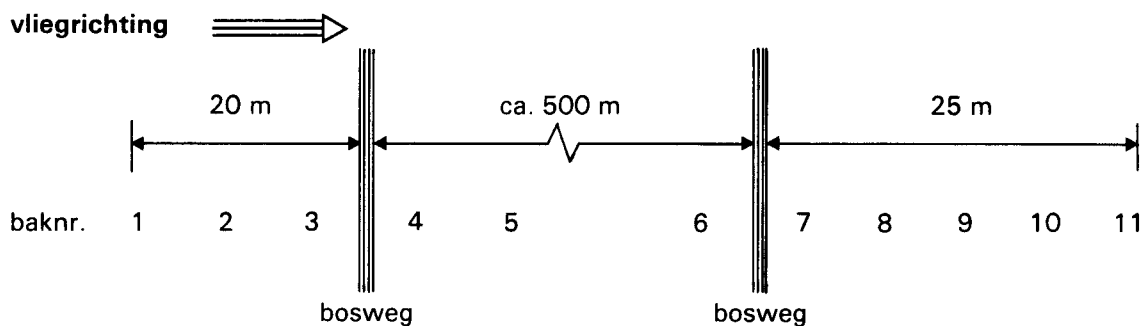


Foto 16. STAS-medewerkers bepalen het strooibeeld van het vliegtuig

Uit deze metingen blijkt dat het vliegtuig bij kalk 35% en bij PK 50% van de doelgift haalt. De opname bij kalk is gemaakt, voordat besloten werd dat bij de opeenvolgende vluchten tegen elkaar in moest worden gevlogen. Metingen op het vliegveld wezen namelijk uit dat bij een afstand van 900 m vanaf het beginstrooipunt de gift per ha terugloopt van ca. 1600 kg per ha tot ca. 900 kg per ha. De controlemeting van de kalk heeft op ca. 900 m vanaf het beginstrooipunt plaatsgevonden. Omdat twee keer in dezelfde richting is gevlogen had er een gift moeten liggen van ca. 1800 kg per ha. Gemeten is 1050 kg, onder deze omstandigheden ca. 60% van de doelgift. Bij de PK is wel tegen elkaar

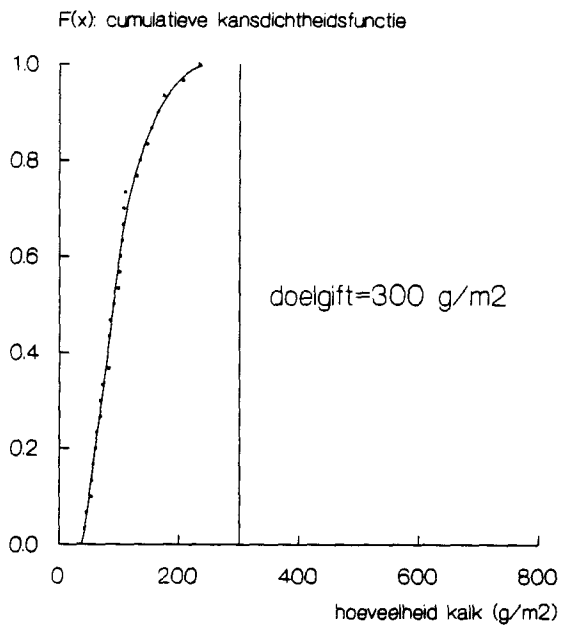
ingevlogen. Ook hier wordt slechts de helft van de doelgift gerealiseerd.

De variatiecoëfficiënt als maat voor de verdeling van de meststof, ligt voor kalk op 45 en voor PK op 55. De verdeling van de meststof wordt geïllustreerd in de figuren 14 en 15 door de cumulatieve kansdichtheidsfunctie  $F(x)$ . Zowel voor de kalk als de PK is de kans dat er minder meststof ligt dan de doelgift bijna 100%. In het begin bij het uitbrengen van de kalk bleek nogal wat meststof buiten de te bemesten vakken terecht te komen. Om hierin meer inzicht te krijgen is door de STAS een meting uitgevoerd bij PKMg. De meetopstelling met meetresultaten staan in onderstaand schema.

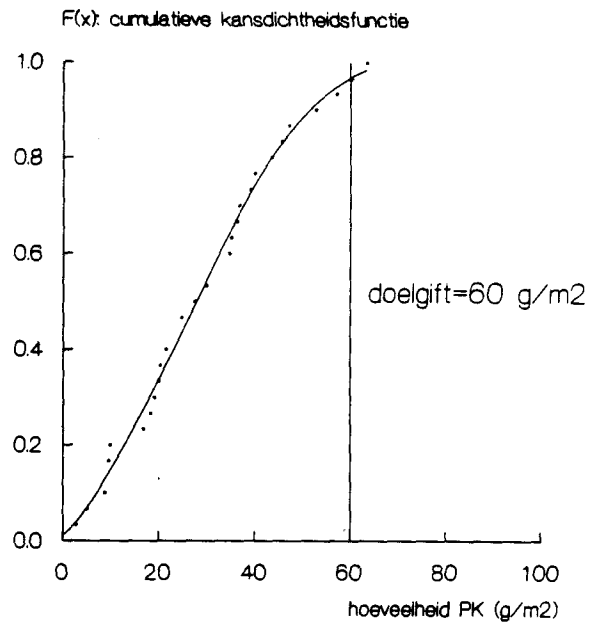


baknr.	g PKMg/bak	baknr.	g PKMg/bak
1	4,4	6	41,5
2	8,5	7	26,0
3	6,8	8	25,2
4	10,1	9	23,6
5	15,8	10	20,3
		11	22,7

De hoeveelheid mest die aan het begin buiten het vak valt is betrekkelijk gering. Dit is in overeenstemming met de visuele waarneming. In het vak zelf is de hoeveelheid per ha in de beginstrook te laag. Door tegen elkaar in te vliegen wordt dit gecompenseerd. De doelgift bij PKMg is 27,5 g/bak (1.100 kg per ha). De hoeveelheid buiten het vak aan het eind is daarentegen groter. Op basis van deze ene meting zijn moeilijk uitspraken te doen.



Figuur 14. Vliegtuig (kalk)



Figuur 15. Vliegtuig (PK)

Door de STAS is vastgesteld dat de vliegengte voor het strooien van één vracht kalk ca. 1.000 m is. Omgerekend voor PK en PKMg komt dit op ca. 1500 m. Gaan we ervan uit dat één wending nog acceptabel is dan moeten de te bemesten oppervlakten een minimale lengte hebben van 500 tot 750 m. Kleinere oppervlakten betekenen meer windingen en dus meer tijd (ook voor het grondpersoneel). Daarnaast neemt de onnauwkeurigheid van het uitbrengen toe. Alleen in incidentele gevallen kan dit met het vliegtuig worden uitgevoerd.

## 6.9. Helikopter

### 6.9.1. Beschrijving werkmethode

Voor het strooien werd gebruik gemaakt van een helikopter van de firma Schreiner met een maximaal laadvermogen van 1600 kg. Hieronder werd een aparte, verwisselbare strooiunit van Duits fabrikaat bevestigd. Deze bucket met centrifugaalstrooier had een bakinhoud van ongeveer 1.000 l. De strooischijf werd aangedreven door een opgebouwde benzinemotor met een constant toerental. In de strooier was een klep gebouwd, die alleen bij het begin van het strooien geopend kon worden. Deze klep was niet regelbaar. Eenmaal begonnen met strooien moest de bucket dus in één keer leeggestrooid worden. Als aan het eind van een

te bemesten perceel de bak nog niet leeg was, werd boven een ander perceel doorgestrooid. Wilde men toch boven het juiste perceel blijven dan moest tijdens het keren gewoon doorgestrooid worden.

Met deze strooier kunnen alleen korrelvormige meststoffen worden uitgebracht.

De werkeenheid bestaat uit:

- helikopter en twee piloten
- twee buckets
- shovel en chauffeur
- grondman/mechaniciën
- vrachtwagen en chauffeur

Werkwijze

De kunstmest wordt in twee soorten containers aangevoerd, nl. BAV- en open containers. De BAV-containers dienen als buffervoorraad en worden aangesproken wanneer de vrachtwagen een nieuwe container moet opladen.

De shovel heeft een aangepaste bakinhoud van 1.100 l, die gelijk is aan de inhoud van de bucket. Er worden twee buckets gebruikt, zodat er steeds een volle bucket beschikbaar is.

Het laden:

De vrachtwagen wordt zo dicht mogelijk bij de landingsplaats gezet. Door de container in de kipstand te houden, kan de shovel geladen worden door de schuif van de container te openen. Dit gebeurt door de chauffeur van de vrachtwagen. Hierna kan de shovel naar de bucket rijden en deze op aanwijzing van de grondman vullen. De grondman loodst de helikopter binnen, de helikopter zet de lege bucket neer en haakt de volle weer aan.

Het uitbrengen:

De piloot maakt aan de hand van de beheerskaart een vliegplan, waarbij het aantal vluchten en de volgorde van de te bemesten vakken wordt vastgesteld. De piloot heeft tijdens het vliegen contact met de mechaniciën en/of met een persoon in het veld via een portofoon.

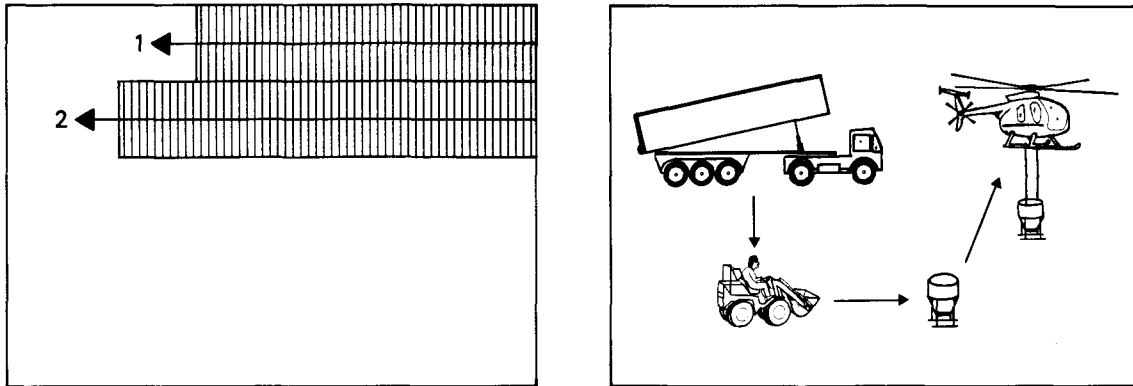


Foto 17. De bucket wordt geladen met een speciale laadschep. Op de achtergrond de container met de vrachtwagen en BAV-containers.

#### Technische gegevens

. machine	: heli aero spatial
. Bucket	: helistreu
. laadvermogen	: 1.000 kg
. laadwijze	: laadschop
. vliegsnelheid	: 50-60 km/uur
. vlieghoogte	: 40-50 m
. mestsoort	: kalk, PKMg en PK
. mestvorm	: granulaat
. uit te brengen hoeveelheid	: kalk 3.000 kg/ha
	: PK 560 kg/ha
. werkbreedte kalk	: 8,5 m (2 maal vliegen)
	PKMg : 10 m
	PK : 19 m
. hulpmiddelen	: portofoon
. verkeersmaatregelen	: langs openbare wegen borden plaatsen

Vliegpatroon:



### 6.9.2. Organisatie

Voor de inzet van een helikopter gelden in hoofdlijnen dezelfde voorbereidingen en logistiek als voor het vliegtuig. Het is een groot-schalige uitbrengingsmethode die in het buitenland toegepast wordt waar terreinvoertuigen niet kunnen komen, zoals in het gebergte en in jonge dichte opstanden met een grote oppervlakte. Per dag wordt tot 100 ton meststof uitgebracht. De afhankelijkheid van wind, zware regen en vorst (ijsafzetting) speelt tenminste zozeer als bij het vliegtuig. Bij veranderlijke weersomstandigheden en korte donkere dagen in herfst en winter kan er vaak niet continu of maar een gedeelte van de dag worden gevlogen. Wanneer is niet ruim van te voren te voorzien. Een vliegtuig of helikopter laten wachten is duur. Daarom dient alles op de grond gereed te staan.

De helikopter heeft het belangrijke voordeel dat hij kan opereren zonder vliegveld of lange landingsstrip. De landingsplaats voor een helikopter moet ongeveer 40 bij 40 m zijn en een obstakelvrije invliegroute hebben van ca. 100 m lengte tegen de windrichting in. Hoe meer de helikopter verticaal moet stijgen des te minder vermogen blijft over voor het heffen van de last. De ondergrond van de landingsplaats moet verhard of begroeid zijn. Opwaaiend zand en stof veroorzaken namelijk ontoelaatbare hinder en vervuiling van de machine. In verband met de aanvoer van meststoffen in zware vrachtautocombinaties met een lading van 30 ton moet de toegangsroute tot de landingsplaats zo hard zijn dat ook bij nat weer regelmatig op en neer gereden kan worden.

Op de vliegbasis kon ruimschoots worden voldaan aan deze eisen, zij het dat er voorzichtig met zwaargeladen trucks op de taxibanen moest worden gemanoeuvreed.

De tweede landingsplaats werd gevonden op een halfverharde weg op ca. 800 m van het centrum van het te behandelen complex in de bossen van de gemeente Venray. Deze landweg wordt aan de ene kant begrensd door een weideafrastering en door een ruig terrein met enige opslag en een greppel aan de andere zijde. De ca. 10 m breedte tussen afrastering en greppel bleek nog voldoende om met helikopter en buckets te kunnen manoeuvreren, hoewel door de stevige oostenwind het werktempo vertraagd werd.

Hoewel het uitgevoerde bedrijf in West-Duitsland betrokken is bij bosbemesting duiden de ervaringen in de Praktijkproef niet op de inzet van een team dat goed voorbereid was. Zowel qua organisatie als qua uitrusting bleken er belangrijke onvolkomenheden te zijn.

Het bedrijf had verzuimd tijdig de benodigde brandstoftankeenheid goedgekeurd te verkrijgen voor gebruik in Nederland. Huur van een Nederlandse unit op het laatste ogenblik mislukte vanwege de kosten en de duur van de beschikbaarheid. Dit resulteerde in driemaal daags een extra vlucht naar het vliegveld van Eindhoven om te tanken, hetgeen per dag een oponthoud van ongeveer 2 uren veroorzaakte.

In strijd met de gemaakte afspraken waren de door de luchtleiding verlangde brandblusapparatuur en de EHBO-voorziening niet meegebracht. Ook de toegezegde portofoonverbinding van de tijdwaarnemer met de piloot bleek eerst niet en later niet permanent beschikbaar.

Na het ter beschikking stellen van het kaartmateriaal werd geen vluchtplan opgesteld. Evenmin was er voldoende vooroverleg gepleegd met het bedrijf dat de buckets leverde, met als gevolg de inzet van een verkeerd type dat was ontwikkeld voor het strooien van "erdfeuchtes Material".

Er werd niet tijdig ingespeeld op de naderende situatie dat toestemming voor verlenging van het vliegen vanaf de basis aangevraagd moest worden bij het Ministerie van Defensie en de Rijksluchtvaartdienst. Alleen door veelvuldig een beroep te doen op de goodwill, de inzet en het organisatievermogen van de vliegbasisleiding kon de uitvoering doorgang vinden.



Het contact met het grondpersoneel over de voortgang werd nauwelijks door de piloten onderhouden; alle coördinatie heeft berust bij het projectteam.

Voor de markering in het terrein van de te behandelen bosopstanden werden geen voorzieningen nodig geacht. Op dringend verzoek van de vliegers moesten meerdere keren hoekpunten van percelen met auto's worden gemarkeerd. Tenslotte zij opgemerkt dat er tijdens de uitvoering nagenoeg geen controle op een goede verspreiding van de meststoffen werd uitgeoefend door de vliegmaatschappij.

Ervaring in Nederland met het uitbrengen van kunstmest in bossen is er nauwelijks. De benodigde apparatuur is mede dankzij het internationale karakter van de vliegmaatschappijen wel, zij het niet in grote aantallen, beschikbaar.

#### 6.9.3. Bepaling strooibeelden

Er moesten met de helikopter giften van 600 kg PK granulaat per ha, 1.100 kg PKMg granulaat per ha en 3.000 kg korrelkalk per ha worden verstrooid.

Bijlage 5 (blad 33) laat het enkelvoudige strooibeeld zien van 600 kg granulaat. Duidelijk zijn de twee pieken zichtbaar die ontstaan als gevolg van de plaats van de opgebouwde motor, waarbij rechts meer wordt gestrooid dan links. Uit bijlage 5 (blad 34) blijkt dat de gift van 600 kg wordt bereikt bij een werkbreedte van 19 m, maar wel met een VC van 3,8. Bij deze uitvoering van de strooier is de verdeling bij deze gift niet goed te krijgen. De gift van 1.100 kg granulaat wordt bereikt bij een werkbreedte van 10 m met een VC van 10,1 als tenminste rond wordt gevlogen.

Het enkelvoudige strooibeeld bij 3.000 kg korrelkalk is te zien in bijlage 5 (blad 35). Bij deze hoge gift valt het scheve strooibeeld sterk op. Rechts komt meer dan links. Uit bijlage 5 (blad 36) blijkt dat 3.000 kg in één keer in de praktijk niet haalbaar is. Er moet twee keer worden gevlogen met 1.500 kg bij een werkbreedte van 8,5 m. Als rond wordt gevlogen heeft men zelfs een VC van 7,8.

De hoeveelheid per ha is ook te regelen door de snelheid van vliegen. De strooier geeft per tijdseenheid constant dezelfde gift. Tijdens een

vlucht moet dus wel een constante vliegsnelheid worden aangehouden. De lengteverdeling van de meststoffen is bij de helikoptermethode niet gemeten.



Foto 18. Helikopter koppelt bucket aan

#### 6.9.4. Resultaat tijdstudies

Met de helikopter zijn de volgende hoeveelheden meststoffen uitgebracht:

	PKMg	kalk	PK
gepland, ton	44,7	181	18
uitgebracht, ton	44,7	181	18
aantal vluchten			
in tijdstudie	38	192	21

Met de helikopter is gevlogen gedurende 6 dagen (1 t/m 5 en 7 december). Ook hier is sprake van overschrijding van de geplande

inzettijd. Dit werd niet veroorzaakt door het weer, zoals bij het vliegtuig, maar door problemen bij de brandstofvoorziening. Dit was door het vliegbedrijf niet afdoende geregeld. Er moest getankt worden op het vliegveld in Eindhoven, wat gemiddeld per keer 40 minuten in beslag nam. Dit had ook tot gevolg dat vol werd getankt, waardoor bij de eerste vluchten minder meststof in de bucket kon worden geladen (maximaal 800 kg). Wordt op of nabij de werkplek getankt dan kan voortdurend met volle last gevlogen worden.

De strooitijden werden vastgesteld met behulp van radiocontact met de piloot. Deze gaf ook de gewichten door van de lading. Dit lukte niet altijd. Bij 50 vluchten kwam de strooitijd niet door en bij 60 vluchten ontbrak het gewicht van de lading. Van de 21 vluchten met PK werden in het geheel geen gewichten ontvangen. De gemiddelde last voor PK is later berekend op basis van de onderlinge verhouding in stortgewicht tussen PK en kalk en de gemiddelde last van kalk.

In tabel 53 worden enige kengetallen gepresenteerd, die tijdens het vliegen zijn opgenomen.

Tabel 53. Kengetallen tijdens uitbrengen van mest met de helikopter

	gem.	min.	max.
windkracht, Beaufort	3	2	4
afstand m, PKMg	1.000	800	2.300
kalk	1.250	400	1.600
PK	1.600	1.600	1.600
lading kg, PKMg	918	860	980
kalk	993	670	1.150
PK	760*)	-	-

\*) berekend op basis van stortgewicht

Met Genstat 5 zijn de varianties en de standaardafwijkingen van de elementen berekend, om na te gaan of er verschillen bestaan tussen de meststoffen. Hierbij zijn de vliegtijden belast en onbelast per km gebruikt.

Er werden geen verschillen gevonden tussen de meststoffen. Dit is ook verklaarbaar, aangezien de situatie anders is dan bij het vliegtuig, waar het stortgewicht invloed heeft op de laad- en strooitijd. Bij de helikopter wordt de bucket geladen met een laadschop en de meststof verspreid met een centrifugaalstrooier. Hetzelfde volume wordt met gelijke snelheden uitgebracht. Er is dan alleen de invloed van het gewicht van de lading op de uiteindelijke tijd per ton.

Voor het vliegen belast en onbelast zijn relaties berekend met de vliegafstanden. Bij de helikopter loopt dit verband niet, zoals bij het vliegtuig, door de oorsprong van de grafiek. De oorzaak hiervan is de lage snelheid van de helikopter kort na het stijgen.

De tijd per ton voor de helikopter wordt berekend met de formule:

$$\text{TIJD/TON} = \frac{\text{LADEN+STIJGEN+VLIEGENBEL+STROOIEN+VLIEGENONBEL+DALEN}}{\text{LADING}}$$

De elementtijden worden gegeven in tabel 54.

Tabel 54. Elementtijden voor methode helikopter

tijdelement	tijd in min.	s.e.	n waarn.	lading, ton
laden	0,48	0,0246	250	
stijgen	0,12	0,0035	250	
vliegen belast	$0,25+0,563*\text{afstand}$	a = 0,0470 b = 0,0375	200	
strooien	0,51	0,0162	201	
vliegen onbelast	$0,63+0,375*\text{afstand}$	a = 0,0573 b = 0,0439	200	
dalen	0,23	0,0173	251	
lading PKMg		7,0	21	0,92
kalk		6,1	159	1,00
PK		-	-	0,76

Ingevuld geeft dit de volgende formules:

PKMg: uur/ton =  $0,040 + 0,017*\text{afstand}$  in km

kalk: uur/ton =  $0,037 + 0,016*\text{afstand}$  in km

PK: uur/ton =  $0,049 + 0,021*\text{afstand}$  in km

Voor verschillende afstanden ingevuld geeft tabel 55 een overzicht van de benodigde vliegtijd voor de helikopter.

Tabel 55. Benodigde tijd in uur per ton voor het uitbrengen van meststoffen met de helikopter

vliegafstand, km	0,25	0,5	1	1,5	2,5
PKMg	0,044	0,049	0,057	0,066	0,083
kalk	0,041	0,045	0,053	0,060	0,076
PK	0,054	0,059	0,069	0,080	0,100

Ook voor de helikopter geldt dat het hier gaat om pure vliegtijden. Voor planningsdoeleinden moeten deze tijden met 1,5 worden vermenigvuldigd. Met onwerkbaar weer is daarbij geen rekening gehouden.

#### 6.9.5. Kosten per ton

Evenals bij het vliegtuig wordt bij de helikopter uitgegaan van de tarieven zoals die bij de aanbesteding zijn gebruikt door Schreiner Airways BV. Daarbij moeten ook de kosten worden opgeteld voor het beschikbaar hebben van de vrachtwagen met chauffeur, nodig voor het vullen van de laadschop. De prijs per uur is als volgt opgebouwd:

helikopter (type Dauphin)	
incl. 2 piloten	f 4.500,-
grondman	54,-
2 buckets à f 25,-	50,-
laadschop incl. chauffeur	60,-
vrachtwagen incl. chauffeur	85,-
	<hr/>
totaal/uur	f 4.749,-

Op basis van deze uurkosten zijn de uitbrengkosten per ton berekend voor verschillende vliegafstanden. Zie tabel 56.



Foto 19. Helikopter in actie

Tabel 56. Kosten in guldens per ton voor het verspreiden van kunstmest met de helikopter (type Dauphin)

afstand, km	0,25	0,5	1	1,5	2,5
mestsoort					
PKMg (1,1 ton/ha)	209	233	271	314	394
kalk (3 ton/ha)	195	214	252	285	361
PK (0,6 ton/ha)	257	280	328	380	474

## 6.9.6. Controle op de kwaliteit van de verspreiding

Bij de helikopter zijn twee controlemetingen verricht op een verjongingsvlakte op de vliegbasis, waarbij gebruik is gemaakt van dezelfde opstelling van de bakken. De metingen hebben plaatsgevonden op de eerste vliegdag, nl. 1 december. Het gaat om de verspreiding van kalk en van PK. PKMg kon niet worden gemeten.

De resultaten van de metingen met de gewichten per bak staan vermeld in bijlage 7. In tabel 57 worden de kengetallen gepresenteerd.

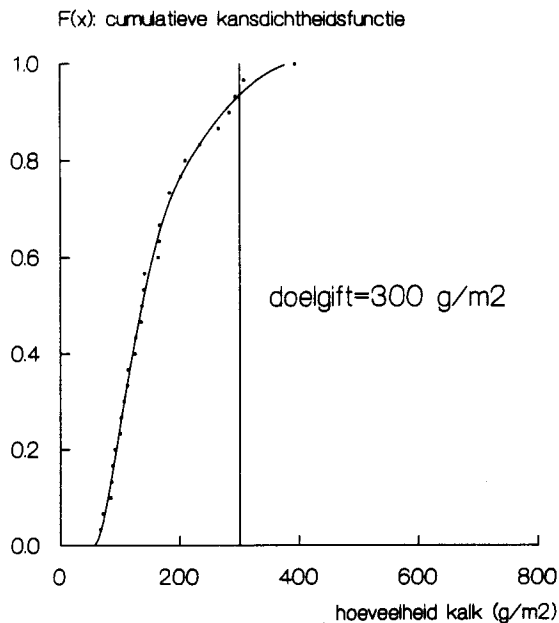
Tabel 57. Kengetallen controlemetingen helikopter

	<u>kalk</u>	<u>PK</u>
gemiddeld, g/bak	40,8	9,6
standaardafwijking	19,7	5,1
variatiecoëfficiënt	48,2	52,4
minimum, g/bak	17	0,1
doelgift, g/bak	75,0	15,0

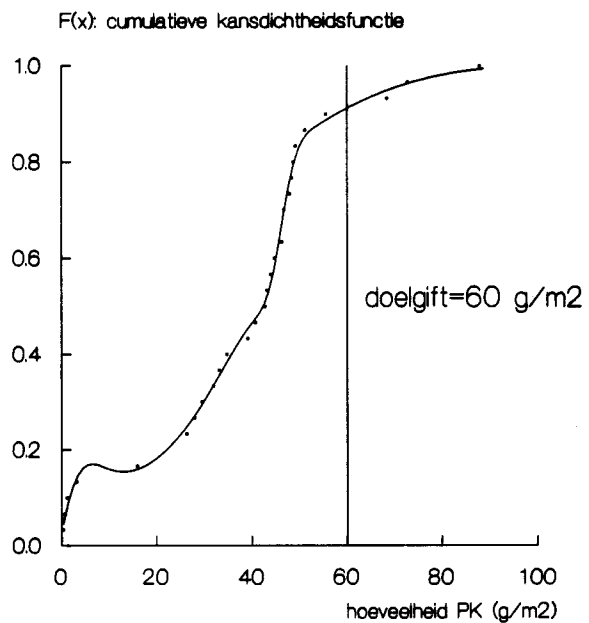
Uit de metingen blijkt dat de helikopter bij kalk ca. 55% en bij PK ca. 65% van de doelgift realiseert. Evenals bij het vliegtuig ligt de variatiecoëfficiënt, de maat voor de kwaliteit van de verdeling, rond de 50.

Van de gegevens is een cumulatieve kansdichtheidsfunctie samengesteld:  $F(x)$ . Deze functie wordt voor kalk en PK gepresenteerd in de figuren 16 en 17. De kans op een lagere doelgift ligt bij beide metingen rond 90%.





Figuur 16. Helicopter (kalk)



Figuur 17. Helicopter (PK)

Een helikopter is in staat nauwkeuriger te bemesten dan een vliegtuig. Daarmee wordt bedoeld dat de bemesting vrij exact is in te stellen aan het begin en eind van het vak.

De totale vlieg lengte voor één last lag op 400 à 500 m. Bij één wending betekent dit een vaklengte van 200 à 300 m. Naar verhouding zijn dit kleine oppervlakten. Voorwaarde is dan wel dat de strooier van de bucket kan worden afgesloten, omdat anders bij het wenden te veel meststof verloren gaat of plaatselijk te veel wordt bemest.

#### 6.10. Beschadigingen

Na afloop van de uitvoering van de Praktijkproef is bepaald in welke opstanden schade is ontstaan door het werken met machines. In deze paragraaf wordt de beschadiging van de stammen besproken. Andere schaden, bijv. aan de bosbodem of aan de boswegen, zijn nagenoeg niet aangericht en blijven daarom verder buiten beschouwing.

Van de bijna 200 ha bos, die in het kader van de proef met machines vanaf de grond is bemest, is in een gering aantal opstanden, tezamen 15 ha groot, beschadiging van de bomen geconstateerd. Zie voor de aantallen beschadigingen tabel 58. Hierbij zij aangetekend dat alleen beschadigingen tot op het hout zijn genoteerd. Beschadigingen door andere werkzaamheden als uitslepen zijn niet meegeteld.

De beschadigingen zijn geconstateerd in de groep 25-35-jarige opstanden, die van tevoren extra ontsloten moesten worden om de inzet van trekkers mogelijk te maken en in opstanden met coulissen die ingeplant zijn met Corsicaanse den.

In de eerste groep zijn de beschadigingen bijna uitsluitend veroorzaakt door de wielen van de trekker. Dit is vooral het geval in de stuifzandbossen in Vierlingbeek. Enkele bomen werden hier hoger aan de stam beschadigd: zes maal door de aanbouwmachine en twee maal door de cabine. In de vakken 114f en 115cd moest de ontsluiting tijdens de uitvoering alsnog worden aangepast omdat de paden te smal waren.

In de extra ontsloten opstanden in Venray werd alleen schade gemeten in vak 208b. In feite waren ook hier de aangebrachte dunningspaden te smal. Wordt in dit type opstanden een goede aan de werkbreedte aangepaste ontsluiting aangebracht dan behoeft hier geen of zeer geringe schade plaats te vinden.

Tabel 58. Beschadigingen aan de opstand

methode en vaknummer	opp. in ha	aantal bomen	aantal bomen/ha	aard van de beschadiging	aantal bomen	%	boomsoort	jaar van aanleg
<b>centrifugaal-strooier</b>								
Overloon 114ab	4.00	1.450	5.800	beschadigd omvergereden	30 3	0.5 0.1	Cors. den	1954
Testrik *224d3	1.20	3.250	1.950	beschadigd omvergereden	100 100	5.1 5.1	Cors. den	1982
<b>Hufgard-blazer</b>								
Overloon 114e	2.40	1.800	4.320	beschadigd	21	0.5	Oost. den	1954
114f	1.60	1.400	2.240	beschadigd	15	0.7	groveden	1954
115cd	2.10	1.250	2.625	beschadigd	6	0.2	Cors. den	1954
Testrik 208b	2.55	1.450	3.698	beschadigd omvergereden	20 4	0.5 0.1	Cors. den	1962
*224d4	1.10	3.250	1.788	beschadigd omvergereden	200	11.2	Cors. den	1982

\* coulissen 50% van de oppervlakte.  
Alleen de jonge bomen zijn geteld.

Vak 224 heeft coulissen; jonge Corsicaanse den is in stroken van 10 m breed aangelegd tussen douglas van ongeveer 25 jaar oud, die zeer dicht staat. De Corsicaanse den is 2 tot 2.5 m hoog en staat in rijen van 1.5 tot 1.75 m uit elkaar, te dicht om er met een gewone trekker tussendoor te kunnen rijden.

De enige mogelijkheid voor een behandeling met de centrifugaalstrooier of Hufgard-blazer is om over enkele rijen Corsicaanse den heen te rijden. Gekozen werd voor de slechte, meest door de douglas onderdrukte randrijen. Bij de centrifugaalstrooier (vak 224d3) kon worden volstaan met één werkgang per coulisse, gezien de strooibreedte van 24 m. De Hufgard-blazer (vak 224d4) moest twee keer per coulisse rijden en overreed dus beide randrijen. Uit de tabel blijkt dat er daardoor twee keer zoveel beschadigingen zijn geconstateerd.

In de rijen waaroverheen gereden is, is bijna een derde deel van de boompjes beschadigd en bijna een derde deel omvergereden.

Terwijl de beschadigingen in de 25- - 35-jarige opstanden minder dan 1% van de bomen in de opstand betreffen is de schade in de jonge Corsicaanse den aanzienlijk groter. Voor de strooier, resp. blazer gelden zowel voor de beschadigde als voor de omvergereden boompjes percentages van 5.1, resp. 11.2. De vraag rijst of deze opstand niet al te oud was om op deze wijze behandeld te worden.



## 7. DISCUSSIE OVER DE KWALITEIT VAN DE VERSPREIDING VAN DE MESTSTOF

Het uitbrengen van meststoffen in de bosbouw is geen gemakkelijke opgave. Bij de inzet van terreinvoertuigen heeft men te maken met sterk wisselende terrein- en opstandsomstandigheden, die de kwaliteit van de verspreiding sterk beïnvloeden. De kwaliteit van de verspreiding wordt gekarakteriseerd door:

- de hoeveelheid uitgebrachte meststof per ha,
- de verdeling daarvan over de oppervlakte en
- de verdeling van de afzonderlijke voedingselementen.

Aan dit laatste aspect is in dit onderzoek geen aandacht besteed. Omdat in de resultaten van de controlemetingen forse afwijkingen werden geconstateerd van de gewenste doelgift en bovendien bij veel methoden de verdeling tegenviel, wordt hier op deze onderwerpen nader ingegaan. In paragraaf 7.3 worden resultaten besproken uit Westduitse onderzoeken.

### 7.1. Hoeveelheid meststof per ha

Vooraf werd op basis van ervaringen in West-Duitsland een afwijking van de doelgift geaccepteerd van  $\pm 20\%$ . Uit de 17 controlemetingen blijken zes metingen hieraan te voldoen. Dit zijn bij kalk de trike, de centrifugaalstrooier en de combinatie met blazers. Bij PKMg de Lastpakker, centrifugaalstrooier en de Hufgard-blazer. De overige metingen komen uit op 50 tot 75% van de doelgift.

De controlemetingen met de bakken geven een systematisch lagere uitkomst dan de gewenste hoeveelheid. Dit resultaat wijkt sterk af van de globale controle, die tijdens het uitbrengen van de meststof is verricht door de tijdwaarnemers. In tabel 59 wordt een overzicht gegeven van de controlemetingen en de hoeveelheden die in het betreffende vak zijn uitgebracht volgens de tijdwaarnemers. Dit laatste is berekend aan de hand van het aantal ladingen en de oppervlakte van het vak. Deze globale schattingen liggen veel dichterbij de doelgift. Voor de helikopter en het vliegtuig kon deze berekening per vak niet worden gemaakt.

Tabel 59. Hoeveelheid meststof in ton per ha: doelgift, controlemeting en globale schatting tijdens uitvoering.

methode	meststof	doelgift ton/ha	controle- meting ton/ha	globale schatting ton/ha	var. coëff. contr. meting
Lastpakker	kalk	3	2,07	*	131
trike	kalk	3	3,0	*	56
pendelstr.	kalk	3	1,81	3,04	26
centrif.str.	kalk	3	2,82	2,53	29
centrif.str. (coulisse)	kalk	3	2,16	3,33	81
Hufgard (kapvlakte)	kalk	3	1,54	3,16	71
Hufgard (coulisse)	kalk	3	1,4	2,36	47
blazercomb.	kalk	3	2,43	3,23	56
helikopter	kalk	3	1,63	*	48
vliegtuig	kalk	3	1,8	*	45
Lastpakker	PKMg	1,1	0,91	1,98	96
trike	PKMg	1,1	0,78	0,81	74
pendelstr.	PKMg	1,1	0,68	1,06	35
centrif.str.	PKMg	1,1	0,88	0,98	86
Hufgard	PKMg	1,25	1,48	1,16	61
helikopter	PK	0,6	0,38	*	53
vliegtuig	PK	0,6	0,3	*	55

\* schatting per vak niet mogelijk.

Er zijn een aantal oorzaken aanwijsbaar waarmee de lagere opbrengst in de bakken mogelijk valt te verklaren. De meststof wordt in de oudere opstanden tegen bomen gestrooid of geblazen; in jonge beplantingen blijft meststof in de kronen hangen (geldt hier alleen in de coulissen); poeder verwaait, vooral op open vlakten; bij de vliegmethoden kunnen er korrels uit de bak spatten.

Vooral de aanwezige bomen hebben invloed op de hoeveelheid meststof die in de bakken komt. Hiermee zou een belangrijk deel van de systematisch lagere uitkomsten verklaard kunnen worden. Het is de vraag of onder deze omstandigheden een controlemeting met 30 bakken voldoende is om tot betrouwbare uitspraken te komen. Dit dient nader onderzocht te worden.

## 7.2. Kwaliteit verdeling

Als we ervan uitgaan dat de hoeveelheid meststof in de bakken systematisch te laag uitvalt, lijkt een uitspraak over de kwaliteit van de verdeling op basis van de verkregen meetgegevens nog wel verantwoord.

Bij de bemesting in de landbouw wordt voor de kwaliteit van de verdeling van de meststoffen een maximale variatiecoëfficiënt aangehouden van 15. Voor de landbouw is een goede verdeling zeer belangrijk om een zo goed mogelijke groei te realiseren. Iedere plant moet profiteren van de meststof. In de bosbouw ligt dit anders en kunnen lagere eisen worden gesteld, vooral in oudere opstanden. De vraag is wat de hoogte moet zijn van de variatiecoëfficiënt onder deze omstandigheden. Navraag in West-Duitsland bij prof. Denninger leert dat een variatiecoëfficiënt van 20 tot 30 voor de bosbouw tot een acceptabele verdeling leidt. Als we die range aanhouden blijken uit tabel 59 alleen de pendel- en de centrifugaalstrooier in één geval hieraan te voldoen. De variatiecoëfficiënten van de andere methoden liggen hier ruimschoots boven, d.w.z. deze komen met een aanmerkelijk slechtere verdeling uit de bus.

Wat een slechte verdeling is onder bosbouwkundige omstandigheden is niet zonder meer vast te stellen en sterk afhankelijk van de leeftijd van de opstand. Uitgaande van de in de praktijk behaalde resultaten wordt bij de beoordeling van de volgende indeling uitgegaan:

VC < 30 goed

VC 30-60 matig

VC > 60 slecht

Welke eisen er in de bosbouw aan de verdeling van de meststoffen gesteld moeten worden bij de verschillende leeftijdsklassen zal eveneens nader onderzocht moeten worden.

### 7.3. Onderzoek naar de verdeling in West-Duitsland

In de Bondsrepubliek wordt op grote schaal aan bosbemesting gedaan. Daar is tevens op het gebied van de technische uitvoering en de kwaliteit van de verdeling van verschillende meststoffen het een en ander aan onderzoek gedaan met name door Wolfgang Denninger, hoogleraar Bosbouwtechniek aan de Universiteit van Weihenstephan. Denninger (1988) heeft de in de Bondsrepubliek zeer veel toegepaste grofkorrelige, aardvochtige, gemalen Mg-kalk (0,2-2 mm) vergeleken met de ook in ons onderzoek toegepaste gegranuleerde Mg-kalk (1-5 mm). Bij de grofkorrelige kalk ontstaat een scheve verdeling: binnen de eerste 5 m ligt hoofdzakelijk het fijnste materiaal (0-0,8 mm), van 6 tot 10 m liggen overwegend de deeltjes van 0,8-2 mm en vanaf 10 m liggen de grofste korrels. De scheve verdeling wordt afgevlakt door overlappend te strooien. Is dat niet of onvoldoende mogelijk dan ontstaan er kalkstroken met verschillende deeltjesgrootten met een verschillende werking. Gegranuleerde kalk heeft dit nadeel niet. Met grofkorrelige kalk bij een tweeschijventrifugaalstrooier wordt slechts een werkbreedte verkregen van 12-14 m. Bij de in de praktijk veel voorkomende afstand van 30 tot 40 m tussen de dunningspaden is men dan niet in staat het middengedeelte voldoende te bemesten. Geschikte blaasapparaten bereiken een werkbreedte van 20-25 m, maar de grove delen veroorzaken aanzienlijke schade aan randbomen. Met gegranuleerde kalk neemt de werkbreedte bij de centrifugaalstrooier toe tot 20-24 m. De oppervlakte met onvoldoende meststof is dan aanzienlijk geringer.

In de moeilijk begaanbare terreinen in het middelgebergte en voor het bemesten van jonge, niet doorblaasbare opstanden wordt steeds meer gebruik gemaakt van de helikopter met éenschijvenstrooier. De werkbreedte met grofkorrelige kalk ligt op 6-8 m en leidt ondanks dat er meerdere vluchten worden gemaakt tot een ongelijkmatige verdeling. Het uitbrengen van P-, K- en Mg-meststoffen in granulaatvorm vindt in een tweede werkgang plaats. Met granulaat is de werkbreedte aanzienlijk groter, namelijk 18-22 m. Worden met de helikopter een gegranuleerde



mengmeststof van kalk en andere voedingselementen uitgebracht dan worden door de grotere werkbreedte zowel de kalk als de andere meststoffen gelijkmatiger verdeeld.

Gegranuleerde kalk heeft volgens Denninger een aantal duidelijke voordelen ten opzichte van de gemalen kalk:

- door een grotere werkbreedte een minder intensieve opstandsbetreding
- minder schade aan bodemfauna
- gering aandeel fijne delen waardoor weinig stof en minder windgevoelig
- betere doorstroming naar het verdeelelement
- geen ontmenging en een gelijkmatiger verdeling.

Daartegenover staat de hogere prijs voor kalkgranulaat met 60%  $\text{CaCO}_3$  en 30%  $\text{MgCO}_3$ . Dit produkt kost 90-100 DM per ton, terwijl aardvochtige grofkorrelige kalk (0,2-2 mm) 40-50 DM per ton kost. Deze hogere kosten zijn te wijten aan het granuleren en aan het fijnmalen, dat voor het granuleringsproces moet plaatsvinden. De voordelen van kalkgranulaat rechtvaardigen de hogere prijs.

Verder heeft Denninger (1987a) ook onderzocht op welke wijze enkelvoudige meststoffen kunnen worden uitgebracht. Het gaat daarbij om kaliumsulfaat (51%  $\text{K}_2\text{O}$ ), kieseriet (24,6%  $\text{MgO}$ ), "Forstkieseriet" 20/10 (10%  $\text{K}_2\text{O}$  en 20%  $\text{MgO}$ ) en kalimagnesium-Dünger oftewel patentkali 30/10 (30%  $\text{K}_2\text{O}$  en 10%  $\text{MgO}$ ). In fijnkorrelige vorm treden zowel met de centrifugaalstrooier als met de helikopter problemen op met de verdeling. Bij de centrifugaalstrooier heeft men een geringe werkbreedte, waardoor een goede verdeling alleen verkregen wordt bij een intensieve ontsluiting. Bij de helikopter treedt te veel drift op. Grover gegranuleerde K- en Mg-meststoffen met een gering aandeel kleinere delen, zijn alleen verkrijgbaar tegen een meerprijs van 60-100 DM per ton. Deze granulaten zijn goed uit te brengen met zowel de centrifugaal- als de helikopterstrooier. Worden deze meststoffen in fijn gemalen vorm tijdens het granuleren gemengd met fijn gemalen kalk dan ontstaat een produkt dat niet gevoelig is voor ontmenging tijdens het transport en tijdens het uitbrengen. Ook de kosten voor planning en organisatie verminderen en de overslag is eenvoudiger.

Alleen blaaswerktuigen met grote blaascapaciteit zijn in staat genoemde enkelvoudige meststoffen in fijnkorrelige vorm gescheiden uit

te brengen. Bij "Forstkieseriet" en kalimagnesium-Dünger moet bij bepaalde typen blazers rekening worden gehouden met ontmenging van het fijne kaliumsulfaat. Blaaswerktuigen met een drukketel en voorzien van een pendelinrichting geven bij deze meststoffen wel een goede verdeling.

Naast de enkelvoudige meststoffen heeft Denninger (1987b) eveneens de toepasbaarheid onderzocht van mengmeststoffen bij het uitbrengen met blaaswerktuigen. De voordelen van een mengmeststof (kalk met  $P_2O_5$ ,  $MgO$  en  $K_2O$ ) zijn:

- aanpassing aan behoefte van individuele opstand
- efficiëntie: één arbeidsgang
- minder terreinbetreding.

Een nadeel dat zich bij poeders voordoet is de ontmenging. Ontmenging ontstaat bij het transport en vooral bij het uitblazen zelf. Oorzaak zijn de verschillen in grootte en gewicht van de verschillende deeltjes. Kalk (<0,06 mm) gemengd met zeer fijn gemalen Hyperfosfaat (<0,06 mm) is zelfs met de lichtere blaasmachines goed uit te brengen. Wel is dit produkt erg windgevoelig met het gevaar van veel drift.

Bij het uitbrengen van mengingen van Forstkieseriet of kaliummagnesium met kalk komen de kieseriet-componenten  $K_2O$  en  $MgO$  in versterkte mate dichtbij de rijbaan terecht. Dit probleem treedt zelfs op bij machines met een hoge blaascapaciteit. Bij het uitbrengen van dit type meststoffen kan beter worden gekozen voor

- een gescheiden bemesting d.w.z. kalk blazen en de  $KMg$ -meststof in granulaatvorm verspreiden met een helikopter of centrifugaalstrooier of
- de bij te mengen componenten moeten qua fijnheid worden afgestemd op de kalk. Bij extra maalkosten van 20-25 DM per ton voor Forstkieseriet wordt een goede verdeling van de elementen verkregen.

## 8. BEOORDELING EN VERGELIJKING VAN DE METHODEN

### 8.1. Beoordeling van de methoden en laadsystemen

In dit hoofdstuk wordt een korte eindbeoordeling gegeven per methode zonder een vergelijking te maken tussen de methoden. De belangrijkste uitkomsten uit het vorige hoofdstuk worden in tabel 60 gepresenteerd.

#### HANDKRACHT

Het uitbrengen van meststof met de hand is zeer arbeidsintensief. Afhankelijk van de opstandsomstandigheden is 7 tot 11 uur nodig per ton. Een man brengt dus minder dan 1 ton per dag uit.

Deze methode is alleen bruikbaar in zeer dichte opstanden, waarin geen machines kunnen worden ingezet. De uitbrengkosten bedragen onder deze omstandigheden f 410,- tot 425,- per ton. Het werk kan het beste worden uitgevoerd met een driemansploeg, waarbij de mensen achter elkaar over hetzelfde pad lopen. Op de lange duur is dit werk vervelend, in dichte opstanden echt lastig.

#### LASTPAKKER MET CENTRIFUGAALSTROOIER.

De resultaten met de Lastpakker waren niet bevredigend. Door een verkeerde opbouw van de strooiunit en een verkeerd strooiertype (zoutstrooiër) traden er technische problemen op met de stabiliteit en met het strooimechanisme. Ook de verdeling van de meststoffen was zeer onregelmatig. In deze uitvoering is de Lastpakker niet geschikt. Door technische verbeteringen aan te brengen moet het zeer wel mogelijk zijn om deze machine geschikt te maken voor het bemesten van voor een trekker ontoegankelijke opstanden.

De dagproductie van de Lastpakker ligt op 4 tot 6 ton, terwijl de kosten per ton, afhankelijk van de terreinomstandigheden, uitkomen op f 75,- tot f 125,-.

Tabel 60. Overzicht bemestingsmethoden. Produktie en uitbrengkosten zijn gemiddelde resultaten bij vergelijkbare parameters.

methoden	dagproductie in ton	organisatie	arbeids- omstandigh.	kwaliteit verspreiding	uitbrengkosten/ton PKMg kalk PK
1. hand	<1 (per persoon)	eenvoudig	accept.	goed	400
2. Lastpakker	4	eenvoudig	accept.	slecht	115
3. trike	5	eenvoudig	slecht	matig-slecht	85
4. centrif.str.	13 PKMg 25 kalk	eenvoudig	goed	goed-slecht	50 25
5. pendelstr.	8 PKMg 14 kalk	eenvoudig	goed	goed-matig	70 40
6. Hufgard	10 PKMg 7 kalk	eenvoudig	slecht	matig-slecht	65 90
7. combinatie blaasvoert.	75-90 PKMg 90-130 kalk	minder complex	accept.	matig	65 60
8. vliegtuig	100 PKMg/ kalk/ PK	complex	accept.	matig	120 110 130
9. helikopter	90 PKMg 100 kalk 70 PK	complex	accept.	matig	270 250 330

#### TRIKE MET GETROKKEN CENTRIFUGAALSTROOIER

De trike moet een relatief hoge en constante snelheid aanhouden om een goed strooibeeld te krijgen. Dit is onder de wisselende terreinomstandigheden in het bos vaak moeilijk te realiseren. Bovendien komt het regelmatig voor dat het frame van de strooier de grond raakt, waardoor de unit tot stilstand komt.

De dagproduktie ligt op 4 tot 6 ton meststof. De kosten voor het uitbrengen komen op f 65,- tot f 125,- per ton, afhankelijk van de afstand van de laadplaats tot de te bemesten opstanden.

Door de breedte van de aangehangen strooier en de noodzakelijke hoge snelheid is de positie van de bestuurder kwetsbaar, vooral in de wat dichtere opstanden. Hierdoor moet de toepassing van de trike voor het uitbrengen van meststof worden ontraden.

#### TREKKER MET TWEESCHIJVENCENTRIFUGAALSTROOIER

Met de Amazone-centrifugaalstrooier model ZAU 1001 konden de gevraagde giften bij relatief grote werkbreedte (24 m) goed in één keer worden uitgebracht. Uit de strooibeelden is gebleken dat de opgegeven werkbreedten niet zo nauwkeurig gevolgd hoeven te worden. Dat geeft in het bos grote voordelen. Toch waren de verspreidingsresultaten sterk variërend.

De dagproduktie met de Amazone ligt voor PKMg op 10-20 ton en voor kalk op 15-35 ton. In beide gevallen is de dagproduktie afhankelijk van de afstand van de laadplaats tot de opstand. De uitbrengkosten bedragen f 35,- tot f 55,- per ton voor PKMg en f 20,- tot f 40,- voor kalk. De Amazone is goed geschikt voor het uitbrengen van korrelvormige meststoffen in voor een trekker toegankelijke opstanden.

#### TREKKER MET PENDELSTROOIER

Met de Vicon-pendelstrooier model 802 kunnen zowel korrel- als poedervormige meststoffen worden uitgebracht. De gevraagde giften korrelmeststof konden in één werkgang worden uitgebracht, echter wel bij kleine werkbreedten. Deze werkbreedten moeten nauwkeurig worden

aangehouden, wat onder bosomstandigheden tot grote afwijkingen kan leiden. Uit de controlemetingen voor de verspreiding blijkt de pendelstrooier de beste resultaten te geven.

De dagproduktie van de pendelstrooier voor granulaten ligt bij PKMg op 8 tot 10 ton en bij kalk op 10 tot 20 ton. De uitbrengkosten bedragen voor PKMg f 60,- tot f 85,- en voor kalk f 30,- tot f 55,- per ton. Deze bedragen zijn afhankelijk van de afstand van de laadplaats tot de opstand.

Het uitbrengen van poedervormige meststoffen met een pendelstrooier geeft slechte arbeidsomstandigheden, zowel bij het laden als het verspreiden.

De Vicon-pendelstrooier is geschikt voor het uitbrengen van korrelvormige meststoffen in voor een trekker toegankelijke opstanden.

#### TREKKER MET HUGFARD-BLAZER

De Hufgard-blazer is speciaal ontwikkeld voor het verspreiden van poedervormige meststoffen. In de huidige uitvoering blijken de lagers niet goed bestand tegen de gebruikte poederkalk en bosmineralen. Vooral vochtige weersomstandigheden kunnen tot klontering leiden, waardoor het uitblazen problemen geeft. Een ander probleem zijn de slechte arbeidsomstandigheden die optreden bij het laden van de Hufgard uit de BAV-container. Het poeder loopt ondanks de beluchting slecht uit de container en er is veel stofontwikkeling.

Een gift van 3.000 kg per ha kan de Hufgard niet in één keer uitbrengen; er moet dan twee keer worden gereden. Bij kleinere giften kan goed gewerkt worden met een werkbreedte tot 10 m. De controlemetingen voor de kwaliteit van de verspreiding zijn bij poedervormige meststoffen moeilijker te interpreteren, vanwege het wegwaaien bij wind en het zich vastzetten van meststof in kronen en op stammen.

De dagproduktie van de Hufgard ligt op 8 tot 13 ton voor PKMg en op 7 tot 10 ton voor kalk. De uitbrengkosten bedragen voor PKMg f 55,- tot f 90,- per ton en voor kalk f 75,- tot f 110,- per ton.

De Hufgard-blazer is minder geschikt voor het uitbrengen van poedervormige meststoffen. De Hufgard kan ook granulaten verspreiden. Dit is niet nader onderzocht, omdat ervaringen uitwezen dat bij het

blazen van korrelvormige, gemalen kalk schade aan de bomen ontstaat. Met het blazen van het veel zachtere kalkgranulaat lijkt de kans op beschadiging veel geringer.

#### COMBINATIE VAN BLAASVOERTUIGEN

De combinatie van de Volvo-blazer met het Catweazle-terreinvoertuig wordt in West-Duitsland op grote schaal ingezet. De ingezette ploeg van de firma Peine heeft met het uitblazen van kalk zeer veel ervaring. Er is bij het laden van de beide machines veel minder stofontwikkeling dan bij de Hufgard. Het laden vindt namelijk plaats door compressie in een gesloten systeem.

Uit de strooibeeld-bepalingen werd vastgesteld dat vooral de afstemming van beide machines problemen oplevert. Dit werd bevestigd bij de ene controlemeting van kalk, waarbij in het overlapgebied van beide machines aanzienlijk meer meststof werd opgevangen dan in het binnengedeelte. Om dit te verbeteren zal het strooibeeld van de Catweazle vlakker gemaakt moeten worden. Een probleem waarmee men bij het uitbrengen van poeder altijd rekening moet houden is de wind. De dagproduktie bij inzet van beide machines ligt op ongeveer 100 ton voor kalk en op 75-90 ton voor PKMg. Dit betekent dat de dagelijkse aanvoer van de meststoffen goed geregeld moet zijn. De uitbrengkosten bedragen voor PKMg f 45,- tot f 70,- per ton en voor kalk f 40,- tot f 60,- per ton. De Volvo-blazer in combinatie met de Catweazle of de Catweazle alleen zijn geschikt voor het uitbrengen van poedervormige meststoffen in voor een trekker toegankelijke opstanden.

#### VLIEGTUIG

In het buitenland zijn in geringe mate ervaringen opgedaan met het uitbrengen van meststoffen met het vliegtuig. Dat geldt dan vooral het bemesten in de landbouw met veel kleinere hoeveelheden meststof per ha dan bij de bosbemesting. Bij het uitbrengen van 3 ton per ha moet dan ook twee maal over hetzelfde traject gevlogen worden. Een knelpunt bij het inzetten van een vliegtuig is het vinden van een geschikte landingsplaats. Deze zal binnen een straal van enkele km van de te bemesten bospercelen moeten liggen, omdat anders de uitbreng-

kosten te hoog worden.

Het strooibeeld van het vliegtuig was bijzonder goed. Voor het verkrijgen van een goede verdeling moet het vliegtuig wel bij het uitbrengen steeds van vliegrichting wisselen. Met deze aanpak werd een naar verhouding redelijke verdeling verkregen.

De dagcapaciteit van het vliegtuig ligt rond de 100 ton. Er dient voor voldoende dagvoorraad te worden gezorgd d.w.z. er moeten genoeg "big bags" (inhoud 1.500 l) aanwezig zijn. Dit vraagt een goede planning. De uitbrengkosten bedragen bij 2,5 km vliegafstand f 110,-, f 120,- en f 130,- per ton voor resp. kalk, PKMg en PK.

Indien een geschikte landingsplaats in de buurt van het bos aanwezig is, is het vliegtuig een geschikte methode voor het uitbrengen van korrelvormige meststoffen. De minimaal benodigde vlieg lengte om te strooien zonder wenden bedraagt voor kalk 1 km en voor de andere meststoffen 1,5 km.

#### HELIKOPTER

Vooraf in West-Duitsland is veel ervaring opgedaan met het bemesten van bos met de helikopter. Daarbij wordt aardvochtige gemalen kalk uitgebracht in gebieden die niet voor trekkers toegankelijk zijn. De eisen die aan de landingsplaats worden gesteld zijn aanmerkelijk minder zwaar dan bij het vliegtuig. Deze kan in of nabij het te bemesten bosperceel worden gevonden.

De gebruikte strooiunit gaf een scheef strooibeeld te zien als gevolg van een foutief geplaatste afschermkap. Met de helikopter werd een naar verhouding acceptabele verdeling verkregen. De laatste werd negatief beïnvloed doordat de strooiunit niet kon worden afgesloten. Daarmee ontstaan vooral op korte vliegtrajecten problemen. De minimaal benodigde vlieg lengte om te strooien zonder wenden bedraagt 400 à 500 m.

De dagproduktie van de unit lag op 90-100 ton voor kalk en PKMg en op 70 ton voor PK. Bij dit systeem moet voor een buffervoorraad in BAV-containers worden gezorgd, zodat tijdens het verwisselen van de containers op de vrachtwagen met het vullen van de bucket kan worden doorgedaan. De uitbrengkosten bedragen bij een afstand van 1000 m f 250,-, f 270,- en f 330,- per ton voor resp. kalk, PKMg en PK.



Deze hoge uitbrengkosten worden veroorzaakt door de zeer hoge uurkosten van de gebruikte helikopter. Met de gebruikte apparatuur is deze wijze van bemesten duidelijk te duur. Een aanzienlijk lagere tonprijs moet kunnen worden gerealiseerd met een kleiner type helikopter. Denninger (1989) geeft een prijs per ton van f 100,- tot f 130,- voor het uitbrengen van 3 ton kalk per ha.

#### LAADSYSTEMEN

Voor het verspreiden van granulaten in bossen is de BAV-container van de firma Kencica een efficiënt laadsysteem om zowel de kleinere machines als de trekkers met strooier te bevoorraden. Poeder in de BAV-container gaf problemen en is niet aan te bevelen. Poeders kunnen het beste in gesloten systemen worden gebruikt, waarbij de meststof met behulp van lucht wordt overgeladen. Dit systeem wordt toegepast bij de Volvo-blazer en de Catweazle, die uit een silowagen worden geladen.

Bij het vliegtuig is het gebruik van de "big bags" een efficiënt laadsysteem. Dat geldt ook voor de laadschop in combinatie met een vrachtwagen-container, die werden gebruikt voor het laden van de buckets voor de helikopter. Nadeel bij dit laadsysteem is echter de voortdurende aanwezigheid van een vrachtwagen met chauffeur, waardoor de kosten oplopen.

#### 8.2. Vergelijking van de methoden

Het bepalen van de meest geschikte bemestingsmethoden wordt door een aantal factoren beïnvloed. Op de eerste plaats is er de keuze tussen de verschillende vormen meststof, nl. tussen poeder en granulaat. Hiermee wordt tegelijkertijd bepaald of er een blaas- of een strooimethode kan worden toegepast. Van belang hierbij is dat de prijs van de in het onderzoek gebruikte granulaten 30% (PKMg) en 100% (kalk) hoger is dan die van poeder. In het algemeen is granulaat f 50,- per ton duurder dan poeder.

Vervolgens is aan de orde dat de bemestingsmethoden die van trekkers gebruik maken niet onder alle terrein- en opstandsomstandigheden kunnen worden toegepast. Voor de vliegmethoden geldt dit

uiteraard niet, maar daar gelden andere beperkingen: de bosoppervlakten moeten groot zijn en bij het vliegtuig moet een geschikte landingsbaan in de buurt aanwezig zijn.

Tenslotte zijn de produktie per dag, de kosten per ton en de kwaliteit van de verspreiding van de meststoffen sterk bepalend voor de keuze van de meest geschikte methoden.

Als de resultaten van het onderzoek, zoals die zijn samengevat in tabel 60, in bovenstaande zin worden geïnterpreteerd komen we tot de volgende uitspraken:

1. In voor een trekker toegankelijke opstanden (oudere opstanden en verjongingsvlakten) kan de bosbemesting het beste met terreinvoertuigen worden uitgevoerd. Het uitbrengen van poedervormige meststoffen met speciale blaasvoertuigen (Volvo-blazer in combinatie met Catweazle) geeft de laagste bemestingskosten (incl. meststof) per ha. De Amazone-tweeschijvencentrifugaalstrooier en in mindere mate de pendelstrooier geven de laagste kosten voor het uitbrengen van granulaten. Gezien de aanzienlijk grotere werkbreedte van de Amazone (tot 24 m) gaat de voorkeur duidelijk uit naar deze machine. Zowel de Catweazle als de Amazone hebben een grote werkbreedte met als voordeel dat de terreinbetreding zo gering mogelijk is.

In Nedersaksen is de Amazone opgebouwd op een forwardermodel met een laadvermogen van ca. 8 ton voor het uitbrengen van aardvochtige grofkorrelige gemalen Mg-kalk. Deze uitvoering heeft een aanzienlijk hogere produktiviteit, maar inzet van deze combinatie zal gezien de matige opstandsontsluiting in ons land veelal niet mogelijk zijn.

2. Voor opstanden, waarin geen trekkers kunnen rijden, kan een keuze worden gemaakt uit het aanbrengen van een extra ontsluiting of de inzet van kleinere machines.

In principe kan in alle opstanden een detailontsluiting worden aangebracht. Dit betekent dat bij inzet van de Catweazle en de centrifugaalstrooier om de 20-25 m 2,5 m brede trekkerpaden moeten worden aangelegd. Vooral in jonge opstanden is dit voor Nederlandse verhoudingen een te zware ingreep. Bovendien gaan de kosten van dit

werk sterk oplopen bij toenemende stamtallen, indien het niet met bijv. een klepelmaaier kan worden uitgevoerd.

Het verbeteren van de toegankelijkheid voor trekkers moet zich dan ook beperken tot die opstanden, waarin het verwijderen van een beperkt aantal bomen voldoende is. De extra kosten voor het aanbrengen van een ontsluiting zijn nog verantwoord indien deze niet veel hoger zijn dan het verschil in uitbrengkosten tussen Lastpakker en centrifugaalstrooier. In de praktijk betekent dit dat er bij het uitbrengen van PKMg resp. kalk niet meer dan ca. 10 resp. ca. 25 bomen per ha verwijderd moeten worden. Moeten aanzienlijk meer bomen verwijderd worden dan kan men uit kostenoverwegingen beter een klein apparaat inzetten. Van de geteste kleine apparaten geeft de Lastpakker de meeste perspectieven. Er moet dan wel een beter strooimechanisme of mogelijk een blaasaggregaat op deze machine worden gebouwd. Probleem bij de Lastpakker is bovendien de lage dagproductie, waardoor grootschalige bemesting veel tijd gaat vragen.

3. Dichte tot zeer dichte jonge opstanden zijn vanaf de grond moeilijk te bemesten. In een aantal situaties kan de Lastpakker worden ingezet, maar vaak blijft alleen handkracht over. De uitbrengkosten lopen dan zeer hoog op tot f 400,- per ton. In echt dichte percelen van douglas en fijnspar is echter ook het handstrooien problematisch. Voor deze categorie opstanden kan worden overwogen te wachten met de bemesting tot het tijdstip waarop de eerste dunning plaatsvindt. De opstand is dan wat beter ontsloten.

Een alternatief is hier natuurlijk het bemesten vanuit de lucht met een vliegtuig of helikopter. Alhoewel deze methoden aanzienlijk duurder zijn dan de onder 1 genoemde trekkermethoden en geen betere verdeling van de meststoffen laten zien, is het grote voordeel dat ook dichte opstanden zonder problemen kunnen worden bemest. Bovendien hebben beide methoden een hoge dagproductie van rond de 100 ton. Onder Nederlandse omstandigheden lijkt het bemesten vanuit de lucht alleen interessant als er grotere aaneengesloten bospercelen moeten worden bemest, die voor trekkers slecht toegankelijk zijn. Het gaat dan om de eerdergenoemde (zeer) dichte jonge opstanden, om oudere opstanden met (veel) verjonging en om terreinen met slecht draagkrachtige bodems.

De uitbrengkosten voor het vliegtuig bleken aanmerkelijk lager dan die voor de helikopter. Daarbij moet worden opgemerkt dat met een kleiner type helikopter een zelfde prijs per ton gerealiseerd moet kunnen worden als met het vliegtuig. Knelpunt bij het inzetten van het vliegtuig is de aanwezigheid van een geschikte landingsplaats binnen een straal van enkele kilometers van de te bemesten bospercelen.

## 9. CONCLUSIES

### 1. Verspreiding.

Het verspreiden van meststoffen in de bosbouw is geen gemakkelijke opgave, vooral als het gaat om de juiste hoeveelheden per hectare uit te brengen en om een acceptabele verdeling te krijgen. De uitgevoerde controlemetingen resulteerden in aanmerkelijk lagere hoeveelheden meststof per ha dan bij globale controle tijdens de uitvoering werd vastgesteld. De wijze waarop de hoeveelheid meststof per ha moet worden gecontroleerd dient alsnog beter te worden vastgesteld.

Voor het vaststellen van de kwaliteit van de verdeling lijken de controlemetingen wel een goede indicatie te geven. Het probleem dat zich hierbij voordoet is dat niet duidelijk is welke eisen aan de verdeling van meststoffen onder bosbouwomstandigheden moeten worden gesteld.

Slechts in twee metingen werd voldaan aan de voorlopig vastgestelde eis van een variatiecoëfficiënt kleiner dan 30. Deze goede verdeling werd verkregen met de pendel- en de centrifugaalstrooier.

### 2. Meststoffen.

De in het onderzoek gebruikte gegranuleerde meststoffen waren f 70,- en f 120,- per ton duurder dan voor resp. kalk en poedervormige meststoffen PKMg. Per ha lagen de kosten voor gegranuleerde PKMg en kalk resp. f 50,- en f 150,- hoger dan voor poeders. In het algemeen geldt een prijs van f 50,- per ton voor het granuleren van poeders.

Het uitbrengen van granulaat werkt echter schoner, geeft een betere verdeling en veroorzaakt geen hinder (o.a. verkeer). Bovendien is de kwaliteit van de verdeling beter. Het gebruik van gegranuleerde kalk in Nederland is op het moment niet toegestaan. Er zal ontheffing moeten worden aangevraagd.

Het bemesten van kalk in combinatie met mineralen heeft in de praktijkproef gescheiden plaatsgevonden, omdat de gewenste mengmeststoffen niet beschikbaar waren. Het is eenvoudiger en ook efficiënter deze combinatiegiften in één keer uit te brengen met een mengmeststof.

Door de hoge giften per ha zal dan afhankelijk van de methode twee maal hetzelfde traject moeten worden bemest of met kleinere werkbreedten worden gewerkt. Mengen van PKMg- en kalkgranulaten is vanwege de verschillen in hardheid van de korrels problematisch. Deze meststoffen dienen in fijngemalen vorm te worden gemengd en vervolgens gegraneerd. Men heeft dan wel een duurder mengmeststof, maar er zijn geen problemen met ontmenging.

Poedervormige mengmeststoffen zijn gevoelig voor ontmenging. Dat geldt speciaal voor  $K_2O$  en  $MgO$ . Om dit te voorkomen moeten de bij te mengen componenten qua fijnheid worden afgestemd op de kalk. Als dit niet bereikt wordt kan men beter gescheiden bemesten d.w.z. de kalk blazen en de PKMg-meststof in granulaatvorm verspreiden.

### 3. Bemestingsmethoden.

De bosbemesting in ons land kan met terreinvoertuigen aanzienlijk goedkoper worden uitgevoerd dan met vliegmethoden. Het uitbrengen van poedervormige meststoffen met speciale blaasvoertuigen als de Volvo-blazer en de Catweazle geeft de laagste bemestingskosten (incl. meststof). Om dit type apparatuur in te zetten moet wel minimaal 300 ton worden aanbesteed. De Amazone-tweeschijvencentrifugaalstrooier is het meest geschikt voor het uitbrengen van granulaten. Beide methoden kunnen worden ingezet in trekker toegankelijke opstanden. Tot deze categorie worden ook de opstanden gerekend die door aanvullende ontsluitingsmaatregelen alsnog voor een trekker toegankelijk zijn gemaakt.

Het verbeteren van de toegankelijkheid voor trekkers moet zich beperken tot die opstanden, waarin het verwijderen van een beperkt aantal bomen voldoende is. Deze extra kosten zijn nog te verantwoorden bij het verwijderen van maximaal tien bomen per ha bij het uitbrengen van PKMg en van maximaal 25 bomen per ha bij kalk. De totale bemestingskosten zullen maximaal dan met f 75,- tot f 150,- per ha stijgen.

Dichte tot zeer dichte jonge opstanden kunnen in een aantal situaties met kleine machines (bijv. Lastpakker) worden bemest, maar vaak kan dit alleen in handkracht tegen zeer hoge kosten van f 400,- per ton. Hetzelfde geldt voor oudere opstanden met verjonging en

terreinen met slecht draagkrachtige bodems. Dit soort opstanden kan in feite alleen met vliegmethoden worden bemest. De inzet van een vliegtuig en helikopter vragen echter om grotere aaneengesloten bospercellen. Onder Nederlandse omstandigheden is het bemesten vanuit de lucht aan de orde indien een aanzienlijk deel van een beheerseenheid voor een trekker slecht of niet toegankelijk is. Om grotere eenheden te realiseren zullen dan ook meerdere voor een trekker toegankelijke opstanden op deze wijze worden bemest.

Is het aandeel voor trekkers niet toegankelijke opstanden beperkt dan kan worden overwogen met de bemesting hiervan te wachten tot het tijdstip van de eerste dunning.

#### 4. Bemestingskosten.

Met de resultaten van het onderzoek kunnen gedetailleerde normkosten worden vastgesteld voor bemesting van bossen met kalk en andere voedingsstoffen voor diverse omstandigheden. Globaal komen de totale bemestingskosten per ha inclusief meststof uit op:

	poeder	granulaat
kalk (3 ton/ha)	f 350,- - 550,-/ha	f 500,- - 750,-/ha
PKMg (1,25 ton/ha)	f 600,- - 700,-/ha	
PKMg (1,1 ton/ha)		f 650,- - 750,-/ha





## LITERATUUR

- Denninger, W. 1984. Technische Möglichkeiten der Ausbringung von Mineraldünger im Wald. Allgemeine Forstzeitschrift 39 (30/31): 788-792.
- Denninger, W. 1986. Der Einsatz des Hubschraubers bei der Waldkalkung. Holz-Zentralblatt 112 (55/56): 805-807.
- Denninger, W. 1987a. Qualitätsvergleich von Verfahren zur Düngerausbringung im Wald. Holz-Zentralblatt 113 (29): 393-394.
- Denninger, W. 1987b. Die Applikationsqualität forstlicher Düngermischungen bei der Ausbringung mit Verblasegeräten. Holz-Zentralblatt 113 (19): 252-254.
- Denninger, W. 1988a. Verteilungsqualität von grobkornigen Magnesiumkalken und granulierten Walddüngern. Holz-Zentralblatt 114 (124): 1849-1850.
- Denninger, W. 1988b. Die Streu- und Verblasegute von Einzeldünger bei Walddüngungsmassnahmen. Holz-Zentralblatt 114 (22): 322-324.
- Denninger, W. 1989. Zur Verteilqualität bei der Ausbringung von Walddüngern. Osterreichische Forstzeitung 100 (3): 82-85.
- Knaup, M., A. Schlahammersky & A. Frank. 1986. Waldkalkung mit Hilfe eines Hubschraubers. Holz-Zentralblatt 112 (128): 1845-1848.
- Meindertsma, A. 1981. Toepassing van kunstmeststoffen in de bosbouw: middelen en aspecten van de verspreiding. Doctoraalscriptie nr. 9, Vakgroep Bosbouwtechniek Landbouwhogeschool, Wageningen.
- Staatsbosbeheer, afd. Bedrijfsvoering. Voorberekende materieelkosten per 1-1-1988.
- Staatsbosbeheer, afd. Bedrijfsvoering. Opbouw van de totale kosten per manweek per 1-1-1988.
- Staatsbosbeheer. 1987. Afdeling Planologie en Milieu. Effecten van Luchtverontreiniging op terrestrische ecosystemen, met name bossen.
- Staatsbosbeheer. 1988. De vitaliteit van het Nederlandse bos 6. Verslag van de landelijke inventarisatie.
- Technik und Geräte zur Ausbringung von Düngemitteln in Immissionsbelasteten Wäldern. 1985. Merkblatt Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik, Gross-Umstadt, nr. 4.
- Wanningen, H. 1987. Tijdstudieresultaten van een bemestingsproef in de Peel m.b.v. helikopter. Intern Rapport Staatsbosbeheer.
- Wanningen, H. 1987. Tijdstudieresultaten van een bemestingsproef bij Hoenderloo m.b.v. kunstmeststrooiers. Intern Rapport Staatsbosbeheer.

## VERKLARENDE WOORDENLIJST

- Blend : mengsel van twee of meer granulaten van verschillende samenstelling
- Dolokal : zie Kalk
- Granulaat : een tot een korrel geperste meststof met één of meer voedingselementen
- Kalk : meststof met calcium- en magnesiumcarbonaat als hoofdbestanddeel ( $\text{CaCO}_3$  en  $\text{MgCO}_3$ )
- Litergewicht : het gewicht van 1 liter meststof onder laboratoriumomstandigheden gestort volgens een standaardmethode
- Mengmeststof : meststof met meer dan één voedingselement
- PKMg : voedingsmeststof met fosfor ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), kalium ( $\text{K}_2\text{O}$ ) en magnesium ( $\text{MgO}$ ) als hoofdbestanddeel
- Strooibeeld, enkelvoudig : beeld van de kunstmesthoeveelheid die in één werkgang haaks op de rijrichting is gestrooid
- Strooibeeld, samengesteld : beeld van de kunstmesthoeveelheid, die in meerdere werkgangen haaks op de rijrichting is gestrooid
- Strooibreedte : afstand tussen de as van de baan van de werkgang en de verst weg geworpen/geblazen meststofdelen
- Stortgewicht : het gewicht van 1 liter meststof los gestort onder praktijkomstandigheden
- Variatie Coëfficiënt : de standaardafwijking in procenten van het gemiddelde
- $$VC = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1} \cdot \frac{100\%}{x}$$
- VC : zie Variatie Coëfficiënt
- Werkbreedte : gemiddelde afstand tussen twee opeenvolgende werkgangen
- Zbw. : zie Zuurbindende waarde
- Zuurbindende waarde : percentage van de meststof dat basische eigenschappen heeft

**BIJLAGEN**



## BIJLAGE 1. OVERZICHT VAN DE UITGEBRACHTE HOEVEELHEDEN MESTSTOF PER METHODE

METHODE	MEST-SOORT	VAK	OPP HA	BOOM-SOORT	AANLEG JAAR	REALISATIE KALK (ton)	REALISATIE PKMG (ton)	REALISATIE PK (ton)	
HANDKRACHT	KALK	128	.50	GD	10	1.50	.	.	
		223D1	.90	CD	82	2.70	.	.	
	PKMG	108B	1.60	DG	35	.	1.76	.	
		109F	.75	FS/SS	45	.	.83	.	
		107D	.40	FS/SS	64	.	.44	.	
		108A	.50	LOOFH	86	.	.55	.	
		113B	.50	GD	53	.	.55	.	
TOTAAL HANDKRACHT						4.20	4.13	.	
LASTPAKKER/TRIKE	KALK	128	1.50	GD	10	3.00	.	.	
		PKMG	141C	2.05	GD	57	.	2.26	.
		108B	1.70	DG	35	.	1.87	.	
		109B	.90	DG	45	.	.99	.	
		107D	.90	DG	64	.	0.00	.	
		109A	1.45	FS/SS	45	.	.40	.	
		109F	.75	FS/SS	45	.	0.00	.	
		108A	1.00	LOOFH	86	.	1.10	.	
		113B	1.50	GD	53	.	1.65	.	
		113B	.50	GD	53	.	.55	.	
		224-1	1.10	CD	82	.	1.21	.	
		224-2	.90	CD	82	.	.99	.	
	TOTAAL LASTPAKKER / TRIKE						3.00	11.02	.
PENDELSTROOIER	KALK	209A	.50	GD	22	1.50	.	.	
		223C	2.04	GD	21	6.12	.	.	
	PKMG	222A2	2.80	GD	23	.	3.08	.	
		220A	4.95	GD	86	.	5.45	.	
TOTAAL PENDELSTROOIER						7.62	8.53	.	
CENTRIFUGAAL-STROOIER	KALK	209A	1.50	GD	22	4.50	.	.	
		218A	5.45	GD	22	16.35	.	.	
		219B	2.95	GD	23	8.85	.	.	
		217A	4.55	GD	47	13.65	.	.	
		217B	3.60	GD	45	10.80	.	.	
		218B	.45	GD	51	1.35	.	.	
		224-3	1.30	GD	82	3.90	.	.	
		PKMG	106A	2.75	GD	9	.	3.03	.
			130A	3.00	GD	86	.	3.30	.
	114AB		4.00	CD	54	.	4.40	.	
		222A1	1.85	GD	23	.	2.04	.	
TOTAAL CENTRIFUGAALSTROOIER						59.40	12.77	.	
HUFGARDBLAZER	KALK	130A	2.50	GD	13	7.50	.	.	
		130B	1.35	LOOFH	11	4.05	.	.	
		114FE	4.00	GD	54	9.40	.	.	
		115CDE	2.80	CD	54	7.20	.	.	
		208B	2.55	CD	62	6.40	.	.	

## VERVOLG OVERZICHT VAN DE UITGEBRACHTE HOEVEELHEDEN MESTSTOF PER METHODE

METHODE	MEST-SOORT	VAK	OPP HA	BOOM-SOORT	AANLEG JAAR	REALISATIE KALK (ton)	REALISATIE PKMG (ton)	REALISATIE PK (ton)	
HUFGARD (vervolg)	KALK	224-4	1.10	GD	82	2.10	.	.	
		112	1.00	OD	53	3.00	.	.	
	PKMG	238A	8.10	GD	27	.	10.13	.	
		239B	2.50	GD	27	.	3.13	.	
		237A	1.60	GD	28	.	2.00	.	
		237B	.25	FS/SS	27	.	.31	.	
		239A	.45	FS/SS	26	.	.56	.	
		237A	2.00	LOOFH	84	.	2.50	.	
		237C	.30	LOOFH	86	.	.38	.	
		237D	.55	LOOFH	86	.	.69	.	
		238B	.70	LOOFH	86	.	.88	.	
		KALK+PKMG	130A	3.25	GD	13	9.75	4.06	.
			106B	1.70	GD	51	5.10	2.13	.
	106C		.85	OD	51	2.55	1.06	.	
	237A		4.20	GD	28	12.60	5.25	.	
	221A		2.55	GD	86	8.60	3.19	.	
		237B	.25	FS/SS	27	.75	.31	.	
	TOTAAL HUFGARDBLAZER						79.00	36.58	.
	VOLVO-BLAZER / CATWEAZLE	KALK	130AB	8.00	GD	23	17.00	.	.
			112B	4.00	CD	53	2.00	.	.
			136AB	8.00	CD	49	10.00	.	.
			137A	4.00	CD	49	3.00	.	.
			115A	3.00	OD	54	4.00	.	.
208A			4.20	GD	22	12.60	.	.	
219A			3.15	GD	23	9.45	.	.	
205C			.15	GD	38	.45	.	.	
207C			.77	GD	39	2.31	.	.	
222C			1.55	GD	63	4.65	.	.	
224A			2.00	CD	63	5.00	.	.	
221C			1.35	CD	78	2.05	.	.	
207D			1.22	JL	37	3.66	.	.	
219C			1.30	DG	65	3.90	.	.	
222D			2.15	DG	58	6.45	.	.	
221B			.30	FS/SS	34	.90	.	.	
205C			3.00	LOOFH	46	9.00	.	.	
208C			1.65	LOOFH	64	4.95	.	.	
207F			.70	LOOFH	85	2.10	.	.	
PKMG			219A	1.00	LOOFH	86	3.00	.	.
		210A	2.95	GD	20	.	2.00	.	
		223A	3.70	GD	21	.	4.63	.	
		232B	1.25	GD	28	.	1.56	.	
		233B	4.95	GD	29	.	6.19	.	
		233A	8.35	CD	21	.	7.90	.	
		224B	.80	CD	63	.	1.00	.	
		224C	1.60	CD	82	.	2.00	.	
KALK+PKMG	232A	2.10	CD	85	.	2.63	.		
	210A	4.50	DG	86	.	5.63	.		
	232A	2.10	FS/SS	63	.	2.63	.		
	129A	7.90	GD	7	23.70	5.90	.		

## VERVOLG OVERZICHT VAN DE UITGEBRACHTE HOEVEELHEDEN MESTSTOF PER METHODE

METHODE	MEST-SOORT	VAK	OPP HA	BOOM-SOORT	AANLEG JAAR	REALISATIE KALK (ton)	REALISATIE PKMG (ton)	REALISATIE PK (ton)		
VOLVO-BLAZER / CATWEAZLE (vervolg)	KALK+PKMG	129B	1.05	GD	11	3.15	7.20	.		
		107A	1.30	GD	9	2.90	2.90	.		
		107B	1.40	GD	9	0.00	2.50	.		
		110A	3.70	DG	86	8.10	6.13	.		
		110B	1.95	FS/SS	9	5.85	2.44	.		
		107C	2.00	LOOFH	86	5.00	2.50	.		
		234A	4.45	GD	21	13.35	5.56	.		
		235A	6.15	GD	28	18.45	6.90	.		
		236A	6.20	GD	28	18.60	8.05	.		
		235B	1.05	OD	28	3.15	.50	.		
		234B	.30	DG	32	.90	.38	.		
		<b>TOTAAL VOLVO-BLAZER /CATWEAZLE</b>						<b>209.62</b>	<b>87.13</b>	.
		HELIKOPTER	KALK	616B	.40	GD	32	1.20	.	.
616D	.80			GD	31	2.40	.	.		
616E	1.65			GD	31	4.95	.	.		
616F	1.40			GD	31	4.20	.	.		
618A	1.15			GD	31	3.45	.	.		
619G	1.05			GD	32	3.15	.	.		
620E	1.35			GD	33	4.05	.	.		
616A	1.35			GD	84	4.05	.	.		
618B	.25			GD	84	.75	.	.		
619F	.30			GD	83	.90	.	.		
619B	.80			CD	34	2.40	.	.		
620B	.80			CD	32	2.40	.	.		
620D	1.00			CD	33	3.00	.	.		
620F	1.00			CD	33	3.00	.	.		
618C	1.80			CD	64	5.40	.	.		
619F	.40			OD	30	1.20	.	.		
616B	.20			JL	32	.60	.	.		
620A	3.05			JL	33	9.15	.	.		
616C	1.00			FS/SS	31	3.00	.	.		
618D	3.95			FS/SS	34	11.85	.	.		
619D	.85			FS/SS	32	2.55	.	.		
620C	1.00			FS/SS	32	3.00	.	.		
619E	.55			LOOFH	34	1.65	.	.		
616E	1.35			LOOFH	47	4.05	.	.		
616F	.60			LOOFH	57	1.80	.	.		
618B	.25			LOOFH	56	.75	.	.		
PKMG	109E			2.45	DG	48	.	2.70	.	
	223D2/3			1.70	GD	21	.	1.87	.	
	601B			1.20	GD	31	.	1.32	.	
	601E			2.65	GD	32	.	2.92	.	
	603C			1.08	GD	34	.	1.19	.	
	602A			3.05	GD	83	.	3.36	.	
	603C			2.32	GD	83	.	2.55	.	
	601G			.90	CD	65	.	.99	.	
	615A			4.20	CD	65	.	4.62	.	
	602C			.50	CD	82	.	.55	.	
603A	.65	CD	82	.	.72	.				

## VERVOLG OVERZICHT VAN DE UITGEBRACHTE HOEVEELHEDEN MESTSTOF PER METHODE

METHODE	MEST-SOORT	VAK	OPP HA	BOOM-SOORT	AANLEG JAAR	REALISATIE KALK (ton)	REALISATIE PKMG (ton)	REALISATIE PK (ton)		
HELIKOPTER (vervolg)	PKMG	614D	.60	CD	82	.	.66	.		
		615A	0.00	CD	80	.	0.00	.		
		615B	4.15	CD	79	.	4.57	.		
		615C	.65	CD	83	.	.72	.		
		601D	.80	OD	32	.	.88	.		
		601C	.55	JL	33	.	.61	.		
		601H	.45	FS/SS	31	.	.50	.		
		601A	1.00	LOOFH	31	.	1.10	.		
		601F	.80	LOOFH	33	.	.88	.		
		602B	2.10	LOOFH	35	.	2.31	.		
		603A	1.35	LOOFH	35	.	1.49	.		
		603B	0.00	LOOFH	33	.	0.00	.		
		614B	1.80	LOOFH	57	.	1.98	.		
		614F	2.65	LOOFH	57	.	2.92	.		
		602D	1.80	LOOFH	64	.	1.98	.		
		603B	1.20	LOOFH	82	.	1.32	.		
			KALK+PK	BASIS	32.00	.	.	96.00	.	17.92
		TOTAAL HELIKOPTER						180.90	44.71	17.92
VLIEGTUIG	KALK	201B	3.50	GD	16	10.50	.	.		
		202	8.35	GD	16	25.05	.	.		
		203B	3.60	GD	27	10.80	.	.		
		203D	1.20	GD	18	3.60	.	.		
		213A	5.20	GD	16	15.60	.	.		
		201B	3.50	GD	84	10.50	.	.		
		201E	.20	CD	74	.60	.	.		
		213B	.50	DG	51	1.50	.	.		
		201E	.36	FS/SS	74	1.08	.	.		
		201A	.95	LOOFH	16	2.85	.	.		
		201E	.63	LOOFH	74	1.89	.	.		
		201C	1.50	LOOFH	86	4.50	.	.		
		201D	1.30	LOOFH	86	3.90	.	.		
		203A	1.80	LOOFH	84	5.40	.	.		
		PKMG	105A	1.70	GD	8	.	1.87	.	
			105B	3.30	GD	47	.	3.63	.	
			105C	1.70	LOOFH	84	.	1.87	.	
			113A	2.25	OD	53	.	2.48	.	
	216A		4.80	GD	19	.	5.28	.		
	225E		.55	GD	17	.	.61	.		
	226		8.30	GD	14	.	9.13	.		
	227		4.90	GD	14	.	5.39	.		
	216D		0.00	GD	85	.	0.00	.		
	225B		2.50	GD	84	.	2.75	.		
	225C		1.60	GD	84	.	1.76	.		
	225D		1.50	CD	63	.	1.65	.		
	209B		2.25	CD	82	.	2.48	.		
	214D		.65	DG	33	.	.72	.		
	214C1		1.25	DG	41	.	1.38	.		
	225A		.60	FS/SS	17	.	.66	.		
	216D		1.20	FS/SS	65	.	1.32	.		
	KALK+PK		211B	1.03	GD	19	3.09	.	.58	
			212A	6.85	GD	17	20.55	.	3.84	
			215	8.80	GD	14	26.40	.	4.93	
		211A	.90	CD	62	2.70	.	.50		
		211D	2.55	JL	46	7.65	.	1.43		
		211E	2.65	DG	45	7.95	.	1.48		
		214C2	1.30	DG	41	3.90	.	.73		
211C		.80	FS/SS	45	2.40	.	.45			
214A		0.00	LOOFH	46	0.00	.	0.00			
214A		1.15	LOOFH	48	3.45	.	.64			
214B	.25	LOOFH	74	.75	.	.14				
212A	.80	LOOFH	86	2.40	.	.45				
212B	1.15	LOOFH	86	3.45	.	.64				
TOTAAL VLIEGTUIG						182.46	42.98	15.81		
TOTAAL ALLE METHODEN						726.20	247.85	33.73		



## BIJLAGE 2. AANLEG NUL-PLOTS IN DE PRAKTIJKPROEF PEEL

In de uitvoeringsproef zijn in de periode 28 oktober t/m 18 december 1987 twintig referentievlakken uitgezet waar geen bemesting of bekalking heeft plaatsgevonden. Zie de overzichtstabel.

Deze zogenaamde blanco's zijn aangelegd om aanvullend op de gedetailleerde bemestingsproeven van de andere Praktijkproefonderdelen over enkele jaren een beeld te verkrijgen van het effect van bemesting en bekalking in aaneengesloten boscomplexen met een verschillende bodemopbouw en vochthuishouding op de vitaliteit van het bos en op de ondergroei. De eenvoudige opzet past eveneens in het onderdeel Proef op praktijkschaal.

In overleg met ir. J. van den Burg van "De Dorschkamp" zijn de selectiecriteria voor de opstanden opgesteld.

Er is gekozen voor minimaal 20 blanco's in de terreingedeelten waar met kleinschalige uitbrengingsmethoden is gewerkt om betrouwbare afgrenzingen te verkrijgen. De bruto-oppervlakte is bepaald op een vierkant van  $1000 \text{ m}^2$  met een zijde van 32 m. Rekening houdende met randeffecten kan een rand van 1 m en een netto-oppervlakte van  $30 \times 30 \text{ m}$  is  $900 \text{ m}^2$  aangehouden worden. In een enkel geval moest van deze standaardmaat afgeweken worden. Zie hiervoor de overzichtstabel en de plattegronden.

De proefvlakken liggen verspreid over de drie behandelde bosgebieden, ieder met een eigen bodem en grondwaterregiem.

Tevens is getracht een zo groot mogelijke variatie aan te brengen in de combinaties van boomsoort, leeftijd en behandeling. Daarbij is er echter van uitgegaan dat groveden en Corsicaanse den de belangrijkste boomsoorten in het gebied zijn en dat het effect van een bekalking of een mineralengift meer informatie verschaft dan van een gecombineerde gift. Zowel granulaten als poedermeststoffen zijn in de proef betrokken.

Voor de uitvoering zijn de blanco's ingemeten met een meetlint en een kompas en de hoekpunten zijn waar mogelijk gemarkeerd met rode verf op de voet van de vier bomen in het proefvlak die het dichtst bij de hoekpunten staan.

Vertrekpunt bij het inmeten is steeds het kruispunt van twee hartlijnen van elkaar kruisende wegen of van een weg en een sloot geweest. Waar mogelijk is in één slag 50 m uitgezet in de opstand van waaruit in noord-zuid- en oost-westrichting een vierkant van 32 m werd ingemeten. Afwijkingen hiervan worden in de tabel en op de situatiekaartjes weergegeven.

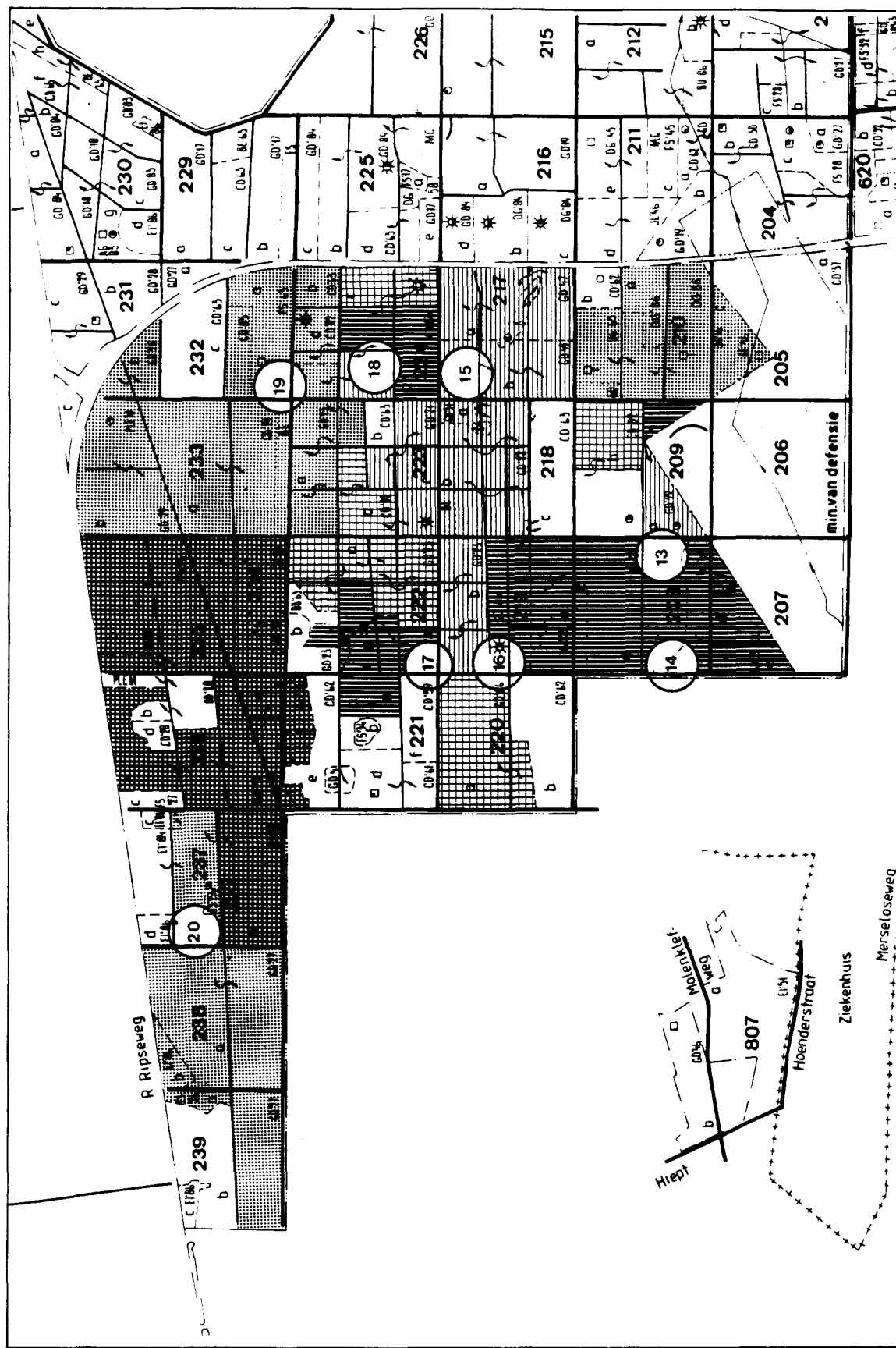
Met planrijen is niet speciaal rekening gehouden. Bij heel jonge beplantingen en in een enkel ander geval konden niet alle hoekpunten duidelijk zichtbaar gemarkeerd worden met verf. Tijdens de uitvoering is elke plot rondom afgezet geweest met lint; er werd nauwgezet gecontroleerd bij het uitbrengen van de meststoffen langs de rand. Waar meststoffen in een blanco zijn ingewaaid is dit aangegeven in de overzichtstabel en op de situatiekaartjes.






Overzichtstabel nul-plots Praktijkproef Peel.

gemeenten plotnummer	vaknr. en opp. in ha	boomsoort en jaar v. aanleg	bemesting	bijzonderheden
Vierlings- beek nr. 1	114b 3.75	Corsicaanse den 1954	PKMg gran. 1100 kg/ha	
Vierlings- beek nr. 2	114f 1.80	Groveden 1954	kalk poeder 3000 kg/ha	
Vierlings- beek nr. 3	115c 1.50	Corsicaanse den 1954	kalk poeder 3000 kg/ha	
Venray nr. 4	107d 0.90	fijnspar 1964	PKMg gran. 1100 kg/ha	bruto-opp 500 m <sup>2</sup> afstand 30 m
Venray nr. 5	108b 1.60	berk 1974	PKMg gran. 1100 kg/ha	
Venray nr. 6	109a 1.45	fijnspar 1945	PKMg gran. 1100 kg/ha	opstand deels behandeld
Venray nr. 7	109f 1.50	sitkaspar 1945	PKMg gran. 1100 kg/ha	
Venray nr. 8	128 2.00	groveden 1910	kalk gran. 3000 kg/ha	opstand deels behandeld
Venray nr. 9	130a-noord 3.00	groveden 1986	PKMg gran. 1100 kg/ha	
Venray nr. 10	130a-oost 3.25	groveden 1913	kalk poeder 3000 kg/ha	en PKMg poeder en 1250 kg/ha

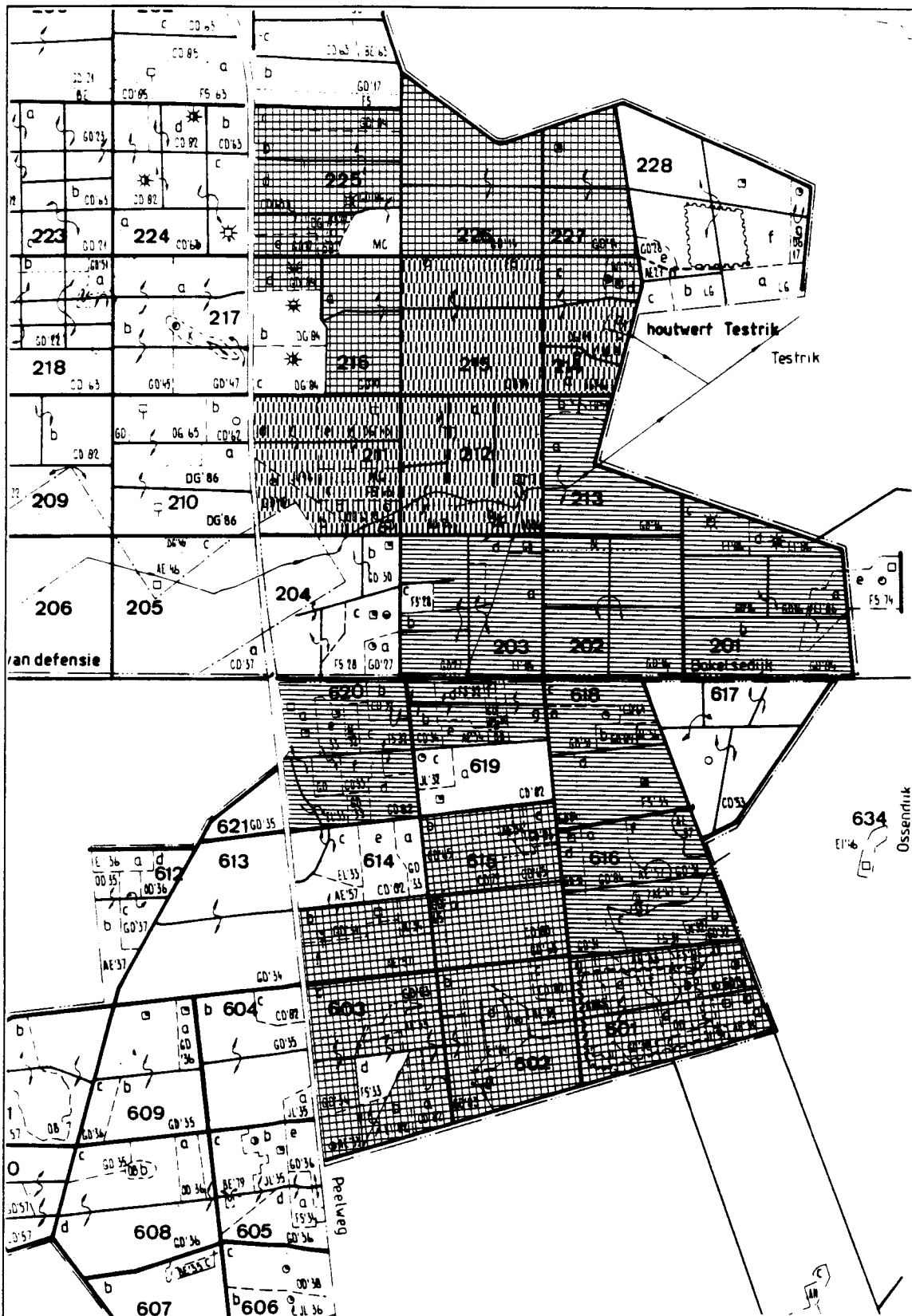
## Vervolg overzichtstabel nul-plots Praktijkproef Peel.

gemeenten plotnummer	vaknr. en opp. in ha	boomsoort en jaar v. aanleg	bemesting	bijzonderheden
Venray nr. 11	130a-west 2.50	groveden 1913	kalk poeder 3000 kg/ha	
Venray nr. 12	130b 1.35	groveden 1913 zomereik 1911	kalk poeder 3000 kg/ha	
Venray nr. 13	208b 2.55	Corsicaanse den 1962	kalk poeder 3000 kg/ha	
Venray nr. 14	208c 1.65	berk 1964	kalk poeder 3000 kg/ha	afwijkende maat bruto 1000 m <sup>2</sup>
Venray nr. 15	217b 3.60	groveden 1945	kalk gran. 3000 kg/ha	
Venray nr. 16	219c 1.30	groveden 1984	kalk poeder 3000 kg/ha	over 10 m mest ingewaaid
Venray nr. 17	222d 2.15	douglas 1958	kalk poeder 3000 kg/ha	over 10 m mest ingewaaid
Venray nr. 18	224d-3 1.30	Corsicaanse den 1982	kalk gran. 3000 kg/ha	coulissen tussen douglas
Venray nr. 19	232a 2.10	Corsicaanse den 1985	PKMg poeder 1250 kg/ha	bruto-opp 900 m <sup>2</sup> 30 x 30 m
Venray nr. 20	237a 1.60	groveden 1928	PKMg poeder 1250 kg/ha	



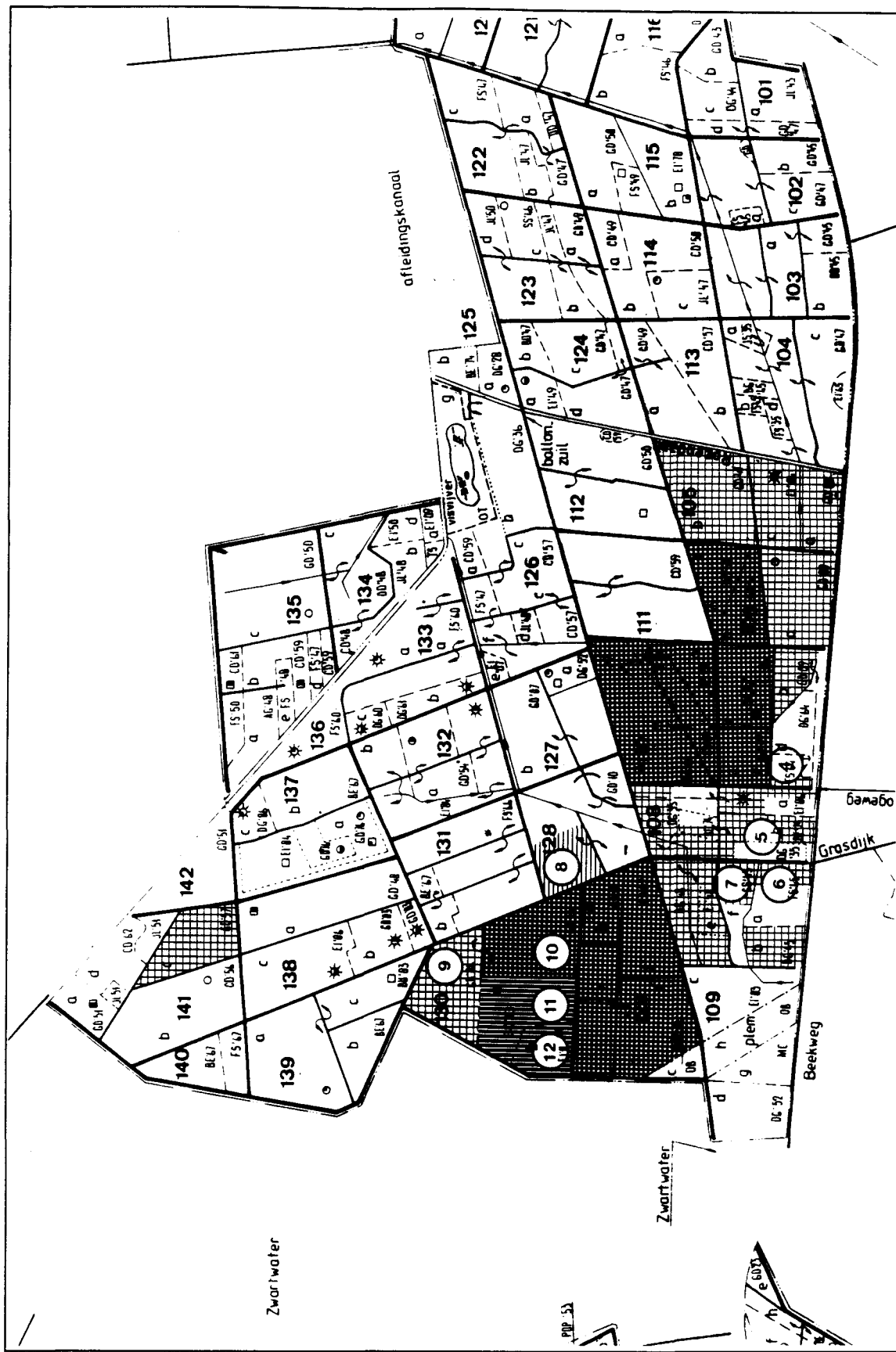
-  Kalk granulaat
-  Kalk poeder
-  PKMg granulaat
-  PKMg poeder
-  Kalk + PKMg poeder

Kaart 1. Bosgebied ten westen van de Middenpeelweg

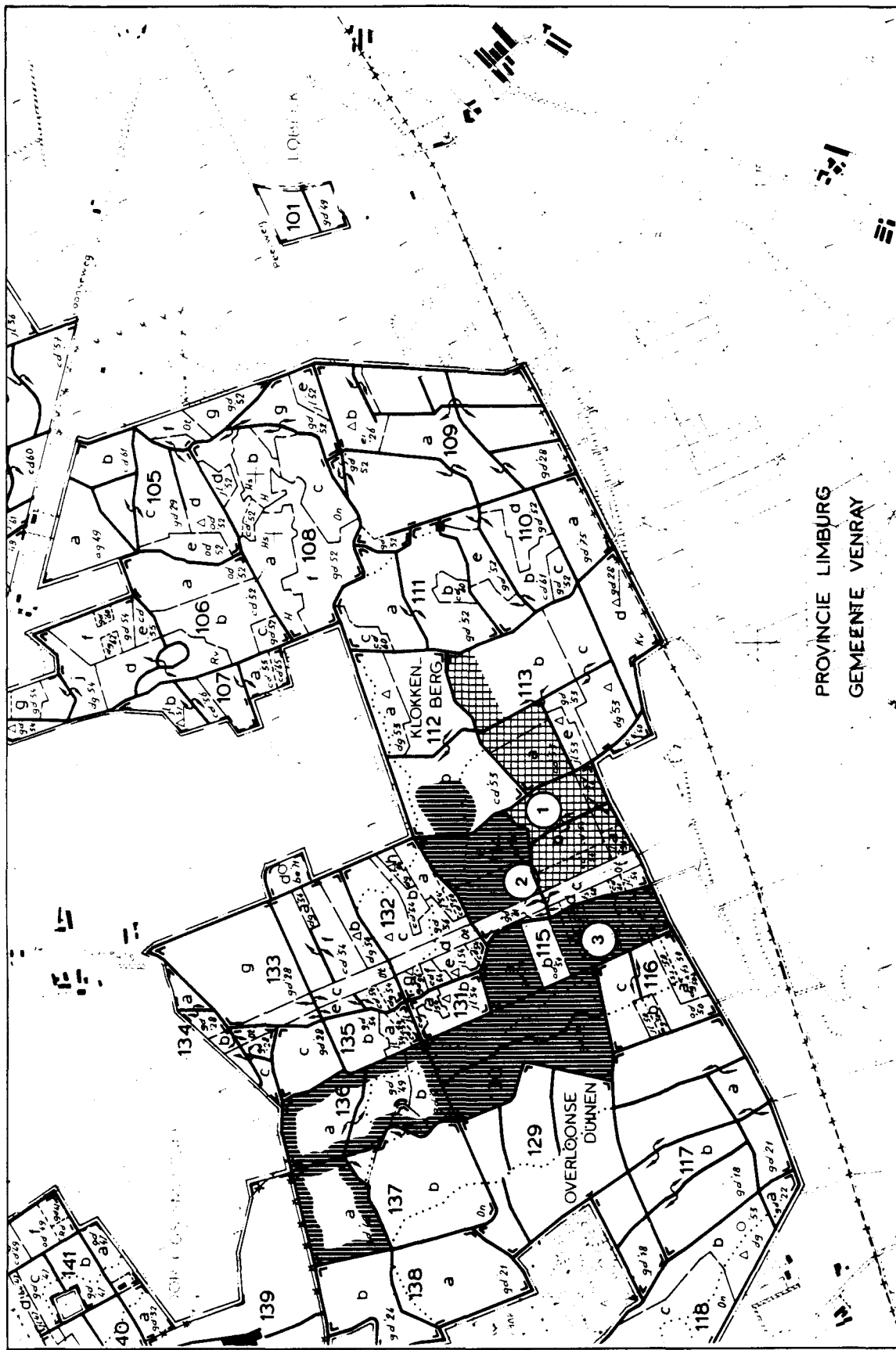


Kalk granulaat    
  PKMg granulaat    
  Kalk + PK granulaat

Kaart 2. Bosgebied ten oosten van de Middenpeelweg

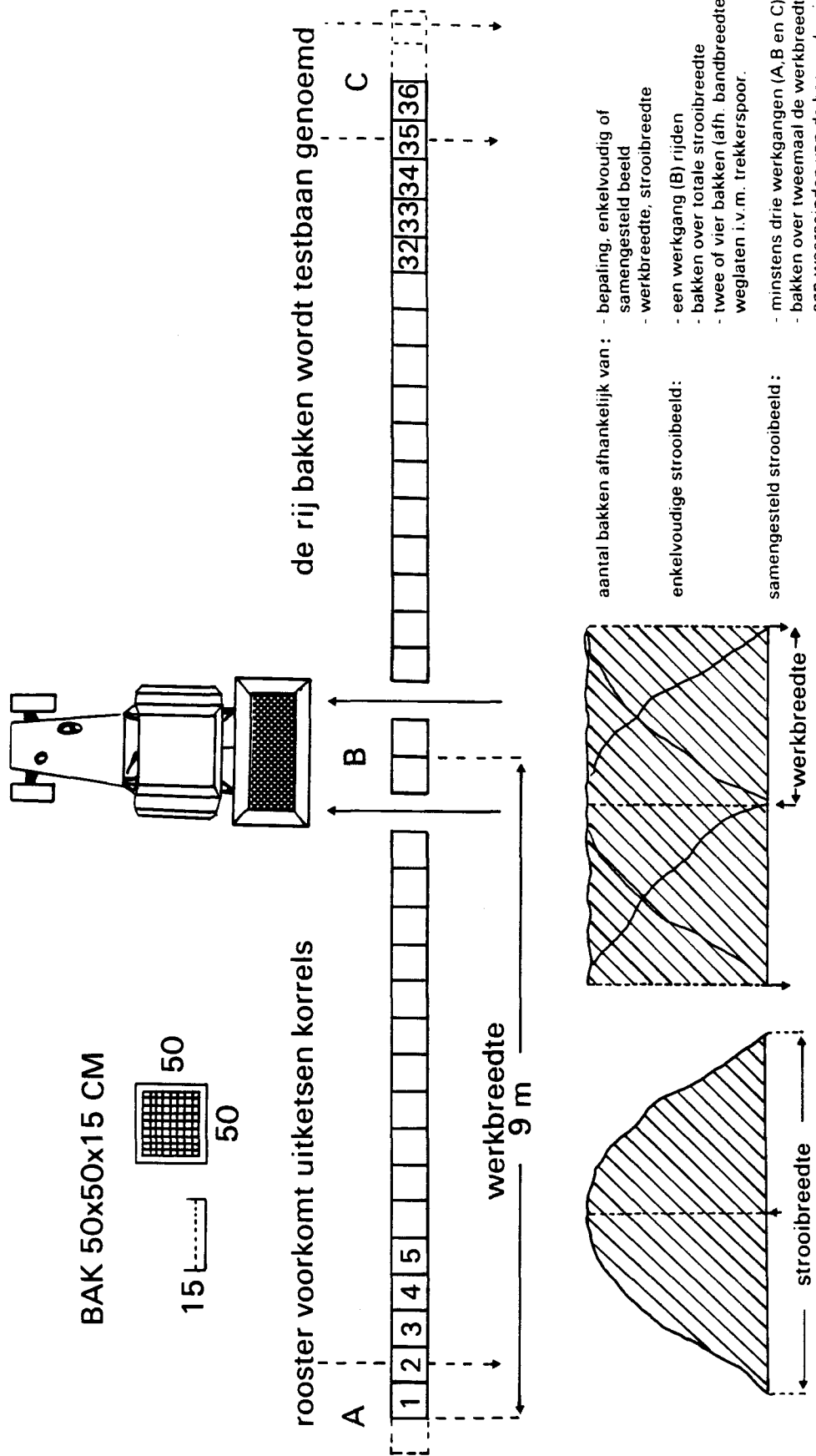


Kaart 3. Bosgebied Ballonzuil



Kaart 4. Bosgebied Overloonse duinen

BIJLAGE 3. STROOIBEELDBEPALING M.B.V. DE BAKKENMETHODE



- aantal bakken afhankelijk van :
- bepaling, enkelvoudig of samengesteld beeld
  - werkbreedte, strooibreedte
- enkelvoudige strooibeeld:
- een werkgang (B) rijden
  - bakken over totale strooibreedte
  - twee of vier bakken (afh. bandbreedte) weglaten i.v.m. trekkerspoor.
- samengesteld strooibeeld:
- minstens drie werkgangen (A, B en C) rijden
  - bakken over tweemaal de werkbreedte
  - aan weersijden van de baan rekening houden met trekkerspoor (bak 2 en 35 weg)



## BIJLAGE 4. MODELLEN BOSBEMESTING (EXCL. VLIEGTUIG EN HELIKOPTER)

Voor alle methoden (excl. methoden vliegtuig en helikopter) geldt:

$$T = A + (B1 * C1) + (B2 * C2)$$

$$A = (SE + SNE + L) / 60 * AT$$

$$B1 = (2 * (TW / MAS) / LW) / 60 * AT$$

$$B2 = ((TO / MAS) / LO) / 60 * AT$$

Waarbij :

- T: Totaaltijd in uren per ton (incl. alg. tijd)
- A: Een constante tijd/ton in uren die is opgebouwd uit de elementen:  
 SE: Strooien (Effectief) in min./ton  
 SNE: Strooien (Niet Effectief) in min./ton  
 L: Laden in min./ton  
 AT: Algemene Tijd (handkracht: 30%, machinaal: 40%)
- B1: De gemiddelde tijd/ton in uren per m transport tussen laadplaats en opstand:  
 TW: Totaaltijd van het transport over de bosWeg tijdens de proef in minuten  
 MAS: totale MASSa meststof (ton)  
 LW: gemiddelde transportLengte over de bosWeg per cyclus in m tijdens de proef  
 AT: Algemene Tijd (handkracht: 30%, machinaal: 40%)
- B2: De gemiddelde tijd/ton in uren per m transport in de opstand  
 TO: Totaaltijd van het transport door de Opstand tijdens de proef in minuten  
 MAS: MASSa meststof (ton)  
 LO: gemiddelde transportLengte door de Opstand per cyclus in m tijdens de proef  
 AT: Algemene Tijd (handkracht: 30%, machinaal: 40%)
- C1: De gemiddelde (enkele) afstand in m tussen laadplaats en de opstand in een modelsituatie
- C2: De gemiddelde rijafstand in m in de opstand in een modelsituatie

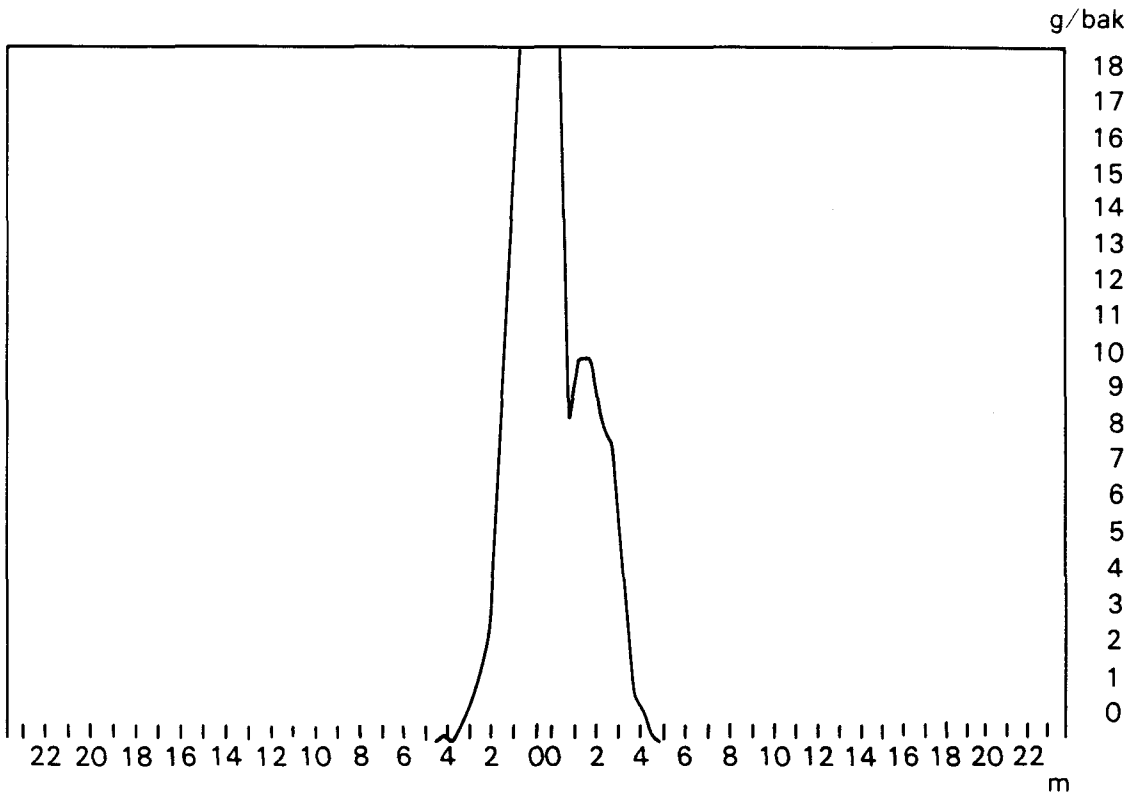


**BIJLAGE 5. UITWERKING STROOIBEELDEN.**

**Blad 1 t/m 46**

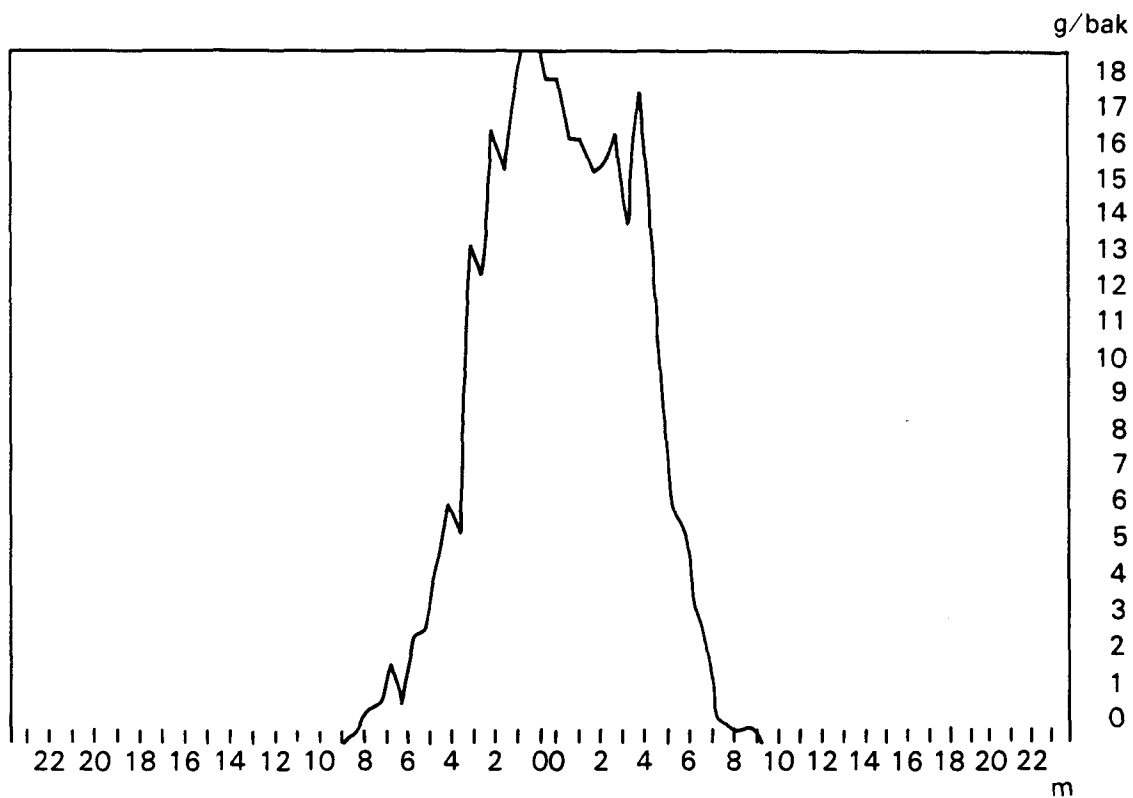
**Metingen verricht door Strooier Test en Afstel Service (STAS)**

Blad 1. Strooibeeld Lastpakker, 3.000 kg korrelkalk per ha.  
Proefnr. 7110301.



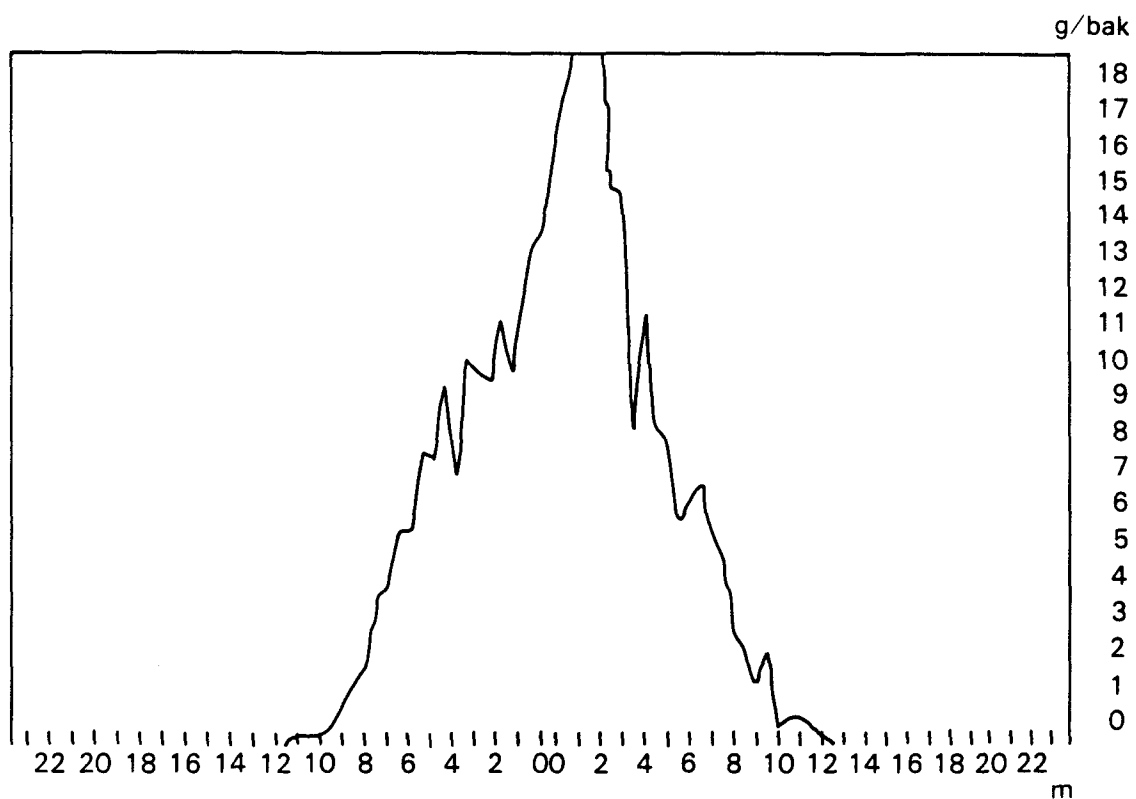


Blad 3. Strooibeeld Honda Trike met Lely-strooier, 3.000 kg korrelkalk per ha.  
Proefnr. 7102906





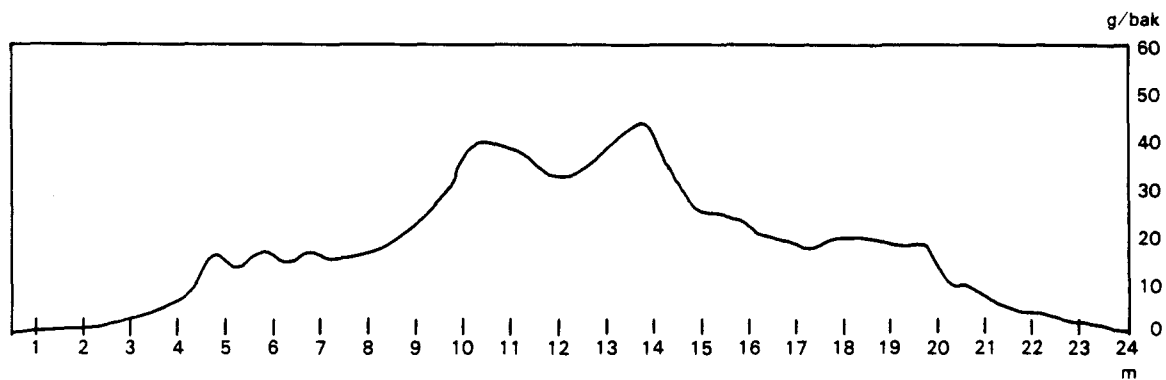
Blad 5. Strooibeeld pendelstrooier, 1.100 kg korrelkalk per ha.  
Proefnr. 7110307





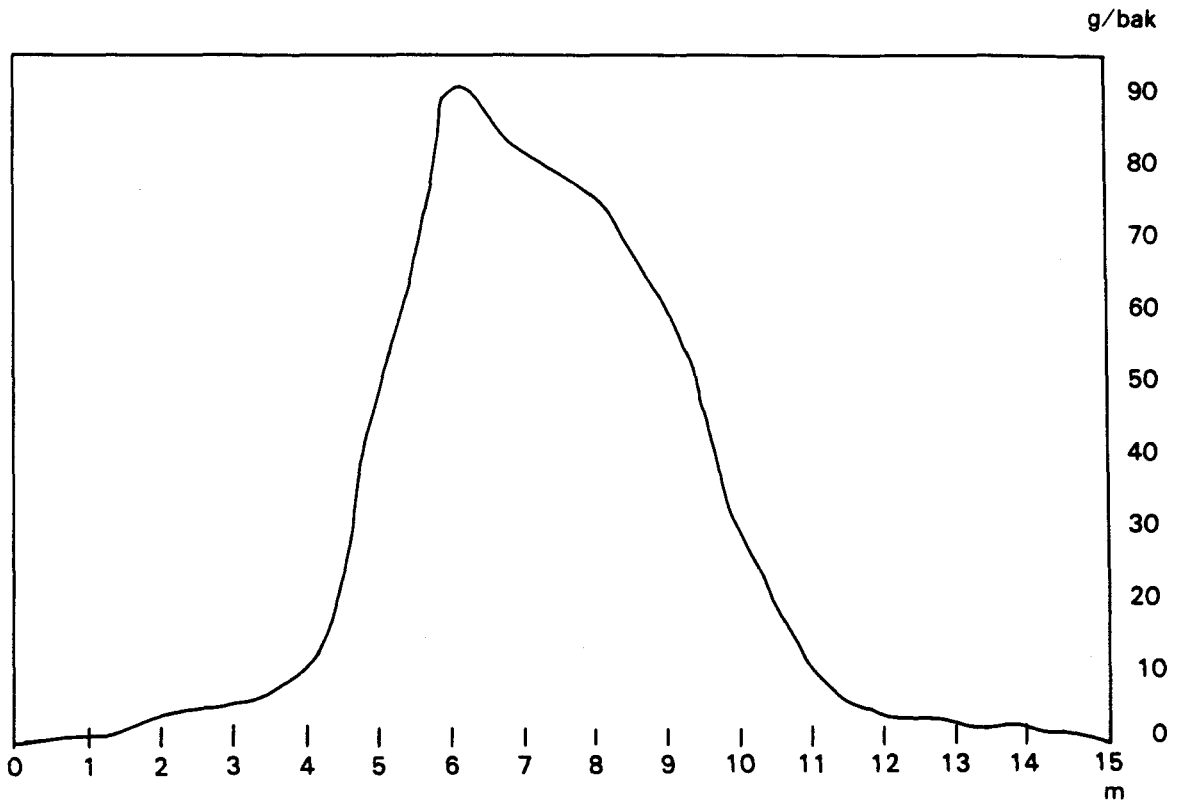


Blad 7. Strooibeeld pendelstrooier, 3.000 kg korrelkalk per ha.  
Proefnr. 7110306



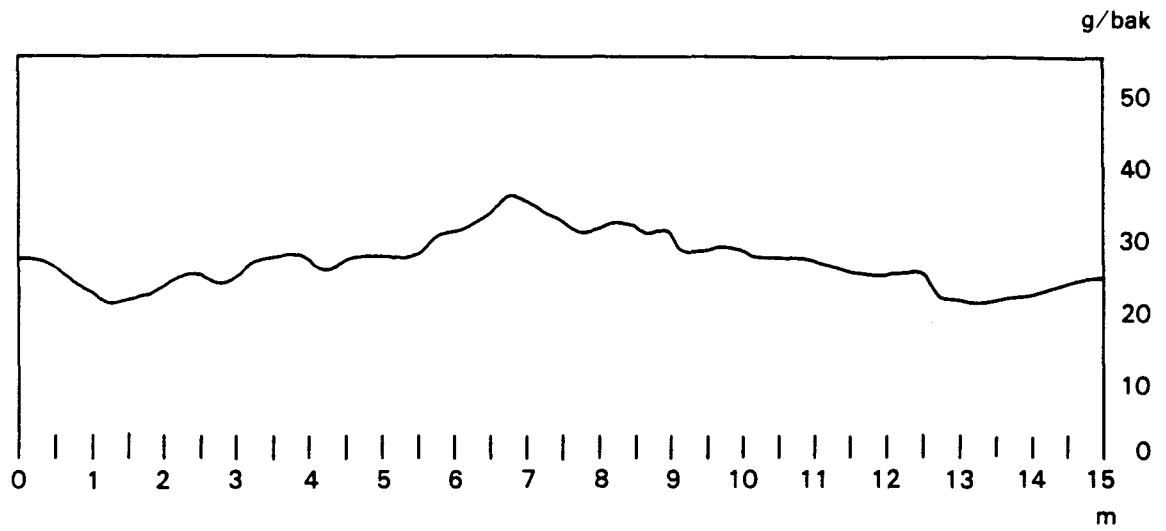


Blad 9. Strooibeeld pendelstrooier, 3.000 kg poederkalk per ha.  
Proefnr. 7110502





Blad 11. Strooibeeld Amazone-tweeschijvencentrifugaalstrooier,  
1.100 kg korrelkalk per ha. Proefnr. 7102914



Blad 12. Metingen Amazone-tweeschijvencentrifugaalstrooier,  
1.100 kg korrelkalk per ha.

D.S.M. MESTSTOFFEN - VERWERKING STROOI GEGEVENS VERSIE 1.0

Proef nr. : 7102914  
 Naam :  
 Adres :  
 Postcode :  
 Woonplaats : WELL

Datum bezoek : 29 NOVEMBER 1987

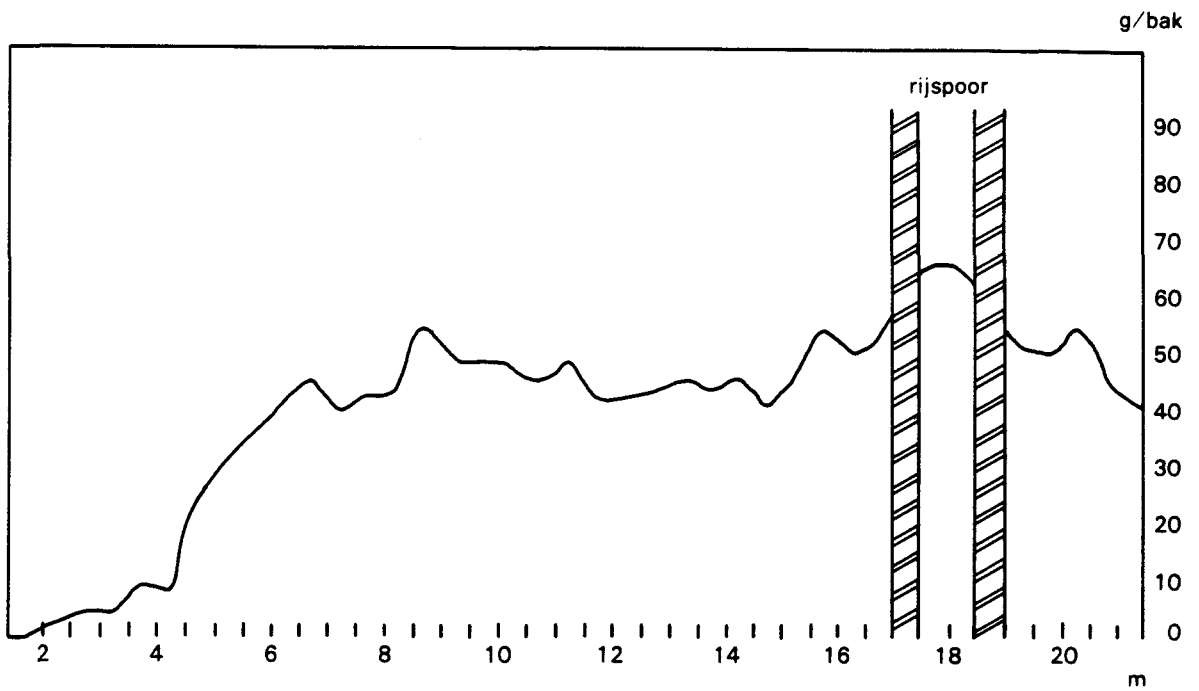
Merk machine : AMAZONE  
 Type machine : ZA-U 1001  
 Kunstmest soort : KALK GRANULAAT  
 Instelling (kg/ha) : 1100  
 Stand strooier : 29  
 Werkbreedte (m) : 15  
 Toerental (r.p.m) :  
 Rijsnelheid (km/u) : 2.2  
 Controle aftakas :  
 Hoogte boven grond/gewas : 90/92 VOOROVER  
 Windrichting :  
 Windsnelheid :  
 Rel.vochtigheid :

Opmerkingen a) : AANTAL KG IS VERHOOGD.  
 b) : SAMENGESTELD STROOIBEELD.  
 c) :

WERKBR.	MaxAfw R(%)	KG/HA	VAR	COF R
15.00	35.91	1080.13		14.20

1	272	25	253	49	0	73	0
2	241	26	219	50	0	74	0
3	210	27	211	51	0	75	0
4	229	28	226	52	0	76	0
5	250	29	232	53	0	77	0
6	246	30	239	54	0	78	0
7	274	31	0	55	0	79	0
8	285	32	0	56	0	80	0
9	260	33	0	57	0	81	0
10	280	34	0	58	0	82	0
11	275	35	0	59	0	83	0
12	301	36	0	60	0	84	0
13	321	37	0	61	0	85	0
14	367	38	0	62	0	86	0
15	338	39	0	63	0	87	0
16	309	40	0	64	0	88	0
17	324	41	0	65	0	89	0
18	310	42	0	66	0	90	0
19	282	43	0	67	0	91	0
20	287	44	0	68	0	92	0
21	275	45	0	69	0	93	0
22	271	46	0	70	0	94	0
23	261	47	0	71	0	95	0
24	253	48	0	72	0	96	0

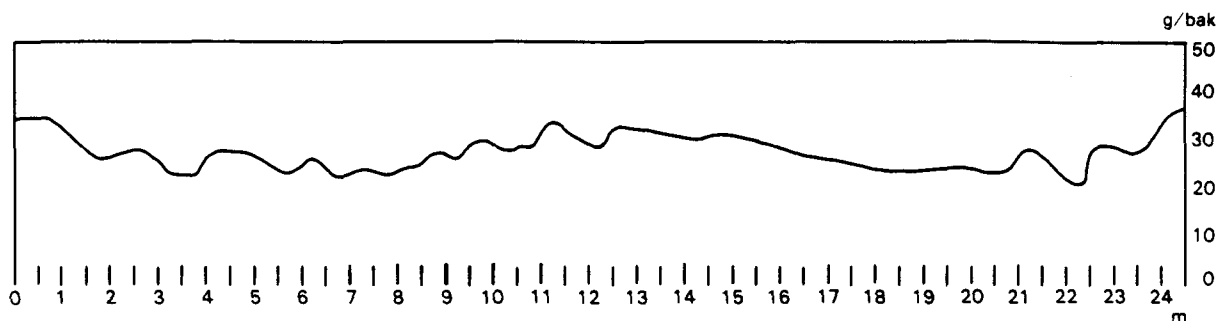
Blad 13. Strooibeeld Amazone-tweeschijvencentrifugaalstrooier,  
3.000 kg korrelkalk per ha. Proefnr. 7110308







Blad 15. Strooibeeld Amazone-tweeschijvencentrifugaalstrooier,  
1.100 kg korrelkalk per ha. Proefnr. 7102912



Blad 16. Metingen Amazone-tweeschijvencentrifugaalstrooier,  
1.100 kg korrelkalk per ha.

D.S.M. MESTSTOFFEN - VERWERKING STROOI GEGEVENS VERSIE 1.0

Proef nr. : 7102912  
 Naam :  
 Adres :  
 Postcode :  
 Woonplaats : WELL

Datum bezoek : 29 OKTOBER 1987

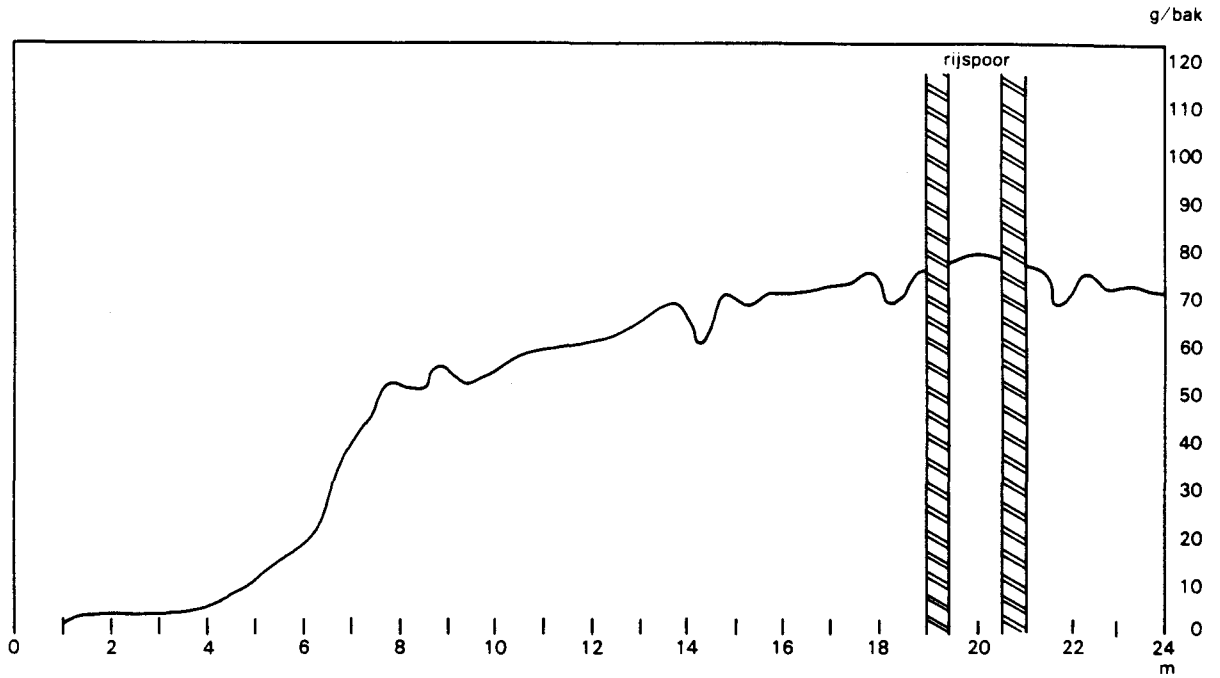
Merk machine : AMAZONE  
 Type machine : ZA-U 1001  
 Kunstmest soort : KALK GRANULAAT  
 Instelling (kg/ha) : 1100  
 Stand strooier : 35  
 Werkbreedte (m) : 24  
 Toerental (r.p.m) :  
 Rijsnelheid (km/u) :  
 Controle aftakas :  
 Hoogte boven grond/gewas : 100/103 VOOROVER  
 Windrichting :  
 Windsnelheid :  
 Rel.vochtigheid :

Opmerkingen a) : N STROOISCHIJF ROOD  
 b) : SAMENGESTELD STROOIBEELD.  
 c) :

WERKBR.	MaxAfw R(%)	KG/HA	VAR	COF R
24.00	29.50	1081.08		12.70

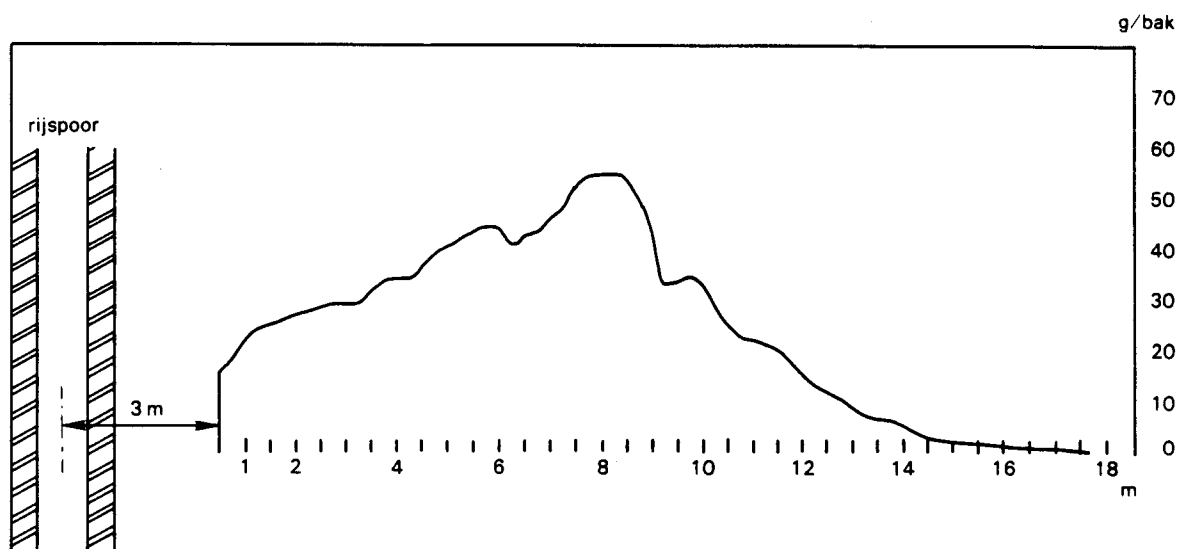
1	349	25	323	49	0	73	0
2	307	26	319	50	0	74	0
3	265	27	302	51	0	75	0
4	272	28	298	52	0	76	0
5	277	29	306	53	0	77	0
6	229	30	299	54	0	78	0
7	229	31	292	55	0	79	0
8	279	32	271	56	0	80	0
9	270	33	264	57	0	81	0
10	249	34	253	58	0	82	0
11	234	35	242	59	0	83	0
12	263	36	237	60	0	84	0
13	223	37	242	61	0	85	0
14	239	38	231	62	0	86	0
15	228	39	240	63	0	87	0
16	244	40	226	64	0	88	0
17	275	41	236	65	0	89	0
18	261	42	279	66	0	90	0
19	298	43	243	67	0	91	0
20	269	44	207	68	0	92	0
21	286	45	283	69	0	93	0
22	334	46	264	70	0	94	0
23	292	47	312	71	0	95	0
24	282	48	350	72	0	96	0

Blad 17. Strooibeeld Amazone-tweeschijvencentrifugaalstrooier,  
3.000 kg korrelkalk per ha. Proefnr. 7110312



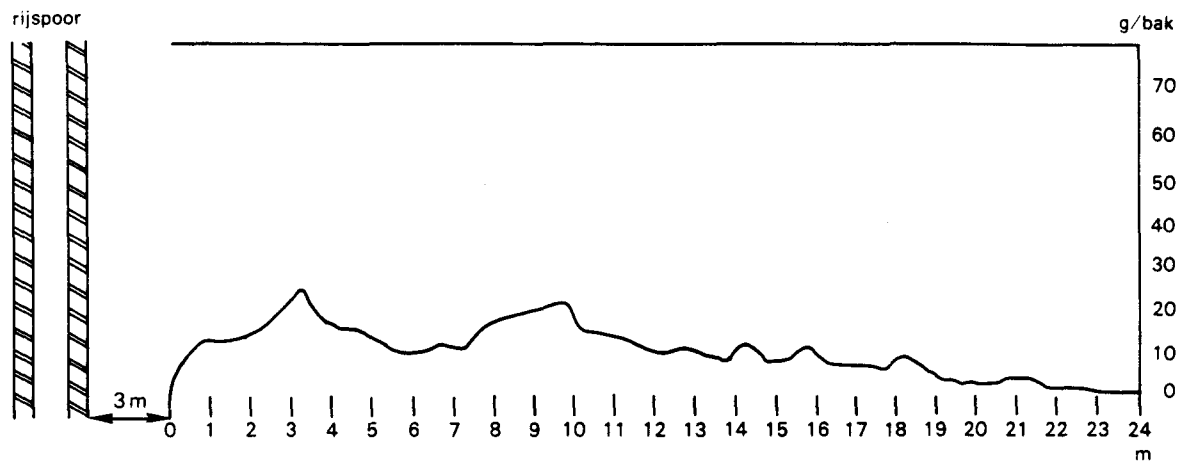


Blad 19. Strooibeeld Hufgard-blazer (nieuw), 1.200 kg PKMg-poeder per ha.  
Proefnr. 7112401





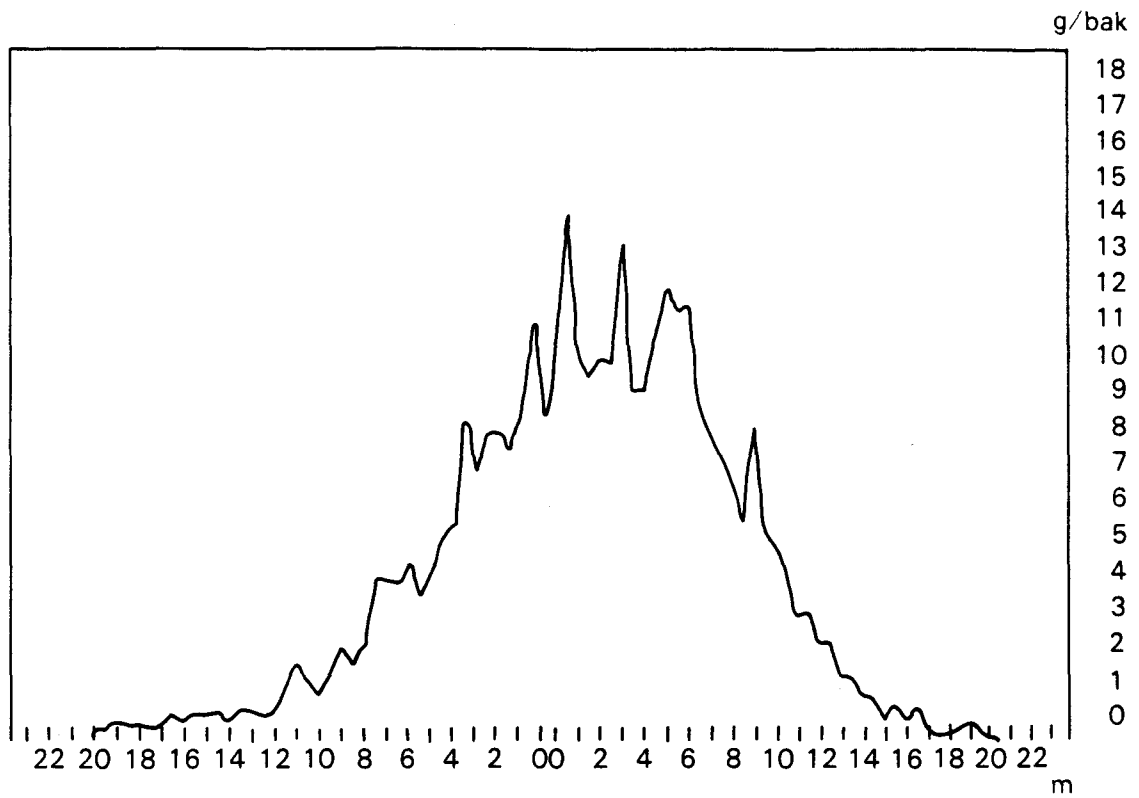
Blad 21. Strooibeeld Hufgard-blazer (oud), 3.000 kg PKMg-poeder per ha.  
Proefnr. 7110501





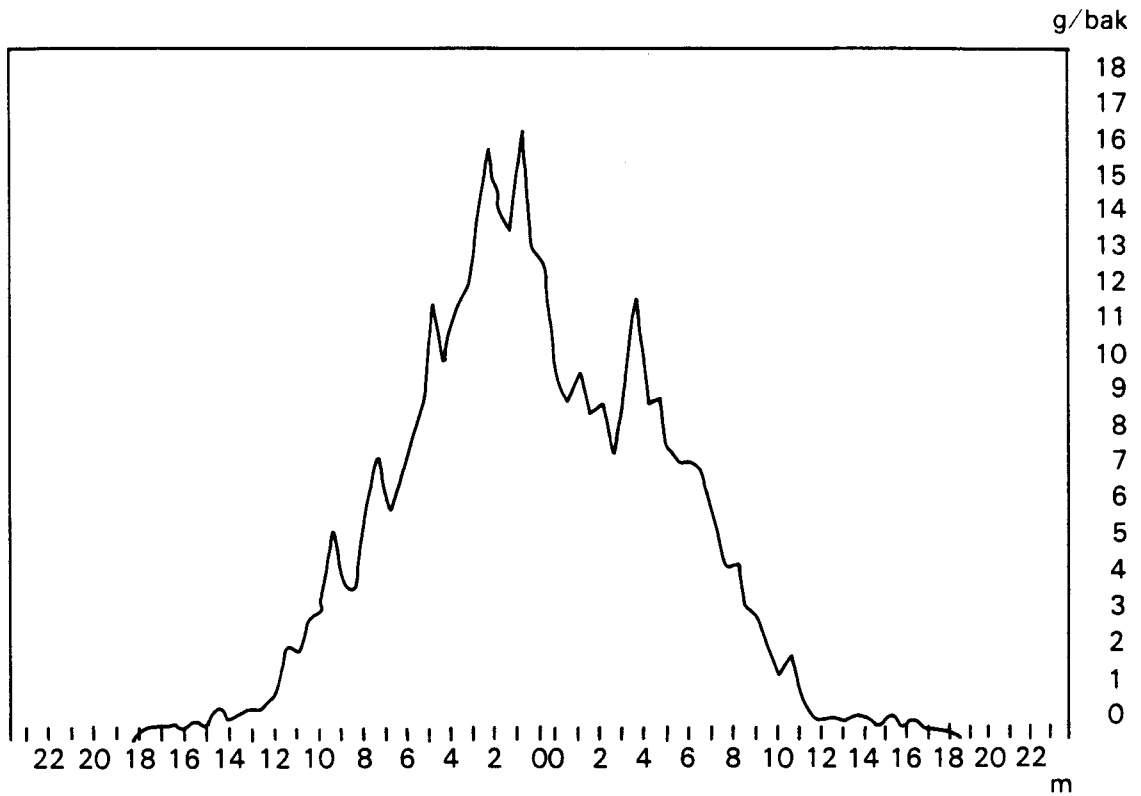


Blad 23. Strooibeeld vliegtuig, 600 kg PK-granulaat per ha.  
Proefnr. 7111802



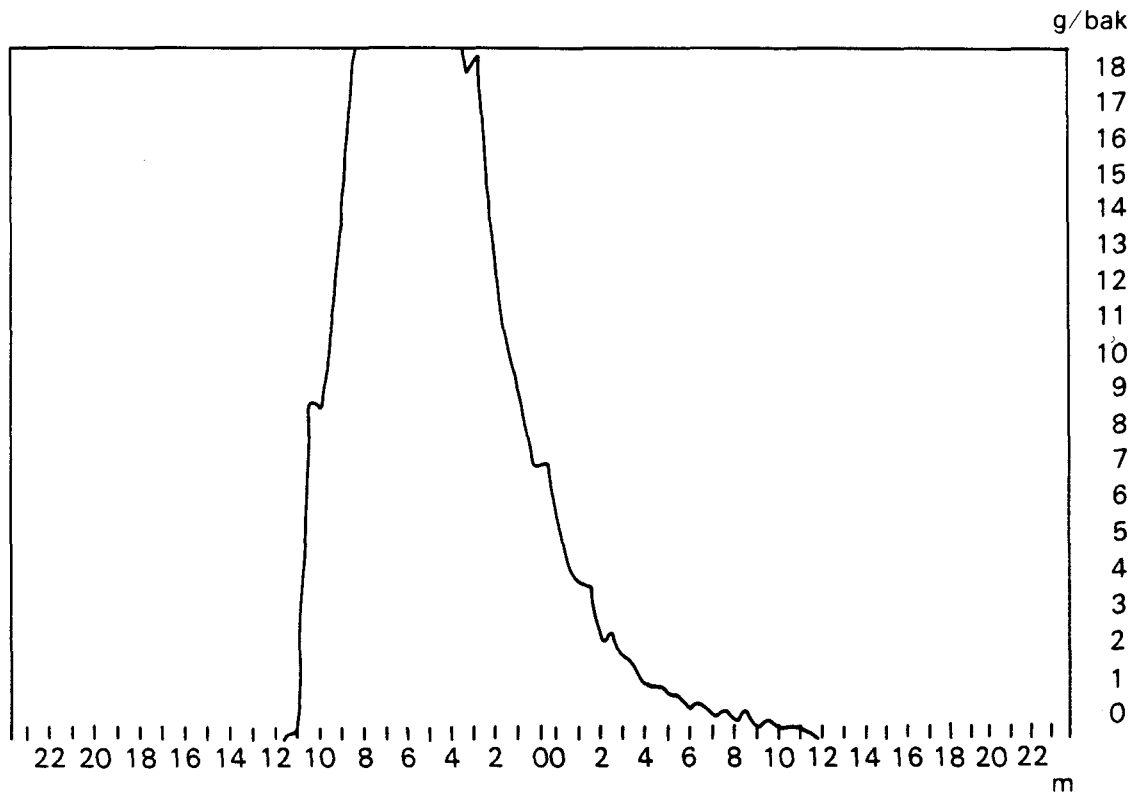


Blad 25. Strooibeeld vliegtuig, 3.000 kg korrelkalk per ha.  
Proefnr. 7111801



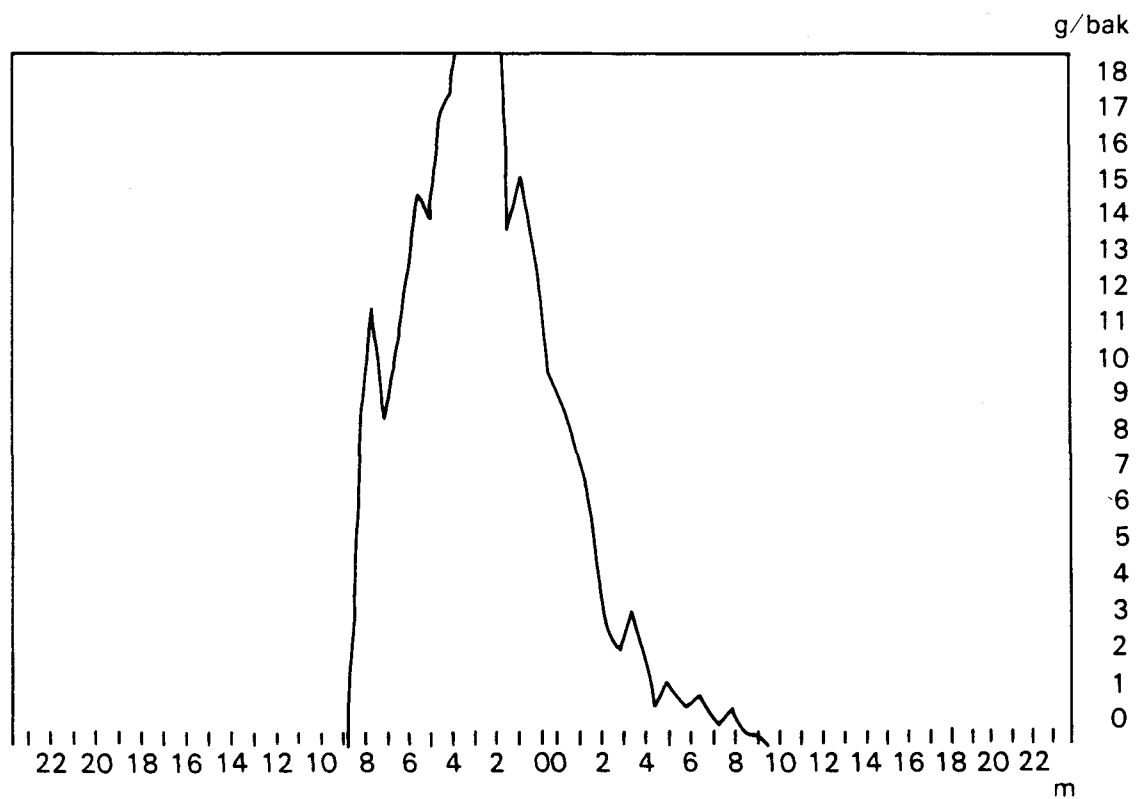


Blad 27. Strooibeeld vliegtuig, 3.000 kg korrelkalk per ha, na 100 m strooien.  
Proefnr. 7113201





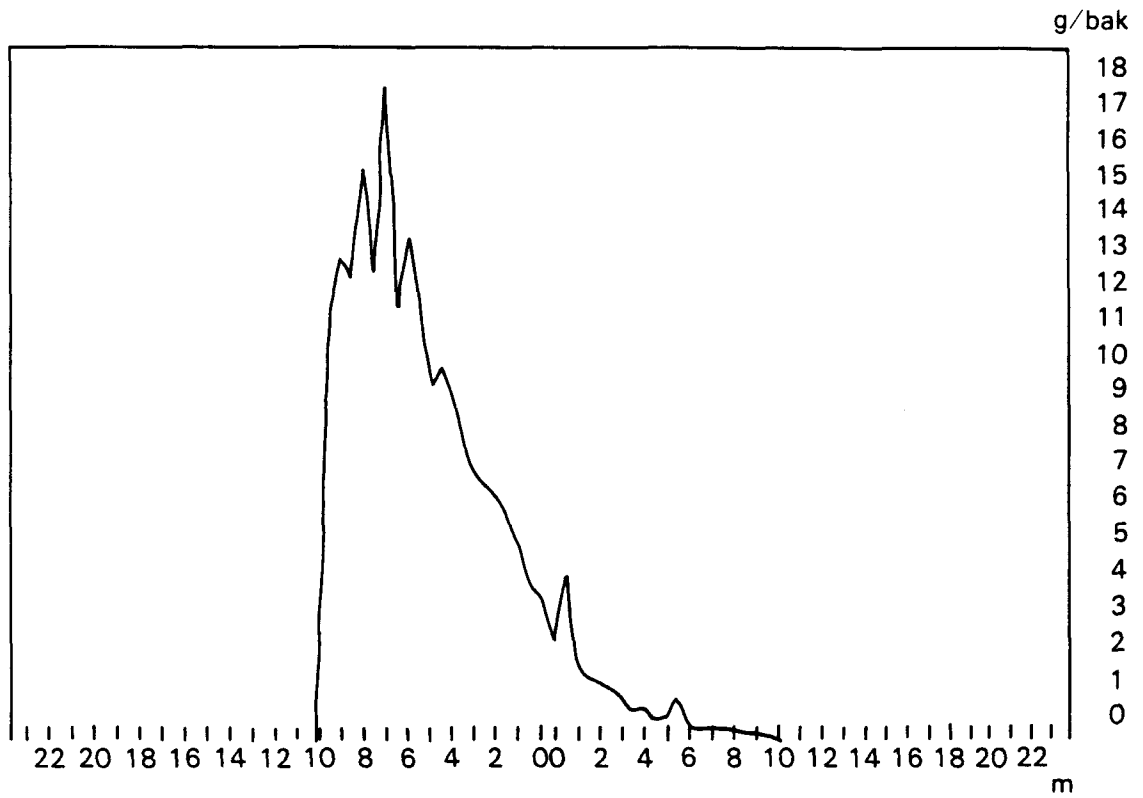
Blad 29. Strooibeeld vliegtuig, 3.000 kg korrelkalk per ha, na 500 m strooien.  
Proefnr. 7112302





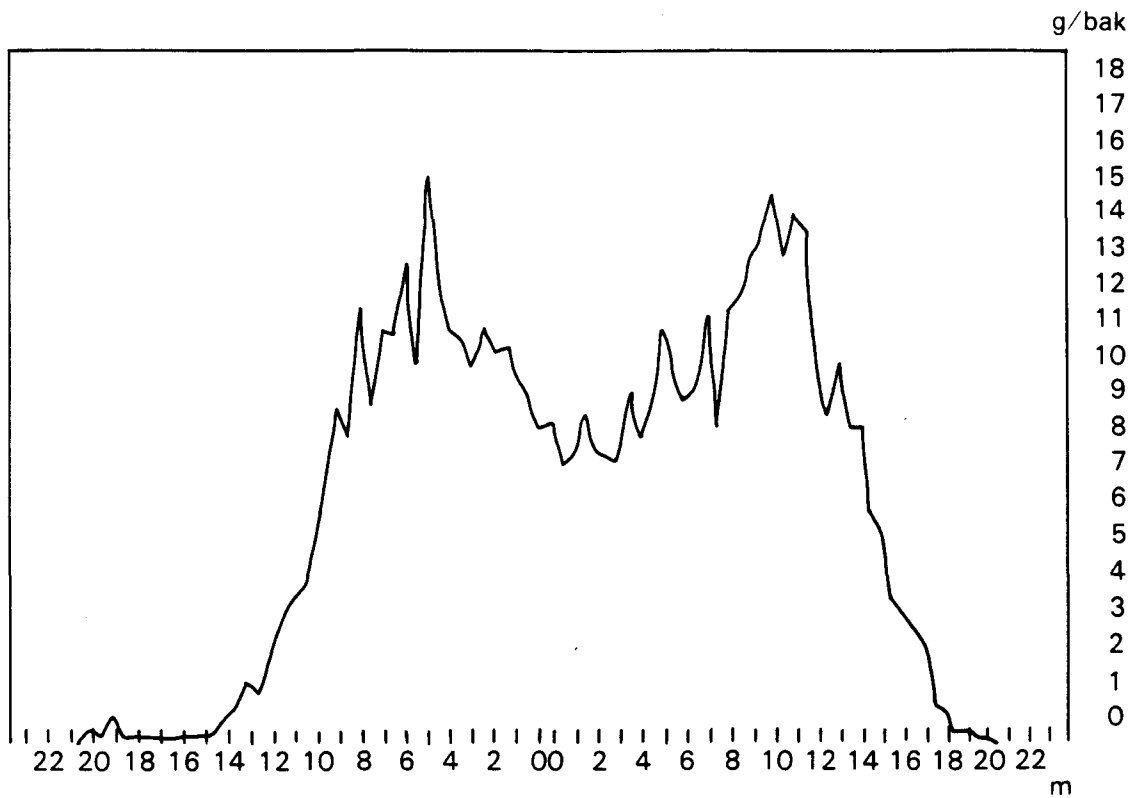


Blad 31. Strooibeeld vliegtuig, 3.000 kg korrelkalk per ha, na 900 m strooien.  
Proefnr. 7112303





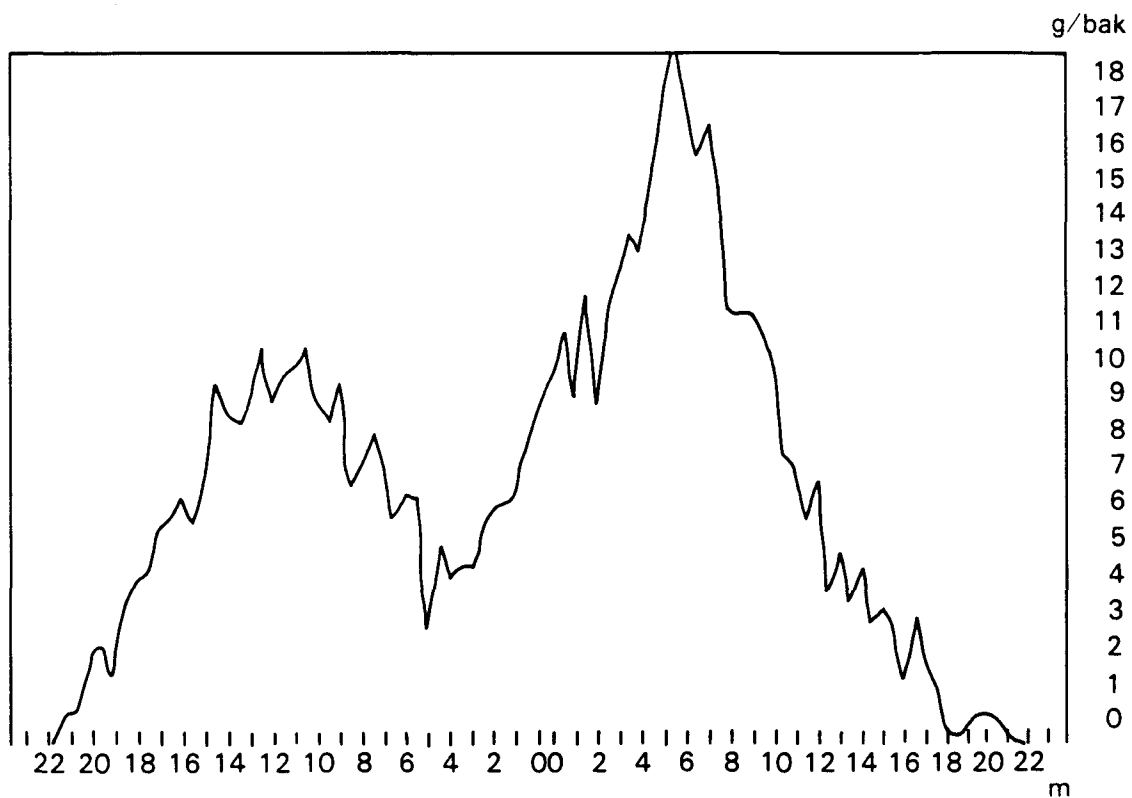
Blad 33. Strooibeeld helikopter, 600 kg PK-granulaat per ha.  
Proefnr. 7120201







Blad 35. Strooibeeld helikopter, 3.000 kg korrelkalk per ha.  
Proefnr. 7120101

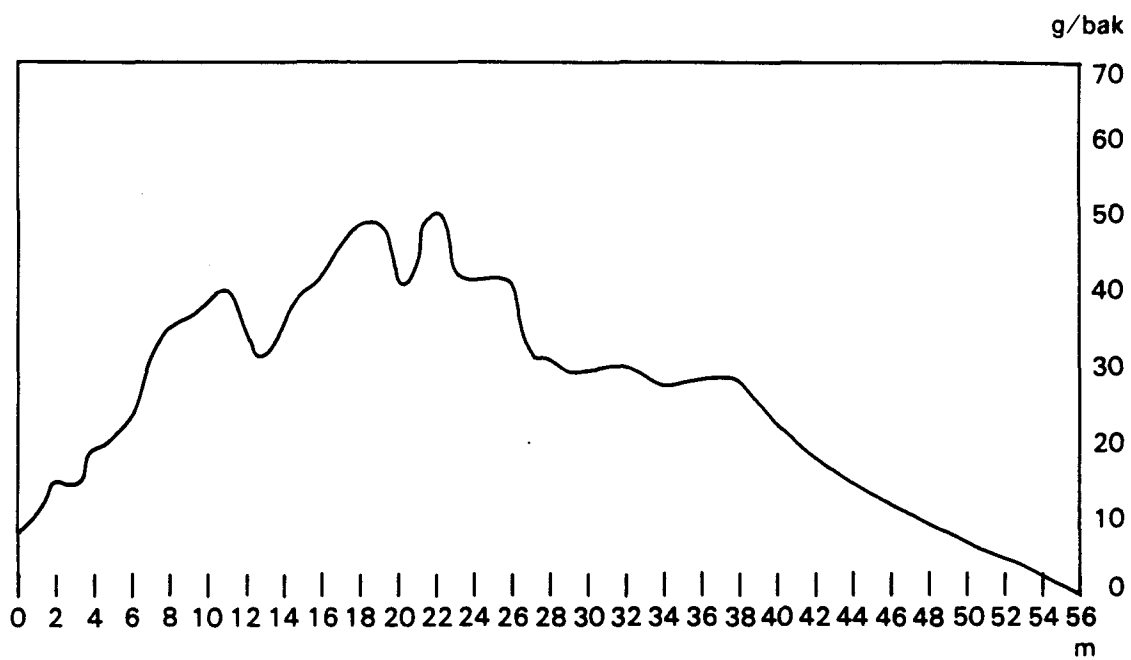








Blad 37. Strooibeeld Volvo-blazer, 3.000 kg poederkalk per ha.  
Proefnr. 7121403



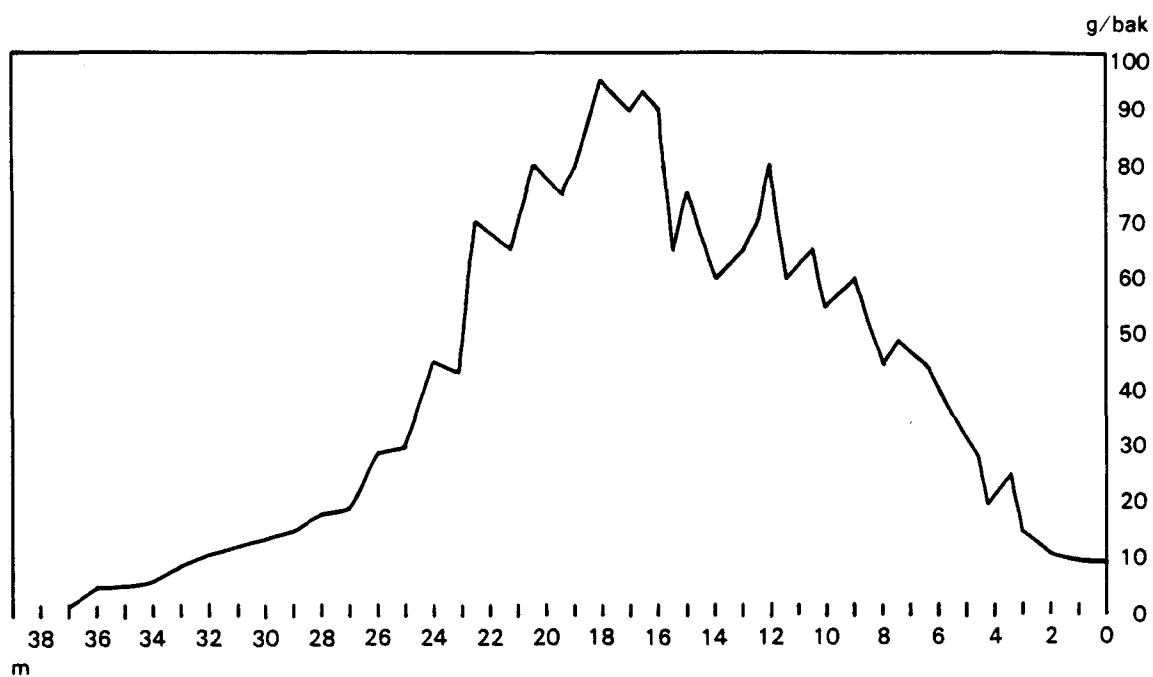




Blad 39. Strooibeeld Catweazle, 3.000 kg poederkalk per ha.  
Proefnr. 7121402



Blad 40. Gespiegeld strooibeeld Catweazle, 3.000 kg poederkalk per ha.  
Proefnr. 7121402

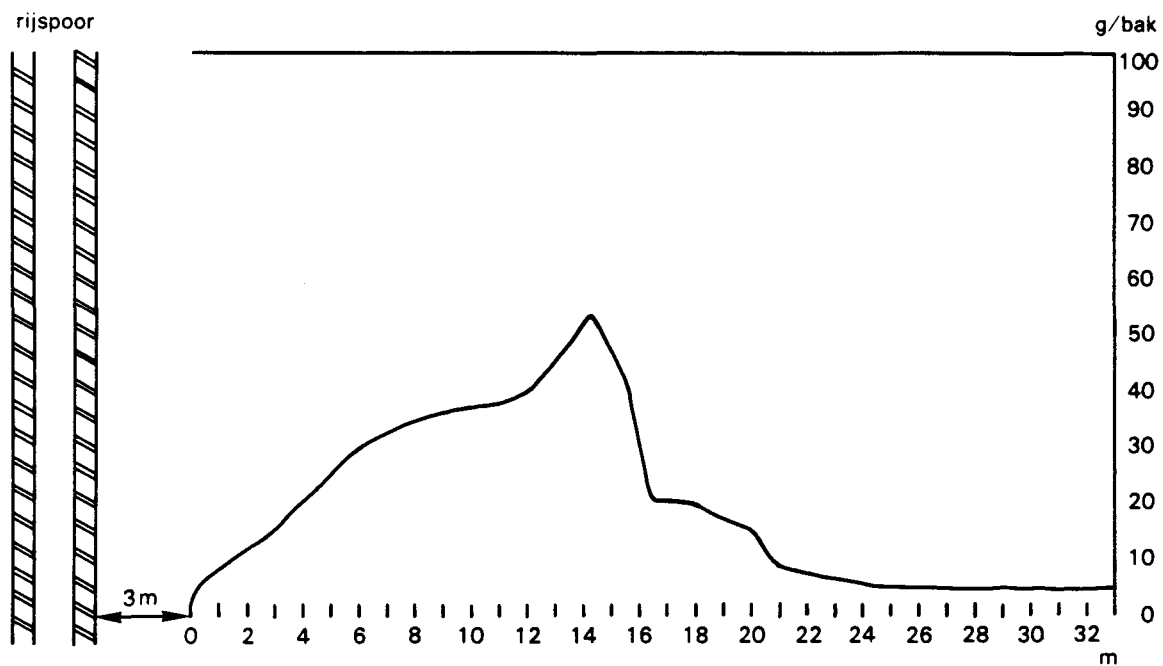






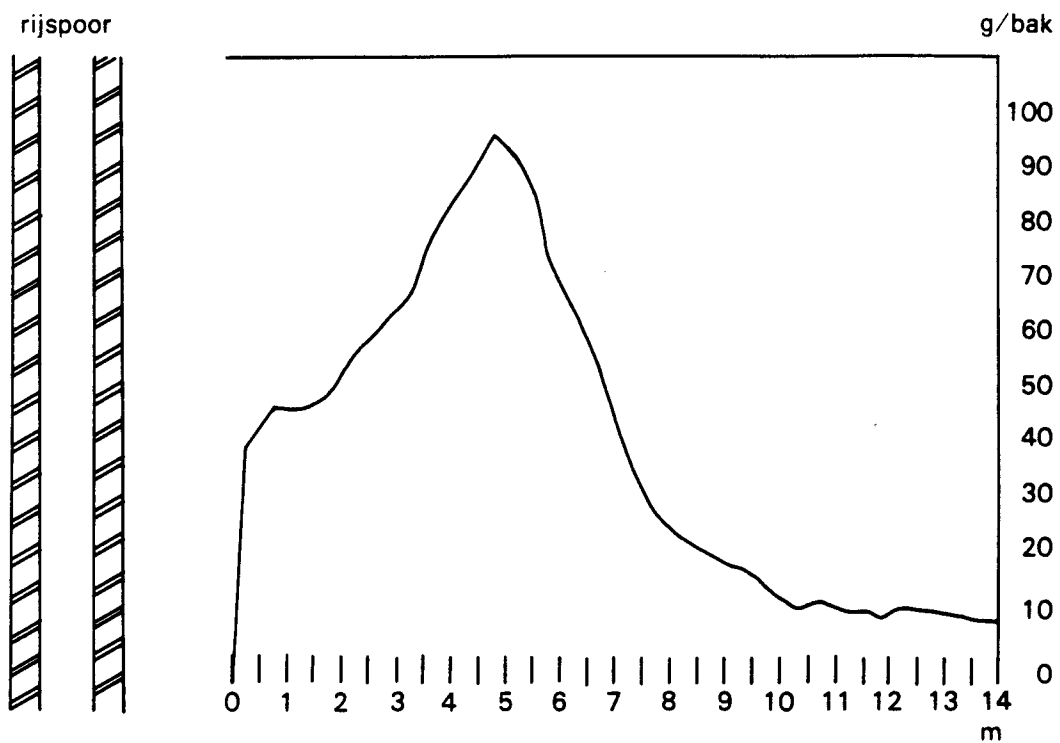


Blad 42. Strooibeeld Volvo-blazer, 1.250 kg PKMg-poeder ha.  
Proefnr. 7121701

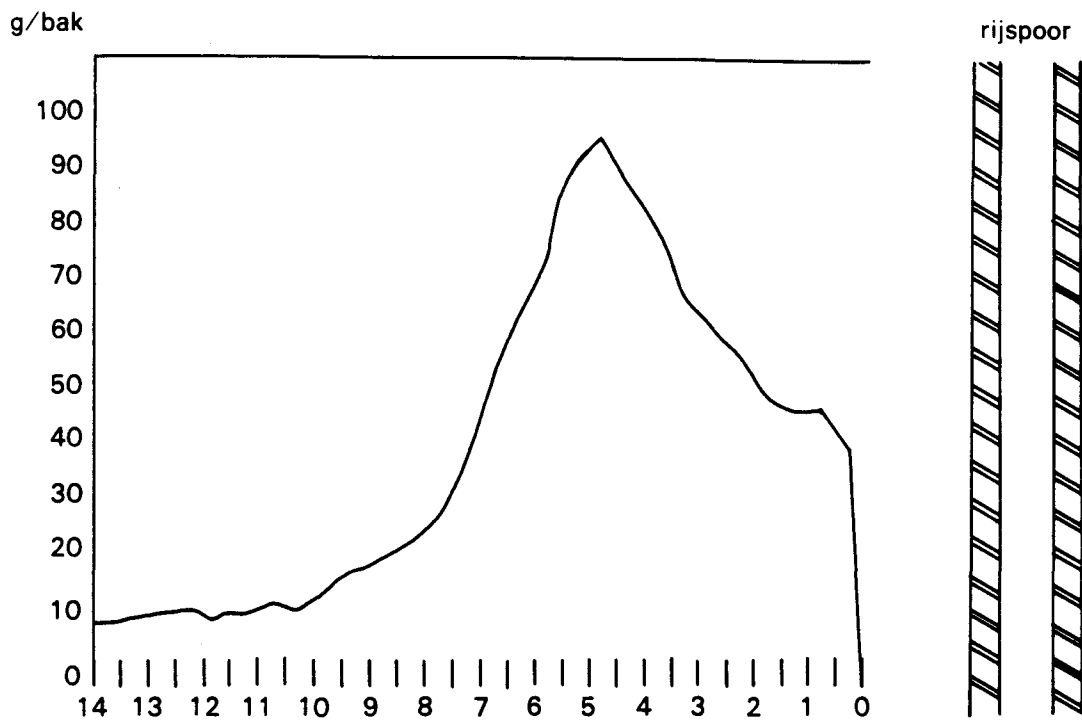




Blad 44. Strooibeeld Catweazle, 1.250 kg PKMg-poeder per ha.  
Proefnr. 7121702



Blad 45. Gespiegeld strooibeeld Catweazle, 1.250 kg PKMg-poeder per ha.  
Proefnr. 7121702





BIJLAGE 6. GEMIDDELDE TRANSPORTAFSTANDEN IN DE OPSTAND PER CYCLUS (BELAST EN ONBELAST)

Voor de methoden Lastpakker, trike, centrifugaalstrooier, pendelstrooier, Hufgard-blazer en Catweazle (rupsvoertuig) zijn verschillende gemiddelde transportafstanden in de opstand gemeten. Het lijkt niet waarschijnlijk dat elke methode een specifieke transportafstand in de opstand heeft. De gemiddelde transportafstand per cyclus lijkt het meest te worden beïnvloed door de perceelsvorm. Daarom is er bij de berekening van de kosten per ton uitgegaan van een gemiddelde transportafstand per cyclus in de opstand.

Hieronder is een overzicht gegeven van de gemiddelde afstanden per methode:

methode	gemiddelde transportafstand per cyclus in de opstand
Lastpakker	48 m
trike	9
centrifugaalstrooier	69
pendelstrooier	47
Hufgard-blazer	36
Catweazle	106
gemiddeld	52 m

Deze afstand is afgerond op 50 m transport per cyclus in de opstand (belast en onbelast).

## BIJLAGE 7. CONTROLEMETINGEN: GEWICHT IN G PER BAK

	Lastpakker kalk	Honda kalk	pendelstrooier kalk	centrifugaalstr. kalk
	0.3	0.0	22.6	33.8
	0.7	0.0	23.5	48.4
	2.5	0.0	25.3	57.0
	7.6	0.0	27.7	58.5
	14.7	38.2	31.5	61.3
	15.7	41.8	32.1	64.8
	17.7	43.8	38.0	70.7
	20.8	47.3	39.2	72.0
	26.0	51.0	42.1	83.5
	26.8	51.8	42.6	94.0
	27.4	53.8	42.7	101.2
	28.0	65.2	42.7	101.8
	29.0	65.2	42.8	
	29.4	70.5	43.6	
	31.4	74.7	44.4	
	31.8	75.3	46.3	
	31.9	86.4	47.1	
	31.9	90.8	47.4	
	31.9	94.9	48.3	
	36.6	96.7	48.6	
	39.4	97.7	49.9	
	45.6	100.0	51.6	
	49.5	106.0	54.4	
	60.0	114.2	54.7	
	73.7	117.3	56.6	
	76.4	117.5	57.7	
	87.4	117.9	59.1	
	103.3	123.7	60.9	
	262.3	135.3	65.2	
	312.8	163.3	67.5	
aantal bakken	30	30	30	
gemiddeld, g/bak	51.8	74.7	45.2	70.12
stand. afw.	67.8	41.9	11.6	20.3
var. coëff.	131.0	56.1	25.7	28.7
minimum, g/bak	0.3	0	22.6	33.8
maximum, g/bak	312.8	163.3	67.5	101.8

	centrifugaalstr. coulisse/kalk	Hufgard-blazer kalk	Hufgard-blazer coulisse/kalk	comb. blazers
	12.4	6.7	8.9	8.5
	12.7	9.6	10.9	12.1
	21.5	10.9	12.6	13.5
	26.3	11.5	15.6	14.1
	27.4	14.2	17.5	20.9
	27.8	14.2	21.8	30.9
	27.8	17.1	27.1	33.5
	28.9	19.3	28.0	35.8
	29.0	20.0	28.1	43.1
	33.2	20.9	31.8	44.1
	34.9	35.3	38.4	44.2
	35.1	27.5	47.4	49.6
	36.5	29.5	47.6	49.4
	37.1	30.4	47.9	52.3
	39.8	32.6	48.4	58.7
	40.7	35.5	49.5	60.3
	43.6	37.6	49.7	67.0
	46.3	38.9	50.8	68.7
	47.8	39.7	51.2	72.6
	51.2	40.5	67.1	75.5
	52.0	42.3		79.3
	52.0	44.5		84.6
	55.1	52.6		85.0
	55.1	53.1		88.1
	55.4	54.4		89.1
	75.7	62.4		98.8
	101.3	67.6		105.7
	129.3	68.6		128.8
	183.8	87.5		148.3
	198.6	141.4		
aantal bakken	30	30	20	29
gemiddeld, g/bak	53.9	38.5	35.0	60.8
stand. afw.	43.6	27.4	16.5	34.1
var. coëff.	80.9	71.1	47.1	56.2
minimum, g/bak	12.4	6.7	8.9	8.5
maximum, g/bak	198.6	141.4	67.1	148.3



	helikopter kalk	vliegtuig kalk
	17.0	10.5
	18.0	11.5
	21.3	13.5
	21.7	13.6
	22.1	14.4
	23.1	15.2
	25.3	15.7
	25.7	17.2
	26.9	17.3
	28.3	17.9
	28.6	20.8
	31.6	20.9
	31.7	20.9
	34.0	21.3
	34.3	22.7
	35.1	24.8
	35.4	25.2
	41.1	25.5
	41.6	26.2
	41.7	26.6
	45.8	26.9
	45.8	27.5
	50.6	32.6
	52.4	33.8
	58.6	37.0
	66.3	38.4
	70.9	41.3
	73.3	43.5
	77.0	51.6
	98.4	58.3
aantal bakken	30	30
gemiddeld, g/bak	40.8	25.8
stand. afw.	19.7	11.6
var. coëff.	48.2	45.2
minimum, g/bak	17	10.5
maximum, g/bak	98.4	58.3

	Lastpakker PKMg	Honda PKMg	pendelstrooier PKMg	centrifugaalstr. PKMg
	0.0	1.9	5.8	2.4
	0.0	3.9	9.7	3.0
	0.0	4.6	10.3	4.2
	0.0	5.2	10.6	5.1
	0.0	5.6	11.9	6.8
	0.1	7.7	12.4	9.3
	3.3	7.7	12.6	9.5
	7.1	9.0	14.0	10.1
	7.9	9.6	14.5	11.0
	10.6	11.5	15.2	11.7
	12.9	11.6	15.3	11.8
	13.9	11.8	15.5	12.7
	14.5	13.0	15.8	13.5
	15.3	13.7	16.2	13.6
	16.5	13.8	16.2	16.7
	18.2	15.1	16.7	16.8
	23.9	16.7	16.8	17.2
	23.9	17.2	17.1	19.3
	23.9	17.9	17.2	20.6
	24.6	19.4	17.8	21.1
	25.9	23.0	18.4	23.3
	26.6	23.9	18.8	26.4
	33.7	24.2	19.3	27.0
	36.4	30.9	24.1	28.7
	43.6	38.2	25.1	30.1
	44.3	38.4	25.1	37.5
	45.1	40.6	28.0	44.5
	47.5	42.2	35.4	60.9
	67.0	46.1		62.5
	97.6	61.3		85.4
aantal bakken	30	30	28	30
gemiddeld, g/bak	22.8	19.5	17.0	22.1
stand. afw.	21.9	14.5	6.0	18.9
var. coëff.	95.9	74.2	35.3	85.7
minimum, g/bak	0	1.9	5.8	2.4
maximum, g/bak	97.6	61.3	35.4	85.4

	Hufgard-blazer PKMg	helikopter PK	vliegtuig PK
	2.3	0.1	0.7
	4.4	0.2	1.3
	6.1	0.3	2.2
	11.3	0.8	2.4
	12.7	4.0	2.4
	19.9	6.6	2.5
	20.2	6.6	4.2
	22.4	7.0	4.6
	23.7	7.4	4.8
	26.1	8.0	5.0
	26.7	8.3	5.1
	30.3	8.7	5.4
	31.5	9.8	6.2
	31.7	10.2	6.2
	31.8	10.7	6.9
	33.2	10.8	7.5
	34.0	11.0	8.7
	35.2	11.2	8.7
	38.2	11.6	8.8
	44.7	11.7	9.1
	48.1	11.7	9.2
	48.5	12.0	9.8
	48.6	12.1	10.0
	54.1	12.2	10.9
	56.3	12.3	11.4
	57.2	12.8	11.8
	62.8	13.9	13.2
	64.9	17.1	14.3
	70.5	18.2	15.1
	111.5	22.0	15.9
aantal bakken	30	30	30
gemiddeld, g/bak	37.0	9.6	7.5
stand. afw.	22.7	5.1	4.1
var. coëff.	61.4	52.5	55.2
minimum, g/bak	2.3	0.1	0.7
maximum, g/bak	111.5	22	15.9

BIJLAGE 8. RELATIE TUSSEN METHODEN CENTRIFUGAALSTROOIER, PENDELSTROOIER EN HUGFARD-BLAZER

Bij de statistische verwerking van de resultaten is bij de trekker-methoden alleen een verschil vastgesteld in mestsoort en geen invloed van het opstands- en terreintype. Dit laatste was ook te verwachten, omdat niet alle omstandigheden per methode konden worden meegenomen. Er is vervolgens nagegaan of er systematische verschillen aanwezig waren als gevolg van opstands- en terreinomstandigheden voor de methoden centrifugaalstrooier, pendelstrooier en Hufgard-blazer. Bij twee van deze methoden was het mogelijk opstanden met een goede en slechte toegankelijkheid met elkaar te vergelijken. Onder slechte toegankelijkheid wordt hier verstaan dat de opstand onvoldoende ontsloten is, of dat er sprake is van belemmeringen hetzij in de vorm van sloten, hetzij in de vorm van veel ondergroei.

Uitwerking

Strooien (effectief) (tijden in min./ton)

methode	opstanden met goede toegankelijkheid	opstanden met slechte toegankelijkheid	procentueel verschil
centrifugaalstrooier (kalk)	5.70 min.	8.00 min.	40%
Hufgard-blazer (kalk)	19.28 min.	26.94 min.	40%

Bij de centrifugaalstrooier bleek het strooien in een slecht toegankelijke opstand 40,35% meer tijd te kosten dan in een goed toegankelijke opstand. Bij de Hufgard-blazer bedroeg dit verschil 39,73%. Bij beide methoden werd dus een tijdstoename van 40% vastgesteld. Ofschoon dit niet als een significant verschil aantoonbaar bleek is er toch voor gekozen om onder omstandigheden waarbij de toegankelijkheid slecht is een toeslag van 40% toe te kennen aan het tijdselement strooien effectief. Bij de pendelstrooier zijn geen tijdstudies verricht waarbij bij een mestsoort zowel in goed als in slecht toeganke-

lijke opstanden werd bemest. Een vergelijking in tijdsbesteding kon dus niet worden gemaakt. Aangezien de methoden waarbij een twee-assige trekker werd ingezet qua uitvoering een sterke overeenkomst vertonen, is er vanuit gegaan dat de pendelstrooier ook een tijdstoename van 40% laat zien in slecht toegankelijke opstanden.

Doordat per methode steeds verschillende verhoudingen bestaan tussen het strooien (effectief) en de overige tijdelementen ontstaat bij doorberekening van een toeslag van 40% voor het element strooien (effectief) voor de totaaltijd steeds een wisselende toeslag. In het onderstaande overzicht is per methode weergegeven wat na doorberekening van een toeslag van 40% op het element strooien (effectief) de maximale toeslagen op de totaaltijden zijn.

#### Maximale toeslag bij slechte toegankelijkheid

methode	mestsoort	toeslagpercentage op de totaaltijd
centrifugaalstrooier	PKMg	10%
	kalk	15%
pendelstrooier	PKMg	30%
	kalk	25%
Hufgard-blazer	PKMg/kalk	20%

**Colofon**

typwerk	: R. Alblas-de Jong Y. Hellegering K.A. Hoogenboom N. Tahapary
tekenwerk en lay-out	: J. Tahitu J.A.B. Wiltink L. Säaména
foto's	: A. Stolk P.H. Bleeker
druk van het kaft	: Quickprint te Nijmegen
druk van het binnenwerk	: C. Joghems