



28 APR. 1992

Parcelgyllesprederen ved Askov Forsøgsstation - opbygning og virkemåde

*The equipment for application of liquid manure at Askov
Experimental Station - description and mode of operation*

Jens Petersen
Landbrugscentret
Afdelingen for Planteernæring og -fysiologi
6600 Vejen



Parcelgyllesprederen ved Askov Forsøgsstation - opbygning og virkemåde

*The equipment for application of liquid manure at Askov
Experimental Station - description and mode of operation*

Jens Petersen
Landbrugscentret
Afdelingen for Planteernæring og -fysiologi
6600 Vejen

Indhold

Resumé	4
Summary	4
Indledning	5
Krav til nyt forsøgsudstyr	6
Opbygning	7
Modul I - trækkende enhed	7
Modul II - forsyningsenhed	7
Modul III - dosering og spredeenhed	11
Doseringsprincip	11
Udbringningsmoduler	13
MT-computer	21
Traktormonitor	21
Virkemåde	22
Udmåling af spredeudstyr	23
Metode	23
Resultater	23
Afprøvning af fordeling pr. arealenhed	30
Metode	30
Resultater	30
Konklusion	34
Erkendtlighed	35
Litteratur	35
Appendiks A	36
Appendiks B	36

Resumé

Forsøgsudstyr til udbringning af flydende husdyrgødning, hovedsagelig gylle, i parceller (2,5 m × 12 m) er udviklet. Udstyret er modulopbygget, og består af en trækkende enhed med kort venderadius, en forsyningsenhed med gylletank og pumpe, samt tre udbringningsmoduler til montering i den trækkende enheds bageste trepunktsophæng.

Med de tre udbringningsmoduler kan gyllen bredspredes, udlægges med slæbeslanger eller nedfældes direkte. Doseringen foregår ved peristaltiske pumper (slangepumper) på de enkelte udbringningsmoduler. Pumpernes omdrejningshastighed er computerstyret og beregnes ud fra fremkørselshastigheden.

Der er gennemført en række afprøvninger med vand, svinegylle og kvæggylle til belysning af udbringningsmodulernes doserings- og fordelingssegenskaber.

Variationen mellem de peristaltiske pumper, dvs. på tværs af køreretningen, er 1-3 pct., mens variationen på langs ad køreretningen er 2-4 pct. Ved afprøvningerne fandtes en overdosering på 5 pct., men ved modsvarende korrektion af hjulomkredsen på den trækkende enhed udbringes den korrekte mængde pr. arealenhed. Den udbragte mængde pr. arealenhed afhænger af antallet af peristaltiske pumper og pumpernes kapacitet. Normalt kan udstyret dosere i intervallet 10 til 100 t pr. ha.

De opstillede krav om gode spredsegenskaber, forudbestemmelig dosering, driftsikkerhed, minimering af start- og vendeplads, samt let og hurtig ændring af udbringningsprincip er opfyldt.

Nøgleord: Forsøgsudstyr, gyllespreder, nedfælder, udlægger, bredspreder.

Summary

Equipment for application of liquid manure, mainly slurry, in experiments with small plots (2.5 m × 12 m) has been developed. The equipment is constructed in modules and consists of a tractor (pulling unit) with short turning-circle diameter, a supply unit with slurry tank and pump, and three different application units, which are attached in the three-point linkage of the tractor.

The three application units allow slurry to be applied by broad-spreading, band laying (trail hose) or direct injection.

The application rate is regulated by peristaltic pumps, mounted on each application unit. The rotation speed of the peristaltic pumps is regulated by a computer. Calculations are based on speed measurements of the rear wheel of the tractor.

Tests with water, pig slurry and cattle slurry were run to evaluate the application rate and distribution characteristics of each application unit.

The variation between peristaltic pumps (across driving direction) is 1-3 per cent, while the variation along the driving direction is 2-4 per cent. The test show a 5 per cent higher application rate than the target rate. After correction of the circumference of the rear wheel, the correct amount of slurry is applied.

The application rate of slurry, which can be obtained depends on the number of peristaltic pumps on the application unit and the capacity of the pumps. Normally, the application rate can be adjusted in the range 10 to 100 ton per ha, but for some slurries less than 4 ton per ha can be applied.

High standards with regard to uniform spreading properties, predetermination of application rate, reliable operation, minimizing of area for starting and turning the equipment, easy and fast changing of application method were met.

Key words: Experimental equipment, slurry spreader, injection, band laying, broadspreading.

Indledning

Ved Afdeling for Planteernæring og -fysiologi gennemføres hvert år en række parcellforsøg med organiske gødninger, hvoraf hovedparten vedrører anvendelsen af gylle. Gennemførelse af parcellforsøg med gylle stiller krav, som ikke kan tilfredsstilles med kommercielt udbringningsudstyr. Udover meget høj doseringsnøjagtighed i et bredt doseringsinterval og ensartet fordeling kræves det, at udstyret let kan manøvreres i marken. Desuden skal udstyret være betjeningsvenligt, så der hurtigt kan skiftes mellem forskellige udbringningsprincipper, idet deres virkning ofte sammenlignes i forsøg. For at undgå køreskader ved udbringning af gylle i voksende afgrøder, må udstyrets samlede vægt begrænses, så smal dækmontering kan anvendes.

Det hidtil anvendte udstyr til gylleudbringning ved Askov Forsøgsstation består dels af en bærbar, håndbetjent spredeplade, dels af en bugseret nedfælder. Den håndbetjente spredeplade blev udviklet på Forsøgsteknisk Værksted i 1974. Spredetallet og fordelingen er i høj grad afhængig af betjeningen. Nedfælderens er udviklet på Jordbrugstekniska Institutet, Sveriges Lantbruksuniversitet i 1984 og bl.a. beskrevet af Rodhe et al. (1988). Det svenske udstyr er af meget svær og robust konstruktion og monteret med kraftige nedfældertænder, som er beregnet til dyb nedfældning (15-20 cm). Dette stiller store krav til trækkræfter og for tiden betjenes det svenske nedfælderudstyr af en 77 kW, firehjulstrukket traktor med overstørrelse dæk. Ved påmontering af spredeplader kan nedfælderens også simulere overfladeudbringning.

Længden af det svenske udstyr plus traktor er 11 m, hvilket gør det vanskeligt at manøvrere i marken. Den manglende fleksibilitet i spreedeheden og den store dækmontering er ikke forenelig med ønsket om f.eks. at nedfælde gylle i voksende kornafgrøder, ligesom mulighederne for at vurdere planternes næringsstofudnyttelse og ammoniaktabet ved forskellige udbringningsprincipper er begrænsede med det eksisterende forsøgsudstyr.

Med ønsket om at styrke forskningen vedrørende anvendelse og udnyttelse af husdyrgødning (især gylle udbragt i voksende afgrøder), fremkom en række krav, der ikke kunne tilfredsstilles med det eksisterende forsøgsudstyr. Det blev derfor besluttet at iværksætte udvikling af nyt forsøgsudstyr til udbringning af gylle. I juni 1987 ansøgte om bistand fra Forsøgsteknisk Værksted, Årsløv. Efter en række forarbejder kontaktedes JOS Maskinfabrik, Langå i sommeren 1988 med henblik på opbygning af nyt forsøgsudstyr.

I forsommeren 1989 afprøvedes forsøgsudstyrets funktioner og fordelingssegenskaber. Til styring af doseringen udarbejdede Monberg og Thorsen ELPRO, Fredericia i vinteren 1989/90 et computerbaseret styringssystem. Det udviklede forsøgsudstyr blev taget i brug i foråret 1990.

Krav til nyt forsøgsudstyr

I udviklingsarbejdets første fase blev følgende krav til det nye forsøgsudstyr fastlagt:

- Modulopbygget med tre enheder
 - I) trækkende enhed
 - II) gylletank og fødepumpe (forsyningsenhed)
 - III) udbringningsmoduler (dosering og spredeenhed)
- Kontinuert og forudindstillelig dosering i området 10-100 ton gylle/ha
- Optimale spredeegenskaber, både på langs og på tværs af kørselsretningen
- Doseringen i t/ha skal være uafhængig af fremkørselshastigheden
- Stabil fødepumpe, driftsikker forsyning
- Recirkulation af overskydende gylle, samt mulighed for omrøring
- Minimering af vende- og startplads
- Let og hurtig ændring af udbringningsprincip.

Som forudsætning opereres med en 2,5 m bred $\times$ 12 m lang brutto-parcel, hvilket giver et krav på 2,5 m arbejdsbredde og et krav om hurtig styring af den hastighedsuafhængige dosering.

Målet har været at opbygge fleksibelt forsøgsudstyr således, at nye udbringningsprincipper hurtigt kan inddrages i forsøgsarbejdet. I de mest betydende landbrugsafgrøder skal forsøgsudstyret benyttes til at give viden om udnyttelsen af gylle i planteernæringsmæssig sammenhæng, samt give viden om ammoniakfordampning og nitratudvaskning ved forskellige udbringningsmetoder.

Opbygning

De fælles basismoduler I og II er illustreret i figur 1-5, mens modul III (udbringningsmodul) er detaljeret illustreret i figur 6-19.

Modul I - trækkende enhed

Den trækkende enhed består af en 55 kW Deutz Intrac 2004 firehjulstrukken traktor med 5 m venderadius. Traktorens hydraulik yder 47 l/minut med et tryk på 175 bar. I det forreste trepunktsophæng er der monteret et 80 l oliereservoir med to oliepumper, som trækkes via forreste kraftoverføring. Pumperne leverer 32 henholdsvis 37 l/minut med et tryk på 130 bar.

Modul II - forsyningsenhed

På traktorens lad er monteret en 1500 l gyllebeholder med udtag i bunden, hvorfra en centrifugalpumpe sender gyllen videre til en stenfælde og snitter/fordeler med syv udtag. Fra det ene udtag løber overskydende gylle tilbage i tanken, mens de seks øvrige udtag er forsynet med lynkoblinger, hvor slanger til udbringningsmodulets pumper kan tilkobles. Ubenyttede udtag kan afblændes. Returløbet giver delvis omrøring under udbringning. Ved omrøring med centrifugalpumpens fulde kapacitet kan udbringning ikke foretages.

Centrifugalpumpen er produceret af JOS maskinfabrik, og den kan levere ca. 3000 l gylle/min. ved 540 omdr./min. Idet centrifugalpumpen drives af en 100 cm³ oliemotor, der forsynes med 37 l olie/min., vil centrifugalpumpen således levere ca. 2000 l gylle/min. med et tryk på 1,2-1,3 bar.

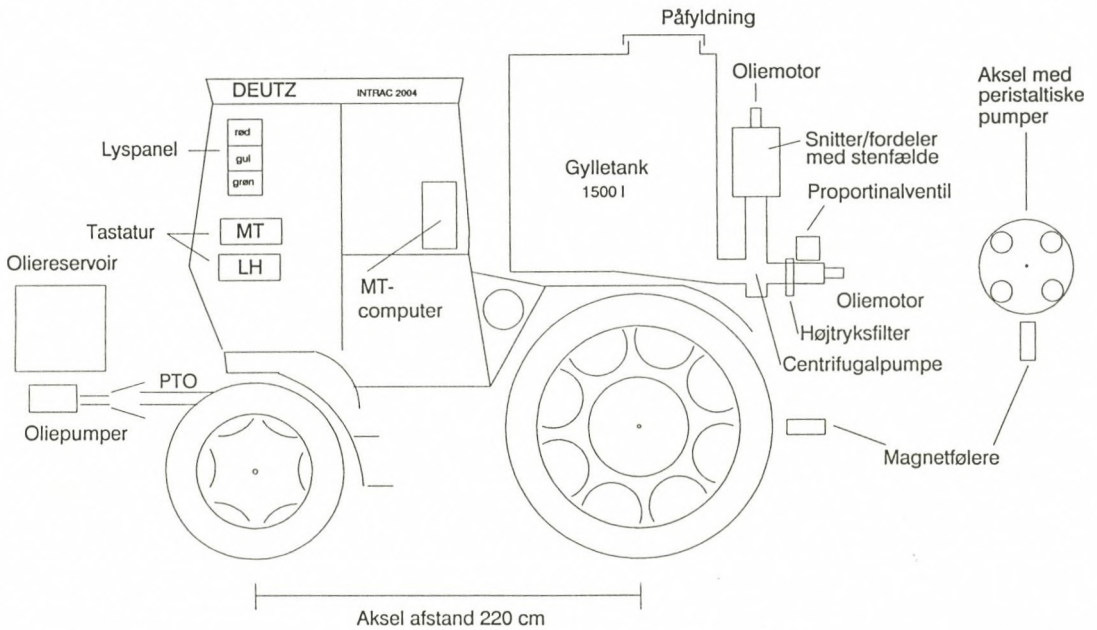
Snitteren består af roterende knive, der skærer de syv udtag fri for eventuelle halmrester. Snitteren drives ligeledes af en 100 cm³ oliemotor, der forsynes med 32 l/min. Fra denne oliestrøm er det muligt at udtage en delstrøm til at drive eventuelle mindre oliemotorer på udbringningsmodulet. Fordelingen af oliestrømmen sker ved manuel indstilling af en trinløs olieventil.

Traktorens hydraulik benyttes til at drive de peristaltiske pumper på udbringningsmodulet, og oliestrømmen reguleres af en elektronisk styret proportionalventil (DANFOSS PVG 32, 1 sekt., 12 volt). Foran proportionalventilen er indskudt et højtryksoliefilter PI 3608-11. Begge dele er leveret af Søndergaard Hydraulik.

Ved fejlfunktion af proportionalventilen aktiveres en rød advarselsslampe i førerhuset. Som niveaufølere i tanken benyttes to Grundfoss svømmekontakter, der er serieforbundet med henholdsvis en grøn og en gul kontrollampe i traktorens førerhus.



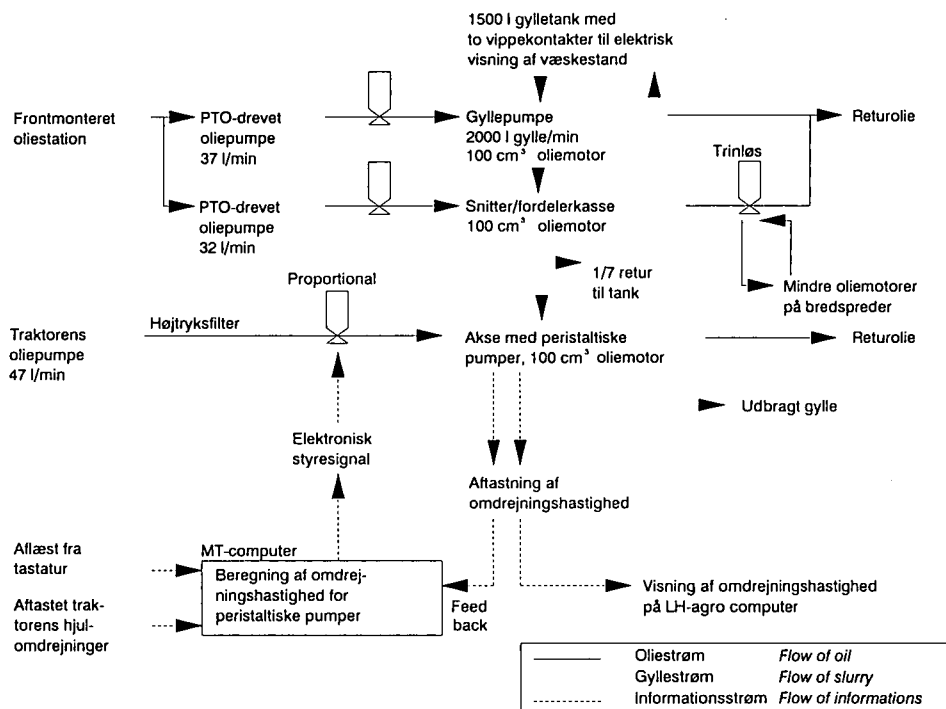
Figur 1. Parcelgyllespreder uden udbringningsmodul.
The equipment without spreading unit.



Figur 2. Parcelgyllespreder - oversigtstegning (se tekst).

Figur 2. Outline of slurry application equipment. The equipment is mounted on a Deutz Intrac 2004 tractor with a wheel base of 220 cm. In front of the tractor there is an oil reservoir with two PTO-driven oil pumps. In drivers cabin is a special designed computer (MT) and display/keyboard for MT, an ordinary tractor monitor and a board for control lights.

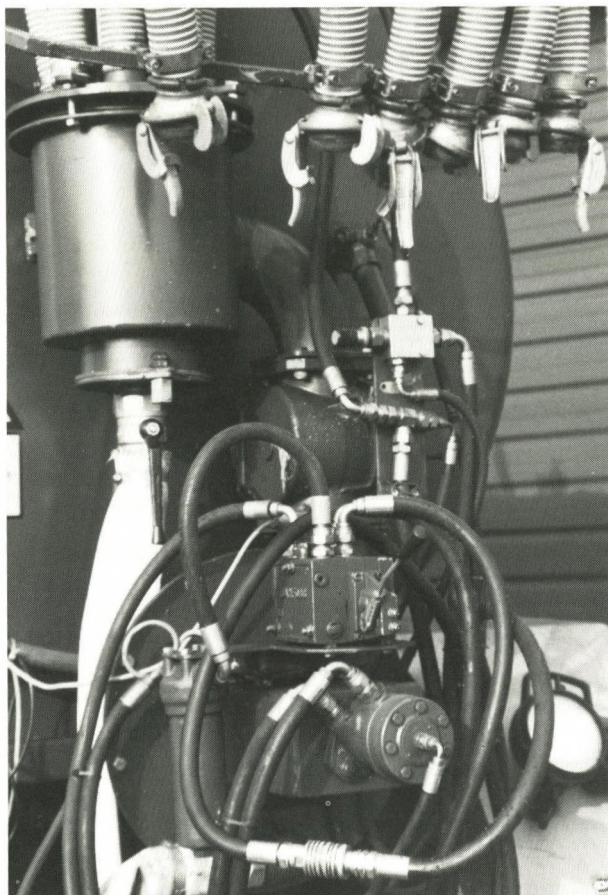
Behind the drivers cabin is mounted a 1500 l slurry tank, a centrifugal pump and a cutter/distributor with a stonetrap. On the left rear wheel and on the axle with peristaltic pump are mounted 64 and 12 magnets, respectively. The magnet detectors give signal to the MT-computer, that regulates the oil flow through the proportional valve. In this way the application rate is determined by the rotation speed of the peristaltic pumps, which are mounted on each application unit.



Figur 3. Flowdiagram over olie, gylle og informationer (se i øvrigt tekst).
Flow chart of oil, slurry and informations. The slurry flow is from top of the chart.

The centrifugal slurry pump and the cutter/distributor are both driven by 100 cm³ hydraulic motor and with oil from the front mounted oil reservoir. The peristaltic pumps are also driven by a 100 cm³ hydraulic motor but with oil from the hydraulic system on the tractor.

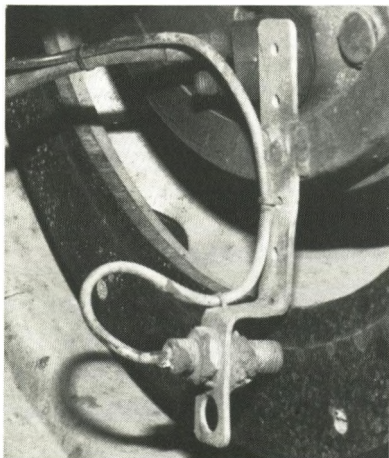
In the bottom of chart the information flow is shown. The specially designed MT-computer gets information from keyboard (kg slurry per ha, working width of application unit, circumference of rear wheel and liters of slurry given by one turn of peristaltic pumps) and magnets detectors. The computer calculates very fast an electronic signal for the proportional valve.



Figur 4.

I midten ses Danfoss-proportional ventilen, der regulerer olie-strømmen til slangepumperne. Bag ventilen ses centrifugal gyllepumpen og øverst i billedet stenfælde og fordeler, samt seks udtag.

The Danfoss proportional valve is shown in centre. The valve regulates oil flow for the peristaltic pumps. Behind the valve is shown the centrifugal pump and at the top the stonetrapp with cutter/distributor and six outlets.



Figur 5.

Magnetføler og skive med 64 magneter monteret på traktorens baghjul.

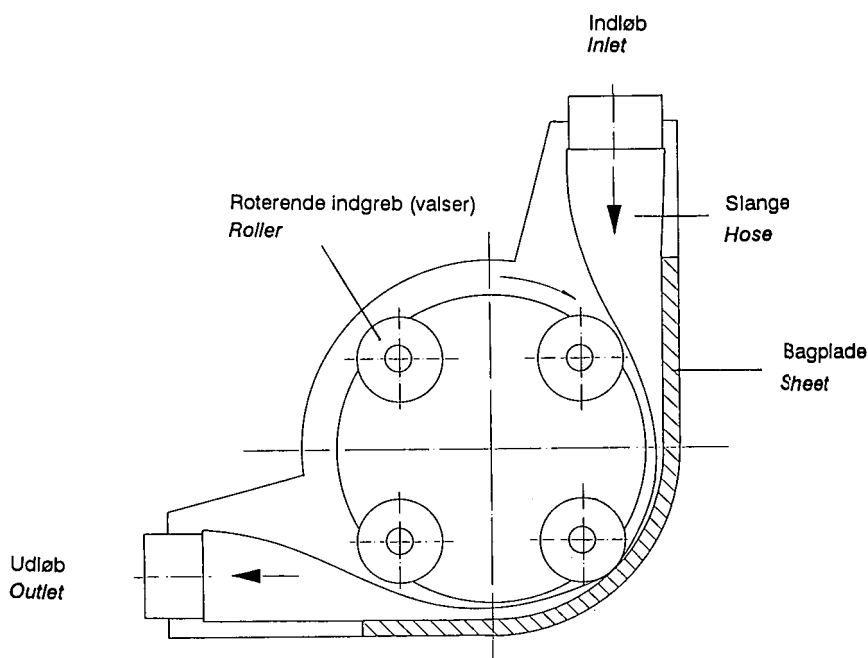
Detector and disc with 64 magnets mounted on the rear wheel of the tractor.

Modul III - dosering og spredeenhed

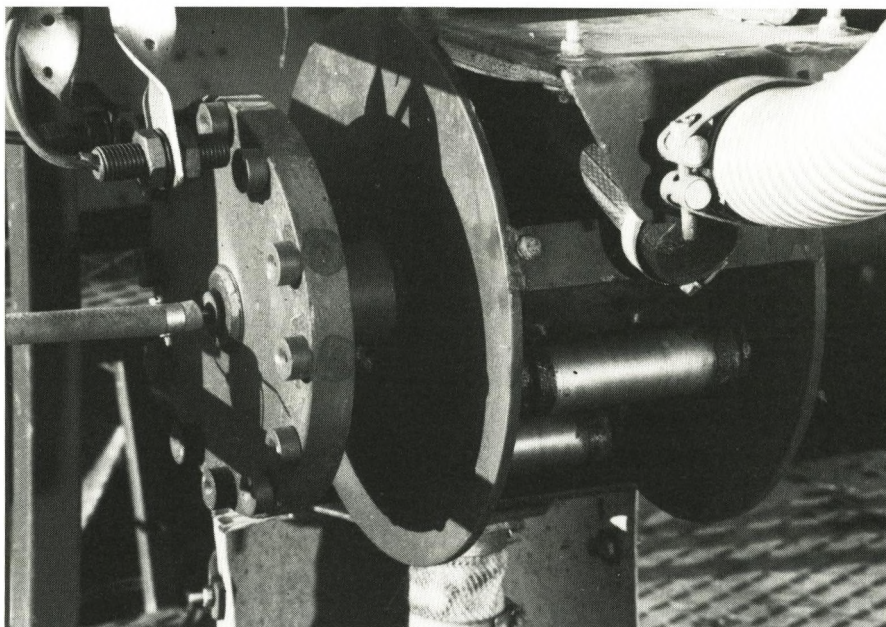
Til forsøgsudstyret er der udviklet tre udbringningsmoduler, som på skift kan monteres i traktorens bageste trepunktsophæng. Mens modul I og II er gennemgående basismoduler, der alene er nødvendige for den praktiske håndtering af gylle, er modul III bestemmende for dosering af gylle og princippet for udbringning.

Doseringsprincip

Hvert udbringningsmodul er forsynet med et antal peristaltiske pumper (slangepumper) på en fælles drivakse, der trækkes af en 100 cm³ oliemotor (figur 3). Traktorens hydraulik driver oliemotoren med maksimalt 35 l/min., idet 12 l/min. forlods benyttes til traktorens servostyretøj. På drivaksen er også monteret en skive med 12 magneter, som benyttes til elektronisk aftastning af pumpernes aktuelle omdrejningshastighed (figur 2). I tilknytning til udviklingsarbejdet er der indhøstet en del erfaringer med konstruktion af de peristaltiske pumper. Dette har medført mindre forskelle i konstruktionen af slangepumperne på de tre udbringningsmoduler, men i princippet er pumperne udformet som vist i figur 6 og 7.



Figur 6. Principskitse af peristaltisk pumpe, vist i tværsnit.
Cross section of peristaltic pump. A layer of rubber and hard plastic mounted between the flat hose and the sheet absorb pressure from the rollers.



Figur 7. Peristaltisk pumpe med indløb øverst til højre og udløb nederst. Til venstre ses skive med 12 magneter og to magnetfølere.
A peristaltic pump. Inlet is in upper right corner and outlet in bottom. A disc with 12 magnets and two detectors is shown at left.



Figur 8. I de peristaltiske pumper benyttes flade slanger af mærket Triapres (t.v. 19 mm Ø og i midten 38 mm Ø). Almindelig brandslange (t.h.) er ikke tilstrækkelig slidstærk.
The hoses (Triapres) in the peristaltic pumps are 19 mm Ø (left) or 38 mm Ø (middle). Firehoses do not wear well (right).

De fire indgreb (valser) roterer, og ved tryk mod bagpladen presses slangen sammen, hvorved der mellem to indgreb afsnøres et volumen. Der benyttes flade slanger af mærket Triapres (figur 8).

Pumpens omdrejningshastighed, pumpediameter og slangediameter bestemmer væskemængden, der passerer pumpen pr. tidsenhed.

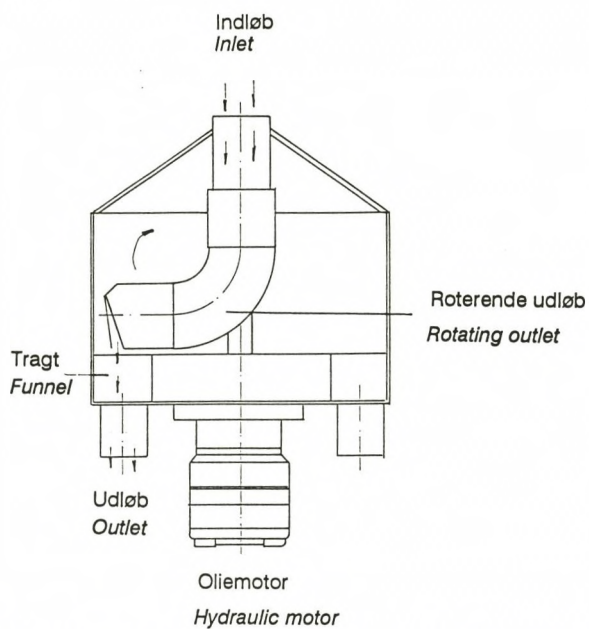
Udbringningsmoduler

De tre udbringningsmoduler omfatter en bredspreder, en 6-tandsnedfælder og en 11-tandsnedfælder. De to sidste kan også benyttes som udlæggere (tabel 1).

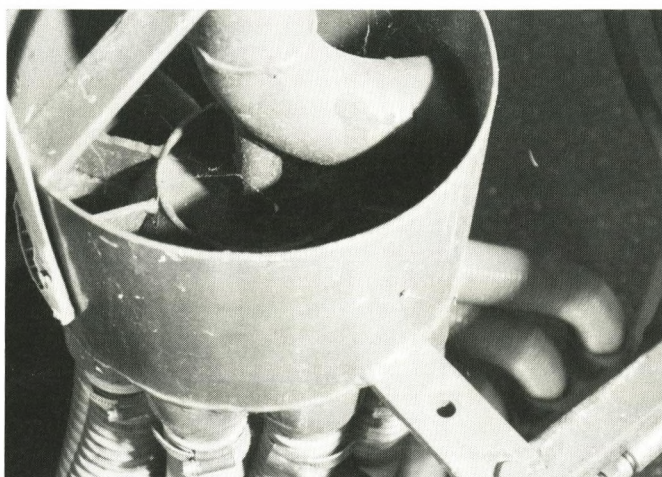
Tabel 1. Egenskaber ved de tre udviklede udbringningsmoduler.
Properties of the three developed spreaders.

	Bredspreder	6-tands- nedfælder	11-tands- nedfælder
Antal slangepumper <i>Numbers of peristaltic pumps</i>	3	6	6 dobbelt- pumper
Antal udløb <i>Number of outlets</i>	3 hvert udløb deles yderligere op i 10 udløb	6	12 hvoraf et går retur til tank
Afstand mellem udløb, cm <i>Distance between outlets, cm</i>	8,3	50	24
Udbringningsmetode <i>Application method</i>	Bredspredning <i>Broadspreading</i>	Nedfældning og slæbeslange- udlægning <i>Injection and band laying (trail hose)</i>	Nedfældning og slæbeslange- udlægning <i>Injection and band laying (trail hose)</i>

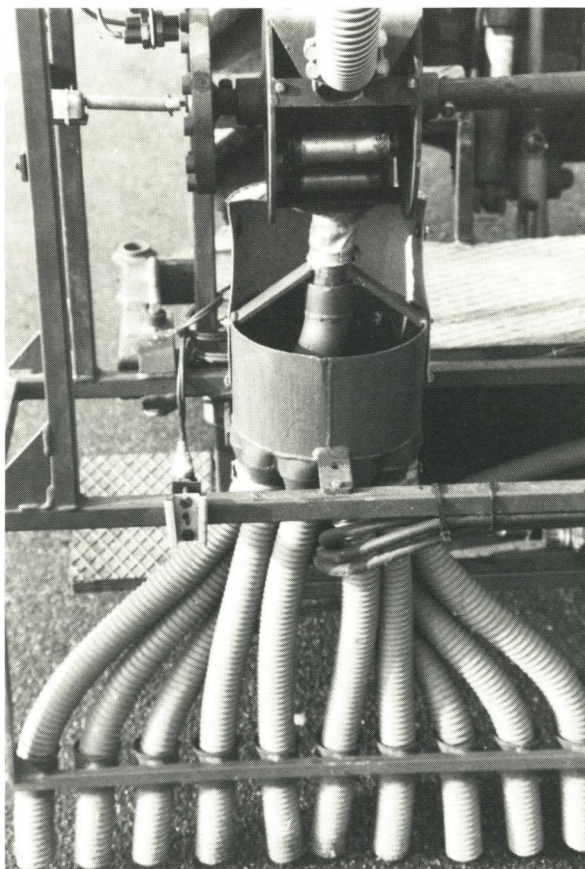
Til bredspredning af gylle i praktisk jordbrug benyttes almindeligvis bladspredere, hvor spred-billedet kan være af varierende kvalitet, især hvis der forekommer vinddrift (Sommer, 1989). Spredbredder og ensartethed for den enkelte bladspreder afhænger af det tryk, hvormed gyllen rammer spredpladen samt spredpladens udformning og indstilling (Schulz, 1989). Da kravene til forsøgsudstyret omfattede nøjagtig og ensartet dosering, fandtes anvendelse af bladspreder i forsøgsøjemed således at være vanskelig.



Figur 9. Tværsnit af ekstra fordeler med 10 udløb på bredspredermodulet.
Cross section of extra disperser unit mounted after each peristaltic pump on the broadspreader.



Figur 10. Ekstra fordeler på bredspredermodulet består af et roterende udløb og ti tragte.
The extra disperser on the broadspreader consist in a rotating outlet and ten funnels.



Figur 11. Slangepumpe og ekstra fordeler på bredspredermodulet.

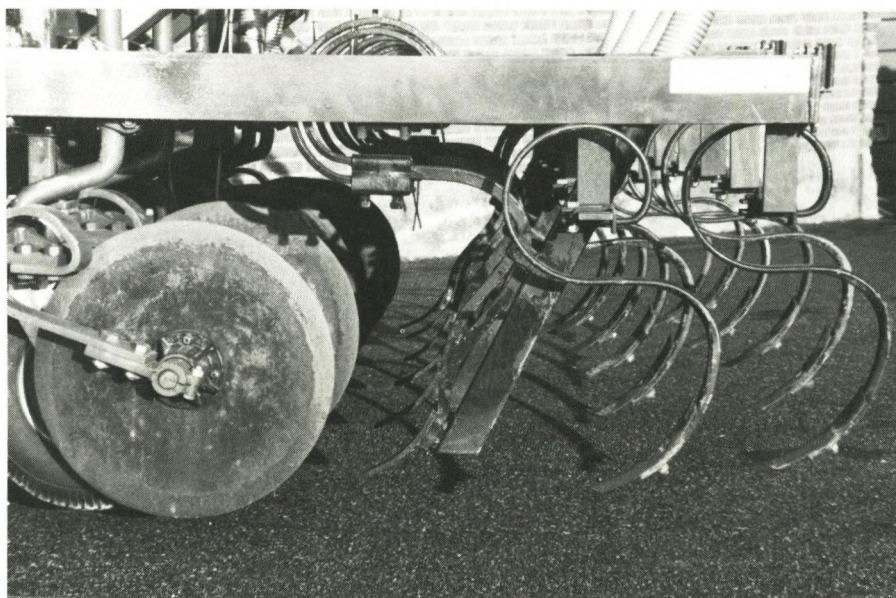
A peristaltic pump and an extra disperser mounted on the broadspreader. The disperser has ten outlets, and the hoses (45 mm Ø) from the outlets are mounted with 8.3 cm distance (center to center).

Bredspredermodulet opbyggedes derfor med tre peristaltiske pumper og tre fordelere med hver ti udløb (figur 9, 10 og 11). Fra pumperne føres gylle til fordelerens roterende udløb, hvorfra gyllestrømmen fordeles til ti tragte. Disse tragte er placeret i en cirkel omkring udløbet, der roterer med 1-2 omdrejninger/s. Udløbets rotation frembringes med en lille oliemotor, der drives med olie fra udtag på snitteren (modul II). Fra tragtene på fordelerne fører slanger (45 mm Ø) til en holder, der dækker hele parcellens bredde. I holderen er afstanden mellem slangernes centrum 83 mm. Denne konstruktion sikrer jævn fordeling af gylle på tværs af parcellen uafhængigt af dosering og vindhastighed. Afstanden fra udløb til jordoverfladen er ca. 10 cm.

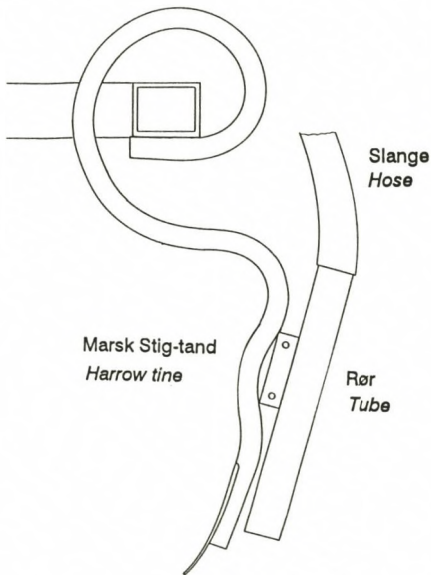
Bredspredermodulet kan dels anvendes direkte bag traktoren og dels svinges ud til venstre side, så kørsel i parcellen undgås.

Ved nedfældning i traditionelt rækkesåede afgrøder benyttes 6-tandsnedfælderen. Tandafstanden er regulerbar, men oftest 50 cm. Fra hver af de seks peristaltiske pumper bliver gylle ført ned i et rør, der er svejset bag på en kraftig Marsk Stig-tand (figur 12 og 13). Foran nedfældertanden går et rulleskær, og bagved sikrer to almindelige S-tænder muldning (figur 14).

Benyttes dette udbringningsmodul uden jordkontakt og flyttes slangen fra nedfældertanden til et rør monteret med flad brandslange, kan modulet desuden benyttes som udlægger med slæbeslanger (figur 15).



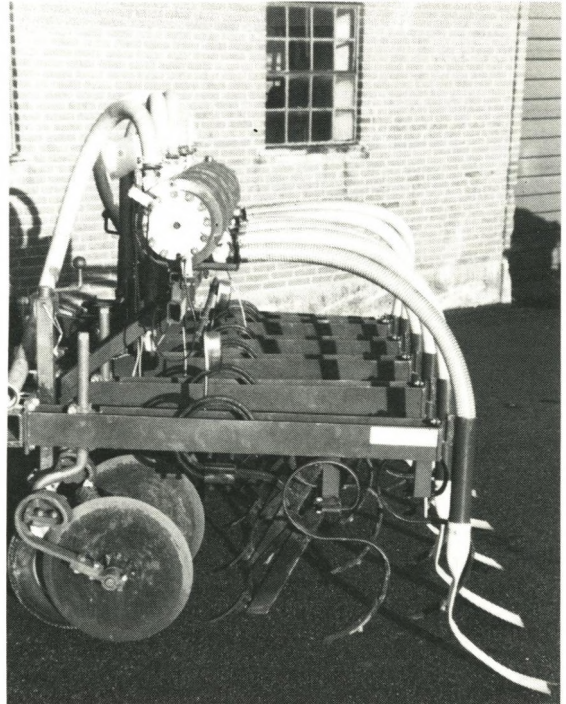
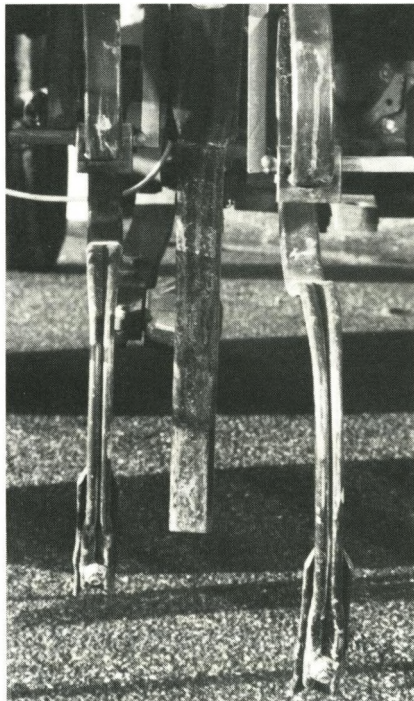
Figur 12. 6-tandsnedfælderen monteret som nedfælder. Forrest et rulleskær, dernæst en kraftig Marsk Stig-tand, der nedfælder gylle direkte. Til sidst følger to almindelige S-tænder, der sikrer fuldstændig tildækning af den udbragte gylle.
6-tine injector mounted for direct injection. In front a disc couler, then a heavy Marsk Stig-tine for direct injection. Two ordinarily S-tines ensure properly incorporation of applied slurry.



Figur 13 (t.v., left).

Nedfældertand på 6-tandsnedfælder.

The injector tine, a heavy Marsk Stig-tine, is 3 cm wide. The equipment is useful in row crops, e.g. beets sown on 50 cm row distance.



Figur 15 (ovenfor, above).

6-tandsnedfælder her monteret som udlægger.
6-tine injector mounted for band laying.

Figur 14 (t.v., left).

En sektion på 6-tandsnedfælder set bagfra. I midten selve nedfældertanden og på hver side almindelige S-tænder.

A section on the 6-tine injector shown from behind. In the middle is shown the injector tine and on each side ordinary S-tines.

På de først udviklede udbringningsmoduler, (bredsprederen og 6-tandsnedfælder) er de peristaltiske pumper 25 cm i diameter. Messingvalserne (32 mm Ø) i indgrebsarmene er justerbare, så valsernes tryk mod slangerne kan optimeres. Er trykket for stort, slides slangerne hurtigt, mens et for lille tryk vil give utætte pumper. Der køres mod fast bagplade og der benyttes flad slange som i udspændt form har 50 mm indvendig diameter. Med den valgte konstruktion af slangepumperne kan den benyttede slangetype holde en sæson.

På den senere udviklede 11-tandsnedfælder er pumpediameteren reduceret til 20 cm, og messingvalserne er udskiftet med nylonvalser (51 mm Ø), som ikke er justerbare. Den faste bagplade er derimod belagt med 4 mm gummi og en 2 mm blød plastikplade (polypropylen), hvorved ujævnheder i valsernes tryk mod slangerne kan absorberes. Der kan benyttes flade slanger, som udspændt har diametre fra 19 til 50 mm.

Kapaciteten af de peristaltiske pumper kan teoretisk beregnes ud fra pumpernes diameter og slangeres indre diameter. Pga. valsernes sammentrykning af slangerne reduceres den beregnede kapacitet med ca. 30 pct. Ved passende kombinationer af pumpe- og slangediameter kan en ønsket kapacitet opnås.

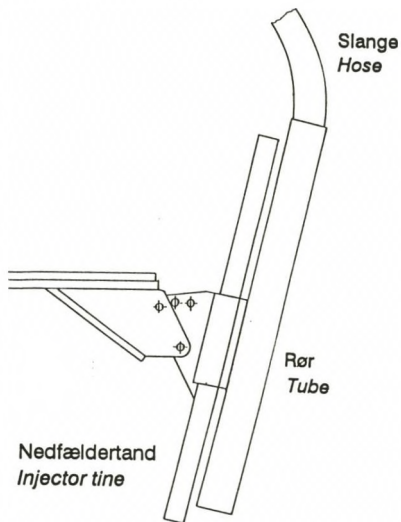
På 6-tandsnedfælder var de peristaltiske pumper forbundet med 10 cm lange rørstykker, hvor en bolt holdt rørstykket mod pumpens aksel. Denne form for overførsel af trækraften fandtes at være ustabil. Samlingerne blev gjort mere stabile ved montering af en stålbolt, der går tværs igennem rørstykke og akselende. Samtidig blev de 24 indgreb (6 pumper $\times$ 4 indgreb) fordelt jævnt på akslen, dvs. med 15° forskydning. De peristaltiske pumper på 11-tandsnedfælder blev bygget efter samme princip.

Til forsøg med nedfældning af gylle i etablerede kornafgrøder opbyggedes 11-tandsnedfælder med 24 cm's tandafstand. Den lille afstand er bl.a. begrundet ud fra erfaringer med eksisterende udstyr, hvor nedfældning på 50 cm's afstand umiddelbart før såning af vårbyg resulterede i tydelige striber, der kunne ses hele vækstsæsonen.

Modulet er desuden udviklet til nedfældning i et forsøg, hvor vinterhvede dyrkes på 24 cm's rækkeafstand. For at undgå afgrødeskade fra de forholdsvis tætsiddende nedfældertænder er modulet forsynet med styrehjul, der også bestemmer arbejdsdybden.

11-tandsnedfælder er monteret med rulleskær, let nedfældertand og efterharve (figur 16 og 17). Selve nedfældertanden er opbygget omkring en Agrodan ammoniak-nedfældertand med regulerbar tandstilling. Bag tanden er monteret et rør, hvori slangen fra den peristaltiske pumpe stikkes ind. Røret slutter i en u-formet skærm med bagudrettet åbning (figur 18). Skærmen hindrer i et kort øjeblik jorden i at falde ned i furen efter tanden og sikrer herved, at gyllen placeres i furens bund. Efterharven sikrer, at den udbragte gylle dækkes helt med jord.

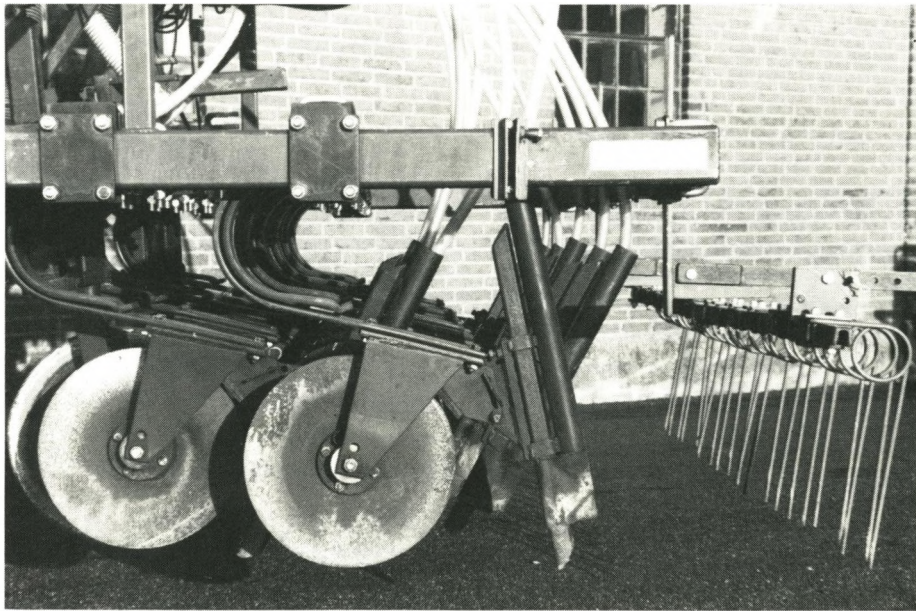
Tanden giver en fure på 1,5 cm's bredde med en dybde på op til 8 cm, hvilket giver et tværsnitsareal på 12 cm². Fordeles tværsnitsarealet jævnt mellem tænderne vil det give en lagtykkelse på 5 mm (12 cm²/24 cm = 0,5 cm). Udstyret vil således kunne nedfælde op til 50 ton gylle pr. ha.



Figur 16.

Nedfældertand på 11-tandsnedfælder.

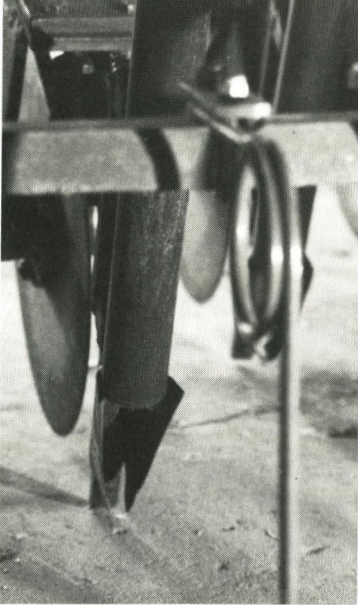
Tine for injection on covered areas, e.g. grassland. The tine is narrow, 1.5 cm, and the 11 tines are mounted with a distance of 24 cm.



Figur 17. 11-tandsnedfælder monteret som nedfælder. Rulleskær og nedfældertand er bygget på samme bladfjeder. Tandstillingen er regulerbar, her vist i yderpunkterne. En let efterharve sikrer tildækning af furen.

11-tine injector mounted for direct injection. Disc coulter and injector tine is mounted on the same spring-leaf. The position of the tine could be regulated. A light harrow ensure properly covering of the slit.

Tandafstanden er fuldt regulerbar, og hele tandsættet kan udskiftes på en gang, idet tandbullen er spændt på en ramme. Nedfælderen kan også benyttes som udlægger med slæbeslanger på samme måde som beskrevet for 6-tandsnedfælderen (figur 19).



Figur 18 (t.v., left).

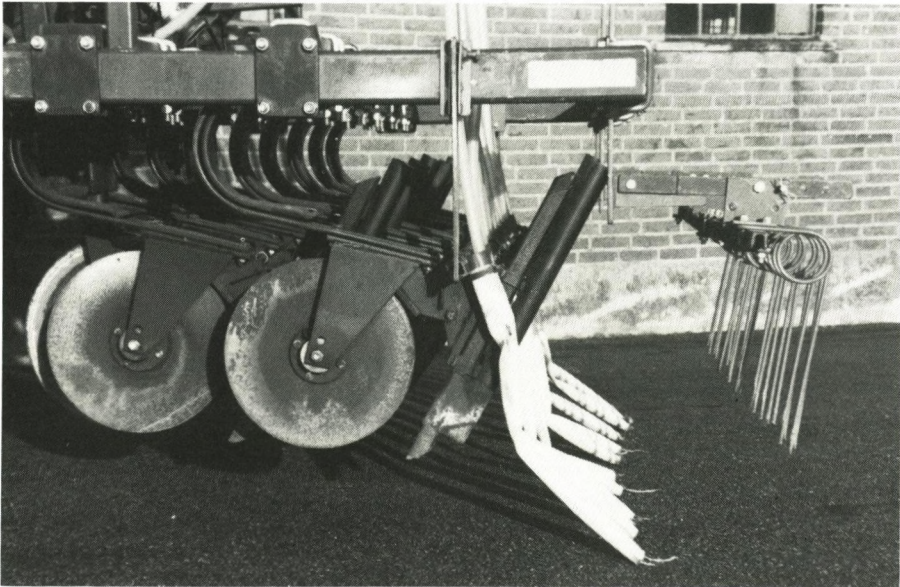
Sektion på 11-tandsnedfælderen set bagfra.

A section on the 11-tine injector shown from behind. The tube terminate in a U-shape, which ensure that the slurry is placed in the bottom of the slit before the slit is covered.

Figur 19 (nedenfor, below).

11-tandsnedfælderen monteret som udlægger.

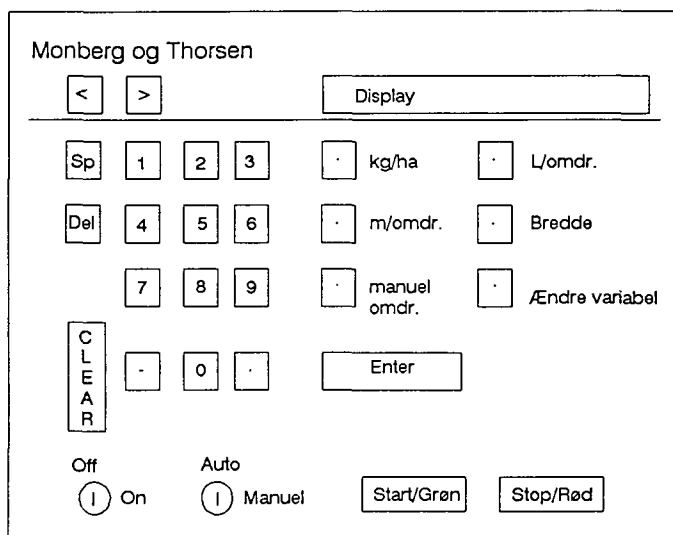
11-tine injector mounted for band laying.



MT-computer

Ved udvikling af forsøgsudstyret er der lagt stor vægt på at sikre ensartet fordeling både på tværs og på langs ad køreretningen. For at gøre doseringen trinløs og uafhængig af fremkørselshastigheden opbyggede Monberg og Thorsen A/S en computer af standard elementer fra PR-electronics, samt udviklede et tilhørende BASIC-program (figur 3 og 20). En elektronisk magnetføler aftaster omdrejningshastigheden af de peristaltiske pumper, mens en anden føler aftaster hjulomdrejninger, idet der på det ene baghjul er monteret 64 magneter. Magneternes passagehastighed aftastes som frekvens, og bestemmes 4-20 gange i sekundet, afhængig af omdrejningshastigheden. Beregning og regulering af proportionalventilen er meget hurtig. Reaktions- og beregningstider er angivet i Appendiks B. I en teknisk rapport fra Monberg og Thorsen A/S findes diagram over den elektriske del af systemet.

Betjeningen af computeren, der benyttes både til udmåling af udstyr og til kørselsafhængig dosering, sker via tastaturet vist i figur 20.



Figur 20. Tastatur for MT-computer
Keyboard layout for MT-computer.

Traktormonitor

Monitoren (LH-Agro 800) er tilsluttet en magnetføler, der aftaster antal omdrejninger af de peristaltiske pumper. Aftastningen foregår i modsætning til MT-computeren som registrering af impulser. Monitoren benyttes primært ved udmåling af udstyr, men kan også benyttes til visning af slangepumpernes omdrejningshastighed under udbringning (figur 3).

Virkemåde

Centrifugalpumpens funktion er at levere tilstrækkelige mængder gylle til de peristaltiske pumper. Dette kræver at traktoren går med 2100 motoromdrejninger/minut, hvorved centrifugal-pumpen yder ca. 2000 l gylle/minut. Snitteren arbejder ligeledes optimalt ved 2100 motoromdrejninger/minut.

Styring af omdrejningerne på de peristaltiske pumper sker via MT-computeren, der har to drift-former. Til udmåling af spredeudstyr benyttes den manuelle drift, mens der til kørselsafhængig udbringning skiftes til automatisk drift.

Ved manuel drift indtastes det ønskede omdrejningstal, mens der ved automatisk drift sker en beregning af omdrejningstallet ud fra fire indtastede værdier og den målte fremkørselshastighed.

Den udbragte mængde gylle pr. ha kan udtrykkes som:

$$M = L \times S \times F / B \times H \times V$$

M er ønsket dosering, dvs. mængde udbragt gylle (t/ha)

L er kapaciteten af de peristaltiske pumper (l/pumpeomdrejning)

S er omdrejningshastigheden af de peristaltiske pumper (omdrejninger/minut)

F er en omregningsfaktor (10000 m² pr. ha/1000 l pr. ton = 10)

B er arbejdsbredde (meter)

H er hjulomdrejninger (omdrejninger/minut)

V er tilbagelagt vejlængde pr. hjulomdrejning (meter/hjulomdrejning)

L, B og V er bestemt ved udmåling, M er bestemt af forsøgsplanen og H bestemmes ved elektronisk aftastning under kørsel. Den ubekendte S kan isoleres og beregnes.

$$S = M \times B \times H \times V / L \times F$$

Ud fra det ønskede (manuel drift) eller det beregnede (automatisk drift) omdrejningstal (S) for de peristaltiske pumper, sender computeren en styrespænding til proportionalventilen, der åbner lineært med styrespændingen (figur 3). Opløseligheden er 10 bit, dvs. der fra helt lukket til fuldt åben er $2^{10} = 1024$ trin. Opbygningen af computeren er sket ud fra den forudsætning, at den maksimale omdrejningshastighed for de peristaltiske pumper var 350 omdr./min. Dette giver en meget fin reguleringsmulighed med ca. 1/3 omdr./trin. Efter proportionalventilen er der 27 l olie til rådighed pr. minut, hvilket betyder at de peristaltiske pumper maksimalt kan løbe 270 omdrejninger/minut.

Naturlige mekaniske modstande i systemet samt den programmerede Proportional-Integral-regulering gør, at pumperne ikke umiddelbart vil opnå den ønskede omdrejningshastighed. Derfor aftastes den aktuelle omdrejningshastighed med magnetføleren og regulering foretages (figur 3).

Traktormonitoren er velegnet til registrering af impulser. Ved udmåling af spredeudstyr (manuel drift) vælges visning af antallet af forløbne omdrejninger af de peristaltiske pumper. Monitoren kan desuden indstilles til visning af pumpernes aktuelle omdrejningshastighed, hvilket kan benyttes ved automatisk drift.

Betjening af begge computere er nøje beskrevet i "Betjeningsvejledning for JOS-vognen" (Petersen, 1990).

Udmåling af spredeudstyr

Metode

I stationær opstilling er der kørt med forskellig omdrejningshastighed af de peristaltiske pumper. Hver gang er der kørt 25-35 omdrejninger og væsken fra de enkelte pumper er opsamlet i 50 l beholdere. Det aktuelle antal omdrejninger er aflæst på traktormonitoren. Den opsamlede væskemængde er bestemt ved vejning med en usikkerhed på $< 0,4$ pct. Af praktiske grunde er der ofte benyttet vand ved udmålingerne. I visse forsøg udbringes separeret og andre former for behandlet gylle, der har samme viskositet som vand. Ved udmålinger er også benyttet almindelig kvæg- og svinegylle med 6-7 pct. tørstof, og det antages at 1 l gylle vejer 1 kg. Ved fem målinger i svinegylle fandtes en vægtfylde på $0,99 \text{ kg/l}$ (c.v. = $1,3$ pct.).

Ved de første udmålinger foretoges én aftastning pr. omdrejning, hvilket gav en usikkerhed på op til 2 omdrejninger, svarende til 6-8 pct. Den nuværende montering giver 12 aftastninger/omdrejning, hvorved usikkerheden reduceres til maksimalt $1/6$ omdrejning, svarende til $< 0,7$ pct.

Resultater

Det overordnede indtryk er, at princippet med peristaltiske pumper fungerer godt. Men da denne pumpetype ikke før har været anvendt til gyllespredere, er der medgået en del udviklingsarbejde for at øge driftsikkerheden og forbedre pumpernes funktion.

Den gennemsnitlige variationskoefficient ved udmåling med vand blev i løbet af udviklingsarbejdet således reduceret til $2,2$ pct. Herefter gennemførtes 28 afprøvninger med kvæg- og svinegylle ved forskellige omdrejningshastigheder af de peristaltiske pumper (tabel 2). Den gennemsnitlige variationskoefficient mellem pumperne for de 28 målinger var $2,0$ pct. (maks. $3,2$ pct.).

Der kunne ikke konstateres forskel mellem gylletyperne mht. slangepumpernes kapacitet, men derimod tyder resultaterne på, at pumperne giver mest ved lave omdrejningshastigheder.

Til belysning af de peristaltiske pumpe kapacitet, afhængig af dels pumpernes omdrejningshastighed og dels motoromdrejninger, er der gennemført omkring 250 afprøvninger i vand og svinegylle. Resultaterne fra afprøvninger ved forskellige motoromdrejninger viser, at mindre reguleringer af fremkørselshastigheden kun bør foregå i området $2000-2200$ motor-omdr./min. Redu-

cering af motoromdrejninger til under 2000 bevirker, at den PTO-afhængige centrifugalpumpe ikke kan levere tilstrækkelig gylle til de peristaltiske pumper. Regnes der med en kapacitet på 6,5 l/omdr. og med de maksimale 270 omdr./min., skal slangepumperne forsynes med 1750 l/minut, hvilket er tæt på den maksimale ydelse af gyllepumpen (ca. 2000 l/minut).

Tabel 2. Kapaciteten (l/omdr.) og variation for 6 peristaltiske pumper afhængig af omdrejningshastighed og gylletype (6-tandsnedfælder).
Influence of slurry type and rpm on the capacity (l/rotation) and variation of 6 peristaltic pumps mounted on the 6-tine injector.

Omdr./min. rpm	Kvæggylle Cattle slurry			Svinegylle Pig slurry		
	Kapacitet l/omdr. Capacity l/rotation	n	Variation pct. C. V. %	Kapacitet l/omdr. Capacity l/rotation	n	Variation pct. C. V. %
50	6,91 a	3	1,2	-	0	-
100	-	0	-	6,96 a	4	3,2
150	6,65 ab	4	3,5	6,79 ab	3	2,6
200	6,62 ab	2	0,9	6,56 b	3	0,5
250	6,31 b	3	5,5	6,61 ab	3	4,1
LSD _{.95}	0,45			0,32		

I tabel 3 fremgår fordelingen af de i alt 154 gennemførte afprøvninger ved 2100 motoromdr./min. svarende til 540 omdrejninger/min. på PTO. Afprøvningerne er udført ved varierende pumpeomdrejninger oftest med tre gentagelser ved hvert niveau.

Tabel 3. Antal gennemførte afprøvninger ved 2100 motoromdr./min.
Number of tests at 2100 motor rpm=540 rpm at PTO.

	Vand Water	Svinegylle Pig slurry
Bredspreader Broadspreader	18	34
6-tandsnedfælder 6-tine injector	28	33
11-tandsnedfælder 11-tine injector	8	33

Tabel 4. Kapacitet (l/omdr.) for de enkelte pumper ved 2100 motor-omdr./min.
Capacity (l per rotation) of each pump at 2100 motor rpm.

Pumpe Pump	Bredspreader Broadspreeder		6-tandsnedfælder 6-tine injector		11-tandsnedfælder 11-tine injector	
	vand water	gylle slurry	vand water	gylle slurry	vand water	gylle slurry
1	1,20	0,95	1,16	1,09	0,404	0,396
2	1,05	0,97	1,14	1,08	0,394	0,377
3	1,21	1,02	1,13	1,08	0,395	0,382
4			1,14	1,07	0,388	0,373
5			1,18	1,16	0,393	0,377
6			1,23	1,19	0,404	0,396
7					0,392	0,386
8					0,404	0,389
9					0,398	0,372
10					0,400	0,383
11					0,405	0,384
12					0,397	0,369
LSD _{.95}	0,06	0,05	0,02	0,01	0,007	0,006

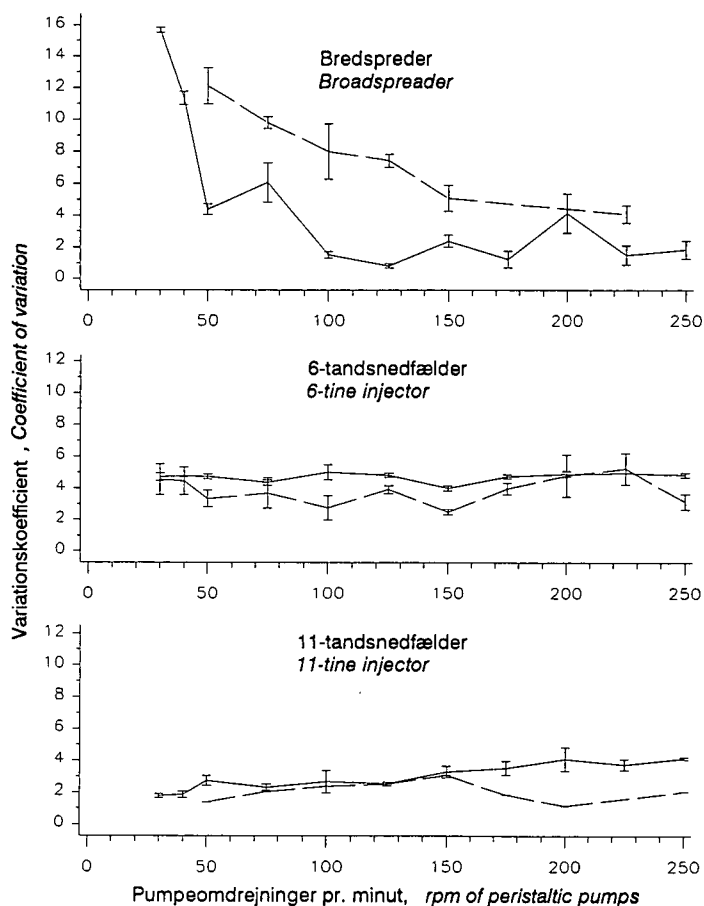
Ved afprøvningerne fandtes de i tabel 4 viste forskelle mellem de enkelte peristaltiske pumper. Både den enkelte pumpes ensartede drift og den sikre bestemmelsesmetode gav en lille restvariation og dermed en meget lille LSD-værdi.

De største forskelle i slangepumpernes kapacitet findes hos bredspreaderen, hvor de først fremstillede pumper er monteret. I vand svarer den maksimale forskel til 14 pct. mens den i svinegylle er 7 pct. Også på 6-tandsnedfælderens varierer slangepumpernes kapacitet svarende til 8-11 pct. mellem højeste og laveste.

Den forbedrede konstruktion af de peristaltiske pumper på 11-tandsnedfælderens har tydeligvis reduceret forskellen mellem pumpernes kapacitet. De målte forskelle mellem pumperne er i vand og svinegylle hhv. 4 og 7 pct.

Resultaterne i tabel 4 er opnået ved 30-250 omdrejninger/minut for de peristaltiske pumper. For både 6-tands- og 11-tandsnedfælderens fandtes ingen vekselvirkning mellem de enkelte pumper og omdrejningshastigheden, hvilket betyder, at de fundne forskelle i pumpernes kapacitet gælder for alle omdrejningshastigheder. For bredspreadermodulens fandtes vekselvirkning mellem pumpe og omdrejningshastighed, idet pumpernes kapacitet er størst ved lave omdrejningshastigheder. Især ved afprøvning i vand fandtes forskelle mellem de enkelte pumper. Årsagen til den højere og va-

rierende kapacitet ved lave omdrejningshastigheder må henføres til mindre utætheder i pumperne som følge af vanskeligheder ved at optimere valsernes tryk mod slange og bagplade. Ved en senere ombygning af bredspredermodulet blev de peristaltiske pumper forsynet med en gummi-belægning og plastplade samt en slange med mindre diameter.



Figur 21. Variation mellem pumperne ved varierende omdrejningshastighed for de tre udbringingsmoduler. Da der er gennemført flere afprøvninger ved hver kombination, er standardafvigelsen også afsat (— — — vand, ——— svinegylle).
Variation (C.V.) between the peristaltic pumps at different rpm. Each of the three spreaders is shown separately. Standarddeviation at each point is shown (— — — water, ——— pig slurry).

Forskellene i pumpernes kapacitet kan også udtrykkes ved en variationskoefficient, hvilket er afbilledet i figur 21, hvor standardafvigelsen på de beregnede variationskoefficienter også er angivet. Til orientering kan anføres, at Statens jordbrugstekniske Forsøg, Bygholm, benytter skalaen i tabel 5 til vurdering af spredebilledet for handelsgødnings- og gyllespredere.

Tabel 5. Skala til bedømmelse af sprederbilledet for handels- og gyllespredere. Statens jordbrugstekniske Forsøg, Bygholm.
Scale used at National Institute of Agricultural Engineering, Bygholm for evaluation of spreading characteristics of fertilizer- and slurry spreaders.

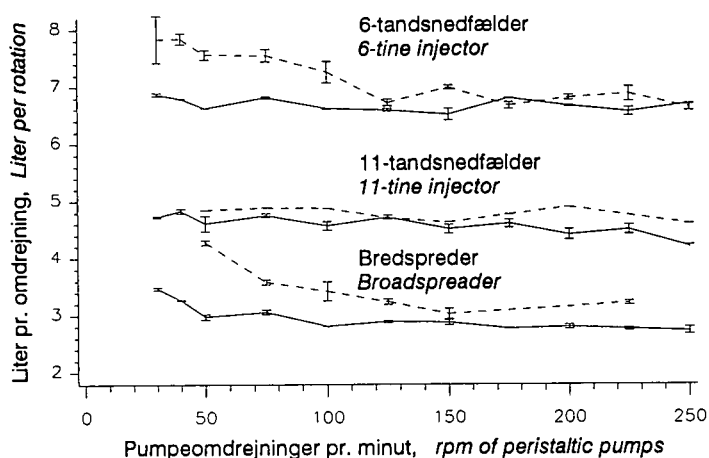
Variationskoefficient C. V.	< 5 pct.	særdeles god <i>very good</i>
	5-10 pct.	god <i>good</i>
	10-15 pct.	tilfredsstillende <i>satisfactory</i>
	15-20 pct.	ikke helt tilfredsstillende <i>not quite satisfactory</i>
	20-30 pct.	dårlig <i>bad</i>
	> 30 pct.	uacceptabel <i>unacceptable</i>

Selv om pumperne på bredspredermodulet viser større variation i kapaciteten ved lave omdrejningshastigheder, er variationen mellem pumperne lav. Bredspredermodulet falder i kategorien tilfredsstillende-god, mens begge nedfældermoduler er særdeles gode.

Variationerne giver et udtryk for doseringsegenskaberne og fordelingen af den udbragte gylle. Såfremt konstruktionen af slangepumperne ikke ændres, antages det, at de opnåede variationer også vil gælde for fremtidige udmålinger.

Kapaciteten (l/omdr.) som funktion af slangepumpernes omdrejningshastighed er vist i figur 22. Slangepumpernes omdrejningshastighed vil normalt ligge imellem 75 og 200 omdrejninger pr. min. Aflæses figur 22 i dette område findes den gennemsnitlige kapacitet for hvert udbringningsmodul, angivet i l/omdr. Usikkerheden på de fundne kapaciteter er 2-3 pct., afhængig af udbringningsmodul og gylletype.

Den fundne kapacitet gælder kun for de afprøvede kombinationer af pumpediameter og slangediameter. Foretages ændringer må ny udmåling gennemføres, og resultaterne vil blive benyttet til opdatering af "Betjeningsvejledning for JOS-vognen" (Petersen, 1990). De præsenterede kapaciteter kan således afvige fra de aktuelt benyttede.



Figur 22. Udbringningsmodulernes kapacitet i svinegylle og vand ved varierende omdrejningshastighed af de peristaltiske pumper. Standardafvigelse ved de enkelte kombinationer er afsat (--- vand, — svinegylle).

The dose-characteristics of each spreader at different rotationspeed of the peristaltic pumps. The characteristics are for pig slurry and water. Standarddeviation is shown (--- water, — pig slurry).

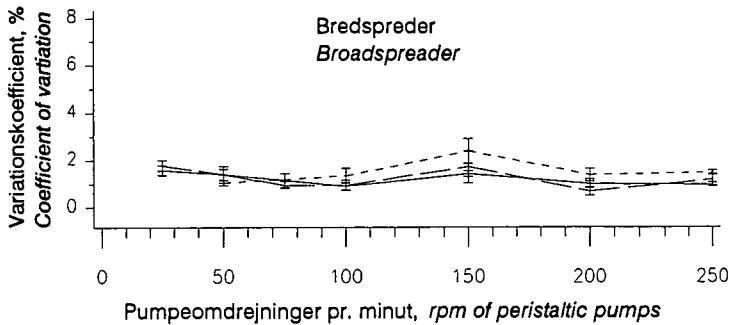
Ombygningen af første generations pumperne har forbedret bredspreadermodulets egenskaber, idet forskellene mellem de peristaltiske pumper er reduceret betydeligt (tabel 6) i forhold til tidligere (tabel 4). Af tabel 6 ses desuden, at pumpernes kapacitet er uafhængig af væsketype.

Tabel 6. Kapacitet (l/omdr.) for de enkelte, forbedrede pumper på bredspreadermodulet ved 2100 motor-omdr./min.

Capacity (l per rotation) of each pump on the improved broadspreader at 2100 motor-rpm.

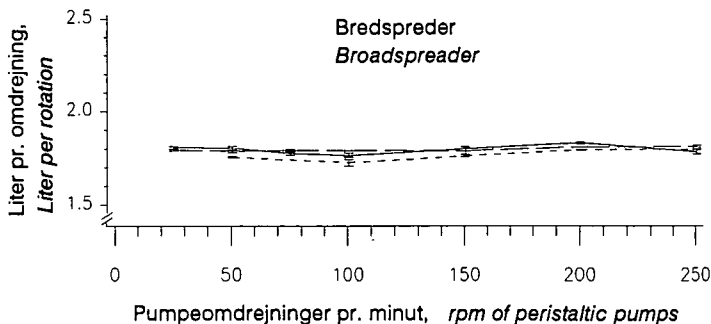
Pumpe Pump	Vand Water	Svinegylle Pig slurry	Kvæggylle Cattle slurry
1	0,593	0,594	0,598
2	0,580	0,594	0,595
3	0,593	0,604	0,601
LSD _{.95}	0,007	0,005	0,008

Variationen mellem de forbedrede pumper på bredspreadermodulet ved forskellige omdrejningshastigheder er vist i figur 23. Efter skalaen i tabel 5 kan bredspreaderen nu betegnes som særdeles god (figur 23 kan sammenlignes med figur 21 øverst).



Figur 23. Variation mellem pumperne ved varierende omdrejningshastighed. Bredspredermodulet efter ombygning af pumperne. Da der er gennemført flere afprøvninger ved hver kombination, er standardafvigelsen også afsat (- - - vand, - - - kvæggylle, — svinegyille).
Variation (C.V.) between the peristaltic pumps at different rotationspeed. Broad spreader after improvement. Standarddeviation at each point is shown (- - - water, - - - cattle slurry, — pig slurry).

Pumpeomdrejningshastighedens indflydelse på de forbedrede pumpe kapacitet er vist i figur 24, hvoraf det ses, at kapaciteten er uafhængig af omdrejningshastigheden. Egenskaberne før ombygning fremgår af figur 22.



Figur 24. Bredspredermodulets kapacitet efter ombygning. Afprøvet ved varierende omdrejningshastighed af de peristaltiske pumper. Standardafvigelsen ved de enkelte kombinationer er afsat (- - - vand, - - - kvæggylle, — svinegyille).
The dose-characteristics of the broad spreader after improvement at different rotationspeed of the peristaltic pumps. The characteristics are for water, pig slurry and cattle slurry. Standarddeviation is shown (- - - water, - - - cattle slurry, — pig slurry).

Afprøvning af fordeling pr. arealenhed

Afprøvningen omfatter hele doseringssystemet under ét, dvs. aftastning, beregning, styring af slangepumpernes omdrejningshastighed og efterregulering, samt den mekaniske reaktionstid fra væsken forlader de peristaltiske pumper, til den når jordoverfladen. Afprøvning af fordelingen pr. arealenhed kan ikke gøres mere sikker end bestemmelsen af slangepumpernes kapacitet.

Metode

Da afprøvningen primært omfatter de dele, der er fælles for de tre udbringningsmoduler, er undersøgelserne kun udført med et modul, nemlig 11-tandsnedfælderen. Der er benyttet to opsamlingsmetoder.

Ved den første metode (I) er opsamling af væsken sket i beholdere placeret på jorden. Slangerne fra fire udløb er samlet i et bundt, og resten af udløbene er afblændet. De fire udløb repræsenterer 96 cm arbejdsbredde.

Den udbragte væske forlader slangebundtet ret voldsomt, hvilket bevirker, at en del væske let sprøjter op af opsamlingsbeholderne. For at mindske denne ukendte, systematiske fejl benyttedes 25 l dunke, hvor en plan side blev skåret ud. Dunkens indadbuende kanter blev således tilbage og forhindrede i nogen grad væsken i at sprøjte/skvulpe af. Kørevejen over den fremstillede åbning var 25 cm. Den i dunken opsamlede væskemængde repræsenterede således et areal på $96 \times 25 \text{ cm} = 2400 \text{ cm}^2$. Væskemængden blev registreret ved vejning. Ved afprøvningserne benyttedes fem dunke opstillet på linie med enten 0 eller 50 cm's mellemrum. Afprøvningserne er gennemført ved 50, 100 og 200 t/ha. Ved udbringning af 50 t/ha vil der opsamles 1,2 kg/dunk.

Ved den anden metode (II) er der benyttet 10 opsamlingsbeholdere placeret på udbringningsmodulet og her bestod slangebundtet af to udløb. Ved kørsel forbi afsatte punkter med 2 m's mellemrum, er slangebundtet manuelt flyttet til næste beholder. Den opsamlede væske repræsenterer således et areal på $48 \times 200 \text{ cm} = 9600 \text{ cm}^2$. Antallet af opsamlingsbeholdere og afstanden mellem de afsatte punkter er ved nogle afprøvningsrækker ændret til 3-4 stk. henholdsvis 10 m. Usikkerheden mindskes ved øget afstand mellem de afsatte punkter. Den opsamlede væskemængde blev registreret ved vejning. Afprøvningserne er gennemført ved 10-60 t/ha.

Resultater

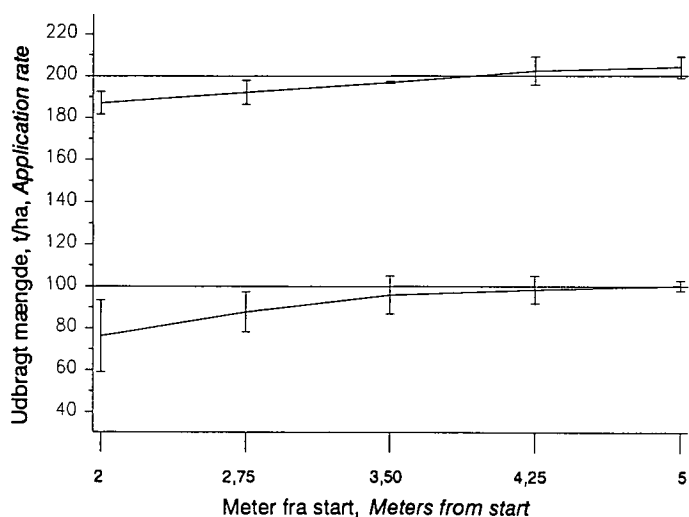
De fleste kørsler er gennemført med normalt tilløb, hvilket vil sige, at første dunk var placeret mindst 1 m foran traktorens forhjul. Herved er der 5-6 m til udløbene. Ved de første kørsler benyttedes vand og i tabel 7 er vist variationskoefficienten mellem de fem opsamlingsbeholdere. Den lidt højere variationskoefficient ved 50 t/ha skyldes øget indflydelse af måleusikkerhed. Som helhed er variationen mellem dunkene lille.

Den opsamlede mængde er i tabel 8 omregnet til t/ha. Inden for hver kombination af fremkørselshastighed og ønsket dosering er variationen i den målte dosering lille. Det er således muligt

at udbringe præcis samme mængde til parceller af samme forsøgsled. Øges fremkørselshastighed i form af højere gearvalg inden for hvert niveau af ønsket dosering falder mængden af udbragt væske. Dette skyldes sandsynligvis, at der sprøjter mere væske op af opsamlingsbeholderne ved de høje fremkørselshastigheder. Den målte dosering afviger maksimalt 10 pct. fra det ønskede, og ofte er afvigelsen mindre.

Tabel 7. Variation mellem opsamlingsbeholdere ved afprøvning af fordelingen pr. arealenhed. Afprøvningsene er gennemført med vand efter metode I.
Variation between five containers at test of distribution per area-unit. The tests are conducted with water.

Ønsket dosering <i>Required dose t/ha</i>	Antal kørsler n <i>Number of tests n</i>	Variation mellem opsamlingsbeholdere, pct. <i>Variation (C.V.) between containers %</i>
50	7	4-8
100	15	2-5
200	3	2-3



Figur 25. Fordelingen i længderetningen ved kørselsafhængig afprøvning med kort tilløb. Afprøvningen er udført med vand efter metode I og den ønskede tilførsel har været 100 og 200 t/ha.

Test of application rate in longitudinal direction with short distance (2 m) from first container to spreader. 50 cm distance between containers and each container is 25 cm wide. The test is conducted with water. Target application rate 100 and 200 t/ha.

Tabel 8. Fremkørselshastighedens indflydelse på doseringen. Afprøvningerne er gennemført med vand efter metode I. Datagrundlaget er det samme som i tabel 7.
Influence of driving speed on surface application rate. The tests are conducted with water. The results are calculated from measurements on which table 7 also is based.

Fremkørsels- hastighed km/t	Antal kørsler n	Afstand mellem dunke cm	Ønsket dosering t/ha	Målt dosering t/ha	Variation pct.
<i>Speed km/h</i>	<i>Number of tests n</i>	<i>Distance between containers cm</i>	<i>Required application rate t/ha</i>	<i>Measured application rate t/ha</i>	<i>C. V. %</i>
2,5	3	0	50	54,5	5,4
3,9	4	0	50	48,0	1,7
Sum/gns. Sum/mean	7			50,8	8,1
1,2	3	0	100	108,4	1,7
1,9	3	0	100	103,1	1,7
2,5	3	0	100	90,3	3,5
Sum/gns. Sum/mean	9			101,7	7,8
1,2	3	50	100	111,0	1,0
1,9	3	50	100	106,4	1,2
Sum/gns. Sum/mean	6			108,7	2,6
1,2	3	50	200	200,8	2,7

Der gennemførtes 14 kørsler med kort tilløb, dvs. første dunk var placeret under bagakslen på traktoren. Der var således kun 2 m afstand til udløbene. I figur 25 er vist den opsamlede væskemængde som funktion af kørevejen inden spredemodulet passerer opsamlingsbeholderen.

Den opsamlede væskemængde svarede til mellem 50-100 pct. af den ønskede. Figur 25 viser, at den ønskede dosering opnås efter få meters kørsel, hvilket betyder, at aftastning, beregning og regulering sker meget hurtigt. I praksis køres der frem, så forhjulene er ved parcelgrænsen, hvilket giver et passende tilløb på 5-6 m.

Der gennemførtes 18 doseringsafprøvninger i svinegylle med 50 cm mellem dunkene. Variationen mellem de fem dunke fandtes at være af samme størrelsesorden, som det var tilfældet med vand (tabel 7). De målte doseringer fremgår af tabel 9.

Tabel 9. Fremkørselshastighedens indflydelse på doseringen. Afprøvningerne er gennemført med svinegylle efter metode I.

Influence of driving speed on surface application rate. The tests are conducted with pig slurry.

Fremkørsels- hastighed km/t <i>Speed km/h</i>	Antal kørsler n <i>Number of tests n</i>	Afstand mellem dunke, cm <i>Distance between containers cm</i>	Ønsket dosering t/ha <i>Required application rate t/ha</i>	Målt dosering t/ha <i>Measured application rate t/ha</i>	Variation pct. <i>C. V. %</i>
2,5	3	50	50	53,0	1,3
3,9	3	50	50	52,5	4,0
Sum/gns. <i>Sum/mean</i>	6			52,8	3,3
1,2	3	50	100	113,7	4,2
1,9	3	50	100	114,9	1,0
2,5	3	50	100	110,5	1,7
Sum/gns. <i>Sum/mean</i>	9			113,0	3,3
1,2	3	50	200	212,4	8,4

Den målte dosering af svinegylle i t/ha er uafhængig af fremkørselshastigheden, idet variationen omkring gennemsnittet af den målte dosering kun er 3,3 pct. (tabel 9). Dette er en forbedring i forhold til afprøvningerne med vand (tabel 7). Viskositeten af gylle er højere end for vand, hvilket formentlig har givet et mindre tab fra opsamlingsbeholderne og dermed formindsket målemetodens usikkerhed.

Afprøvningerne viser derimod fortsat 6-13 pct. overdosering. Usikkerheden på bestemmelse af slangepumpernes kapacitet (3 pct.) vil give betydende udslag i nøjagtigheden af den doserede mængde pr. arealenhed, idet øvrige variable er sikkert bestemt ($< 0,5$ pct. usikkerhed). Ligeledes vil den skønnede usikkerhed på denne målemetode på 2 pct. give en betydelig fejl på resultatet, og det kan meget vel være, at skønnet er sat for lavt.

For yderligere at minimere tabet fra opsamlingsbeholderne gennemførtes fire afprøvninger efter metode II. Både variationen mellem opsamlingsbeholderne, dvs. på langs ad køreretningen, og variationen mellem kørslerne, dvs. mellem parcellerne, fandtes ved afprøvningerne generelt at være meget lille (tabel 10).

Tabel 10. Afprøvning af fordeling pr. arealenhed. Afprøvning er gennemført med vand efter metode II.

Test of application rate per area-unit. The tests are conducted with water.

Afprøv- ning nr.	Kørevej for hver beholder m	Dosering t/ha	Antal behol- dere	Variation mellem beholderne pct. C. V.	Antal kørs- ler	Variation mellem kørsler pct. C. V.	Afvigelse fra for- ventet pct. Deviation from expected %
<i>Test no.</i>	<i>Distance covered by each con- tainer, m</i>	<i>Application rate t/ha</i>	<i>No. of contai- ners</i>	<i>between containers %</i>	<i>No. of run- nings</i>	<i>between runnings %</i>	<i>%</i>
1	2	10, 20, 40	10	1,5-4,5	9	0,3-2,3	6-11
2	10	10, 20, 40	3	0-3	3	-	4-11
3	2	30, 40, 50	10	3-8	9	0,1-1,0	-11 - -6
4	10	20, 30, 40 50, 60	4	0,4-1,2	15	0,2-1,3	4-6

De to første afprøvninger viste overdosering på omkring 10 pct. For at tage højde for dette blev den indtastede hjulomkreds ved tredje afprøvning reduceret tilsvarende. Tredje afprøvning er desuden gennemført lidt anderledes end de øvrige, hvilket har øget variationen mellem beholdere, samt givet negativ afvigelse fra den forventede dosering (underdosering).

Ved sidste afprøvning fandtes en overdosering på gennemsnitlig 5 pct., som p.t. benyttes ved reduktion i den indtastede hjulomkreds, hvorved korrekt dosering opnås.

Konklusion

De praktiske erfaringer med forsøgsudstyret er gode, og de tre fremstillede udbringningsmoduler arbejder godt. Sammenbygning af tank og traktor har givet et kort køretøj, som er særdeles manøvreedygt. Skift mellem udbringningsmoduler kan foretages forholdsvis hurtigt, og ændring fra nedfældning til slæbeslanger kan ske umiddelbart.

Princippet med peristaltiske pumper fungerer efter nogle tilpasninger nu godt og sikkert. En variationskoefficient på 2-4 pct. mellem de enkelte slangepumper må anses for særdeles tilfredsstillende.

Den computerstyrede dosering sikrer, at fællesparceller tildeles nøjagtig samme mængde gylle/ha. Når usikkerhederne og korrektion tages i betragtning, afviger den aktuelle dosering kun lidt fra den ønskede.

Alle tre udbringningsmoduler fungerer meget tilfredsstillende, specielt har nedfældning i vinterhvede og i græs efter slæt med 11-tandsnedfælderen virket godt, og planteskaden har været meget begrænset.

Erkendtlighed

For den betydelige indsats der er ydet ved udviklingsarbejdet retter Askov Forsøgsstation en tak til *Søren Kolding*, Forsøgsteknisk Værksted for råd og vejledning, *Jens Ove Sørensen* og *Knud Erik Andersen*, JOS Maskinfabrik for den praktiske udførelse, tanker og ideer, og *Torben Møller*, Monberg og Thorsen A/S for etablering af computerbaseret dosering. Adresser på de involverede parter findes i appendiks A.

Ved Askov Forsøgsstation har flere medarbejdere været engageret i udviklings- og afprøvningsarbejdet. Specielt takkes *Poul Boesen*, *Jørn Nielsen* og *Jens Barsballe* for interesse, diskussioner og gode ideer ved udviklingen af forsøgsudstyret. *Anker Giversen* har medvirket ved afprøvningserne, der til tider kunne synes uendelige.

Ulla Trentemøller har tålmodigt og med omhu forestået renskrivning af manuskript og fremstillet figurene, samt omhyggeligt klargjort satsen.

Litteratur

Petersen, J. 1990. Betjeningsvejledning for JOS-vognen. Afd. f. Planteernæring og -fysiologi, Askov Forsøgsstation. 7 pp.

Rodhe, L.; Thyselius, L.; Steineck, S.; Rammer, C.; Engdahl L. & Jonsson, A. 1988. Spridning av flytgödsel til vall. JTI-rapport 93, Ultuna, Uppsala.

Schulz, M. 1989. Weiterentwicklungen an Verteileinrichtungen mit dem Ziel eines bedarfsgerechteren Verteilens von Gülle. Arch. Acker Pflanzenbau Bodenkd. 33, 633-640.

Sommer, S. G. 1989. Udspreddning af gylle: Fordampning af ammoniak og fordeling af udbragt gylle. Tidsskrift for Planteavl, 93, 323-329.

Appendiks A

Adresseliste

Statens Planteavlsvforsøg
Forsøgsteknisk Værksted,
Kirstinebjerg,
DK-5792 Årslev,
tlf. 65 99 17 66

JOS Smede- og maskinfabrik,
Kærsangervej 18,
DK-8870 Langå,
tlf. 86 46 11 88

Monberg og Thorsen A/S EL-PRO,
Brovadvej 51,
DK-7000 Fredericia,
tlf. 75 94 33 11

LH Agro A/S,
Østergade 109,
DK-9440 Åbybro,
tlf. 98 24 22 00

Søndergaard Hydraulik,
H. Søndergaard A/S
Toppevadvej 44-46
Ganløse
DK-3660 Stenløse
tlf. 42 18 40 55

Appendiks B

Reaktions og beregningstider

Frekvensen (f) beregnes ud fra omdrejninger/minut (R) og antal punkter pr. omdrejning (P)

$$f = R \times P/60$$

Tiden (t), der går mellem to punkter passerer føleren, beregnes ud fra

$$t = 1/f$$

Til bestemmelse af frekvens kræves mindst to punkter, hvilket giver at frekvensen kan bestemmes efter 2t kaldet detektionstiden.

De peristaltiske pumper roterer oftest med 50-250 omdr./min. og der er 12 punkter/omdr. I tabel 11 ses detektionstiden ved forskellige omdrejningshastigheder.

Tabel 11. Detektionstiden ved varierende omdrejningshastigheder for de peristaltiske pumper.
Detection time for peristaltic pumps at different rotation speeds.

Omdr./min. <i>rpm</i>	25	50	100	200	250
Detektionstid, s <i>Detection time, s</i>	0,4	0,2	0,1	0,05	0,04

Regnes der med en fremkørselshastighed på mellem 1 og 10 km/t svarer det til mellem 3,3 og 33 hjulomdr./minut. Da der er 64 punkter/hjulomdrejning kan detektionstiden for forskellige fremkørselshastigheder beregnes, og resultatet ses af tabel 12.

Tabel 12. Detektionstiden ved varierende fremkørselshastigheder.
Detection time at different driving speeds.

Fremkørselshastighed, km/t <i>Driving speed, km/h</i>	1	2	4	6	8	10
Hjulomdrejninger/min. <i>rpm of rear wheel</i>	3,3	6,7	13	20	27	33
Detektionstid, s <i>Detection time, s</i>	0,56	0,28	0,14	0,09	0,07	0,06
Tilbagelagt afstand, cm <i>Distance, cm</i>	15	15	15	15	15	15

Det aftastede signal omdannes til en analogt signal. Dette tager 100 mikro-sekunder, hvilket er ubetydeligt. Beregning af styresignal til proportionalventilen og regulering angives til at tage mindre end 0,2 sek. Det optimale arbejdsområde, hvor detektionstiden ikke er begrænsende, er således over 50 pumpeomdrejninger pr. minut og en fremkørselshastighed på over 2 km/t.

Afdelinger under Statens Planteavlsforsøg

Direktionen

Direktionssekretariatet, Skovbrynet 18, 2800 Lyngby	45 93 09 99
Afdeling for Biometri og Informatik, Lottenborgvej 24, 2800 Lyngby	45 93 09 99

Landbrugscentret

Centerledelse, Fagligt Sekretariat, Forskningscenter Foulum, Postbox 23, 8830 Tjele	86 65 25 00
Afdeling for Grovfoder og Kartofler, Forskningscenter Foulum, Postbox 21, 8830 Tjele	86 65 25 00
Afdeling for Industriplanter og Frøavl, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde	42 36 18 11
Afdeling for Sortsafprøvning, Teglværksvej 10, Tystofte, 4230 Skælskør	53 59 61 41
Afdeling for Kulturteknik, Flensborgvej 22, Jyndevad, 6360 Tinglev	74 64 83 16
Afdeling for Jordbiologi og -kemi, Lottenborgvej 24, 2800 Lyngby	45 93 09 99
Afdeling for Planterernæring og -fysiologi, Vejenvej 55, Askov, 6600 Vejen	75 36 02 77
Afdeling for Jordbrugsmeteorologi, Forskningscenter Foulum, Postbox 25, 8830 Tjele	86 65 25 00
Afdeling for Arealdata og Kortlægning, Enghavevej 2, 7100 Vejle	75 83 23 44
Borris Forsøgsstation, Vestergade 46, 6900 Skjern	97 36 62 33
Lundgård Forsøgsstation, Kongeåvej 90, 6600 Vejen	75 36 01 33
Rønhave Forsøgsstation, Hestehave 20, 6400 Sønderborg	74 42 38 97
Silstrup Forsøgsstation, Oddesundvej 65, 7700 Thisted	97 92 15 88
Tylstrup Forsøgsstation, Forsøgsvej 30, 9382 Tylstrup	98 26 13 99
Ødum Forsøgsstation, Amdrupvej 22, 8370 Hadsten	86 98 92 44
Laboratoriet for Biavl, Lyngby, Skovbrynet 18, 2800 Lyngby	45 93 09 99
Laboratoriet for Biavl, Roskilde, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde	42 36 18 11

Havebrugscentret

Centerledelse, Fagligt Sekretariat, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	65 99 17 66
Afdeling for Grønsager, Kirstinebjergvej 6, 5792 Årslev	65 99 17 66
Afdeling for Blomsterdyrkning, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	65 99 17 66
Afdeling for Frugt og Bær, Kirstinebjergvej 12, 5792 Årslev	65 99 17 66
Afdeling for Planteskoleplanter, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	65 99 17 66
Laboratoriet for Forædling og Formering, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	65 99 17 66
Laboratoriet for Gartneriteknik, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev	65 99 17 66
Laboratoriet for Levnedsmiddelforskning, Kirstinebjergvej 12, 5792 Årslev	65 99 17 66

Planteværnscentret

Centerledelse, Fagligt Sekretariat, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	45 87 25 10
Afdeling for Plantepatologi, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	45 87 25 10
Afdeling for Jordbrugszoologi, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	45 87 25 10
Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	53 58 63 00
Afdeling for Pesticidanalyser og Økotoksikologi, Flakkebjerg, 4200 Slagelse	53 58 63 00
Bioteknologigruppen, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby	45 87 25 10

Centrallaboratoriet

Centrallaboratoriet, Forskningscenter Foulum, Postbox 22, 8830 Tjele	86 65 25 00
--	-------------