

TEMA 3

TORSDAG-FREDAG 11--12 NOVEMBER 1993

Juha Palonen
Work Efficiency Institute
P.O. Box 13
FIN-05201 RAJAMÄKI
FINLAND

tel: Int. + 358 0 2904 1270

fax: Int. + 358 0 2904 1279

Labour, machinery and energy data bases in plant production*

Abstract

An international working group was formed to study the usage and costs of labour, machinery and energy (fuel) in plant production. Each of the seven countries included provided the list of commonly used field operations with above mentioned information and same type of list of the field operations used to grow certain plants. The production technologies of four plants were compared. Three individual field operations were also compared between countries. The different work study and calculation methods used in each country brought up the need for a standard in this area. The use of Dutch computer program was tested in order to improve the comparability of labour usage data between countries, but this did not give any better results.

Keywords: labour usage, energy usage, plant production

1 Introduction

This paper is based on the work of an international FAO working group "Labour, Machinery and Energy Data Bases in Plant Production", which operated 1989 - 1992. The leader and the secretary of the working group were from the Work Efficiency Institute, where the data was compiled and all the analysis and comparisons made. The results of the study are published in English in FAO's as well as in Work Efficiency Institute's publication series (REUR Technical Series 27 and Work Efficiency Institute's publication 330).

2 Procedure

The working group was formed of the representatives of seven European countries to carry out this study. The countries involved were Czechoslovakia, Denmark, Finland, Germany, Hungary, the Netherlands and Sweden. In the first meeting the working group decided the contents and form of the data to be collected. The representatives were responsible for data collection in their countries.

The data consists mostly of tables. There are also written descriptions of plant production technologies and work study methods. These describe how different plants are cultivated (work phases, machinery etc.) and how the results are measured and calculated in each country. There are two kind of tables from each country: first a list of field operations commonly used in the country and secondly eight separate tables listing the field operations used to grow certain plants (Table 1). Each country provided the data of eight plants. Four of them were the same in all countries and the four other were typical for each country. The four common plants were spring barley, winter wheat, potato for human consumption and sugarbeets. Their production technologies were compared by following parameters: labour usage, labour cost, fuel consumption, fuel cost, machine cost and total cost. The parameters were analysed country by country and also by work phases.

The data from each country is presented in the original form as it was sent by the representatives. The modification of labour usage data with Dutch IMAG56 computer program was tested in order to improve the comparability of data, but the results of this testing did not give any benefit. This makes the comparison of data between countries somewhat difficult because each country uses different work study and calculation methods.

All the production costs in this study are originally given in the local currency of each country, and they have later been changed to ECUs to make the comparisons possible. The exchange rates are the ones each country has provided with the data, so they are based on the situation in 1991.

* This paper is previously published in the Proceedings of the XXV CIOSTA-CIGR V Congress, Wageningen, The Netherlands 1993, p. 227-233.

The machine costs in each country are calculated somewhat differently and also the initial values (yearly usage, interest, depreciation etc.) of these calculations vary much. The variation in these results is so big that one should be careful when drawing the conclusions from the tables.

Table 1. Production table of spring barley in Germany.

| Field operations | Tractor | | Implement type | Fre- quency | Cap. h/ha | Lab. h/ha | Fuel l/ha | Oper. cost DM/ha | | |
|---|---------|----|----------------|-------------|-----------|-----------|-----------|------------------|------|-------------|
| | type | kW | | | | | | Lab. | Fuel | Total |
| Deep ploughing revers. | 4WD | 67 | 3 furrow | 1 | 2,1 | 2,1 | 25,5 | 43,1 | 17,9 | 145,1 |
| Cultivation, spring tines | 4WD | 55 | danish | 1 | 0,6 | 0,6 | 5,9 | 12,3 | 4,1 | 33,6 |
| Harrow., seedbed comb. | 4WD | 55 | harr.+crum. | 2 | 0,6 | 0,6 | 3,9 | 12,3 | 2,7 | 39,9 |
| Cereal seeding, bagged | 2WD | 44 | | 1 | 0,9 | 0,9 | 3,3 | 18,5 | 2,3 | 48,6 |
| Fertilizing, broadcaster | 2WD | 55 | 10 dt,bulk | 1 | 0,3 | 0,3 | 1,4 | 6,2 | 1,0 | 14,2 |
| Fertilizing, exact spreader | 2WD | 55 | 10 dt,bulk | 3 | 0,4 | 0,4 | 1,8 | 8,2 | 1,3 | 23,8 |
| Spraying (weeds, fungi) | 2WD | 55 | 1000 l | 6 | 1,2 | 1,2 | 5,5 | 24,6 | 3,8 | 66,5 |
| Combining, SP-Combine | - | 75 | | 1 | 1,5 | 1,5 | 16,0 | 30,8 | 11,2 | 231,1 |
| Grain transport, 4 km dist. | 2WD | 44 | | 1 | 1,0 | 1,0 | 3,7 | 20,5 | 3,9 | 41,5 |
| Straw bal, HD bales, chute | 4WD | 55 | inc.transp. | 1 | 1,7 | 4,2 | 11,1 | 86,1 | 7,7 | 205,6 |
| HD bales unloading | | | | 1 | 0,0 | 2,5 | 0,0 | 51,3 | 0,0 | 64,9 |
| Stubble chiseling | 4WD | 67 | | 2 | 0,8 | 0,8 | 9,7 | 16,4 | 6,8 | 59,9 |
| Rotary spade harrow | 2WD | 44 | | 2 | 0,5 | 0,5 | 2,7 | 10,3 | 1,9 | 41,6 |
| Grain drying | | | | | | | | | | 75,0 |
| Total for spring grain per ha | | | | | 11,6 | 16,6 | 90,4 | 340,3 | 64,6 | 1091,4 |
| Total for spring grain per t (yield 5 t/ha) | | | | | 2,32 | 3,32 | 18,1 | 68,1 | 12,9 | 218,3 |

3 Results

Because there are lot of results and the space in this paper is limited, only part of results are presented. If reader is interested in the other results he/she should refer to the original publications mentioned in the introduction.

3.1 Comparison of plant production technologies

Spring barley comparisons are presented in this paper. The other plants that were compared in the study were winter wheat, sugarbeets and potato for human consumption. The comparison parameters presented are labour usage (h/ha), fuel consumption (l/ha) and total operating costs (ECU/ha). The data of each plant and each parameter is grouped into tables according to work phases.

Because the work study measurements and calculations are done somewhat differently in each country there is some deviation in the results. Because of this one must be careful when drawing conclusions from the results.

3.1.1 Spring barley

The highest labour usage figures per ha are in Germany (16.6 h/ha) and in Finland (15.4 h/ha). The average of all countries is 10.7 h/ha and the lowest figures are in Hungary (5.3 h/ha) and Czechoslovakia (7.6 h/ha). One reason for the big labour usage in Germany is that harvesting takes a lot of time because straw transporting is included into these figures. The high labour usage in Finland can partly be explained by many hours used in straw storing and grain drying (Table 2, Figure 1).

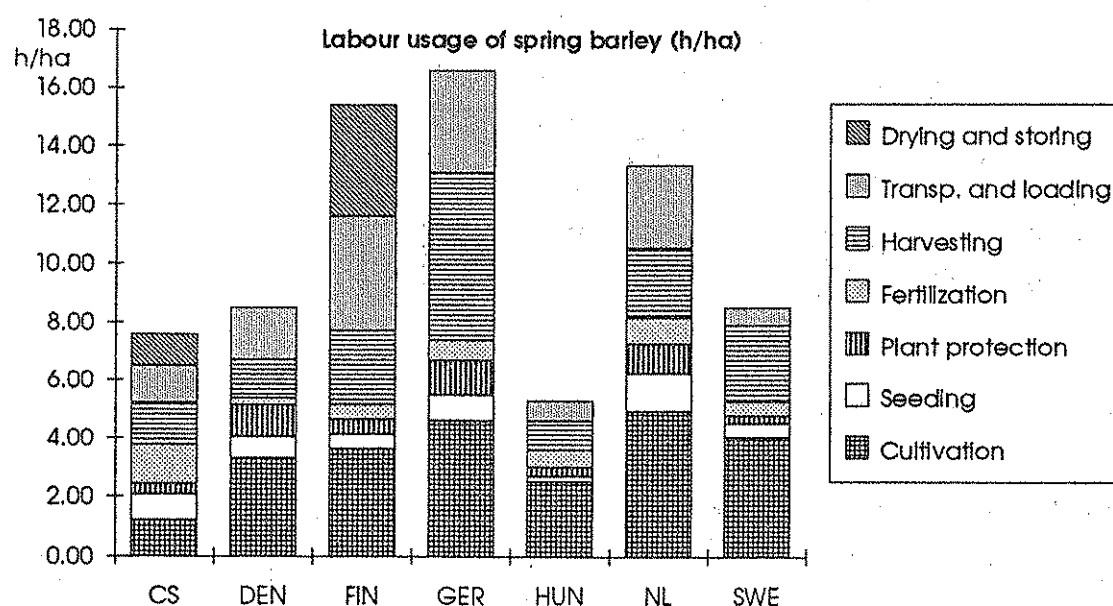
The highest labour usage figures per ton of grain are in Finland (5.14 h/tn), mainly due to the low yield. The lowest labour usage figures per ton of grain are in Hungary (1.18 h/tn) and Czechoslovakia (1.59 h/tn).

The fuel consumption per ha is highest in Finland (125 l/ha). This is clearly because of warm air grain drying uses a lot of fuel (55.5 l/ha). The average fuel consumption is 94.9 l/ha and the lowest is in Czechoslovakia (73.2 l/ha) (Table 3, Figure 2).

Table 2. Labour usage of spring barley (h/ha).

| | CS | DEN | FIN | GER | HUN | NL | SWE | AVER |
|---------------------|------|------|-------|-------|------|-------|------|-------|
| Cultivation | 1.22 | 3.3 | 3.63 | 4.60 | 2.50 | 4.94 | 4.02 | 3.44 |
| Seeding* | 0.86 | 0.76 | 0.50 | 0.90 | 0.20 | 1.30 | 0.50 | 0.72 |
| Plant protection | 0.34 | 1.08 | 0.53 | 1.20 | 0.30 | 1.04 | 0.25 | 0.68 |
| Fertilization* | 1.34 | 0.25 | 0.50 | 0.70 | 0.60 | 0.91 | 0.50 | 0.69 |
| Harvesting | 1.45 | 1.32 | 2.57 | 5.70 | 1.00 | 2.38 | 2.65 | 2.44 |
| Transp. and loading | 1.29 | 1.79 | 3.90 | 3.50 | 0.70 | 2.79 | 0.60 | 2.08 |
| Drying and storing | 1.11 | | 3.78 | | | | | 2.45 |
| Total: per ha | 7.61 | 8.5 | 15.41 | 16.60 | 5.30 | 13.36 | 8.52 | 10.74 |
| per tn of grain | 1.59 | 1.67 | 5.14 | 3.32 | 1.18 | 2.43 | 1.70 | 2.43 |
| Yield. tn/ha | 4.8 | 5.0 | 3.0 | 5.0 | 4.5 | 5.5 | 5.0 | 4.7 |
| Straw yield. tn/ha | 3.8 | | 2.5 | | | 4.0 | | 3.4 |
| Transportation. m | 6000 | 500 | 500 | 4000 | 5000 | 500 | 1000 | 2500 |

* In Finland fertilization and seeding are done at same time with combine seeder.
Total labour usage in this work is divided equally to both phases of work.

*Figure 1. Labour usage of spring barley (h/ha).*

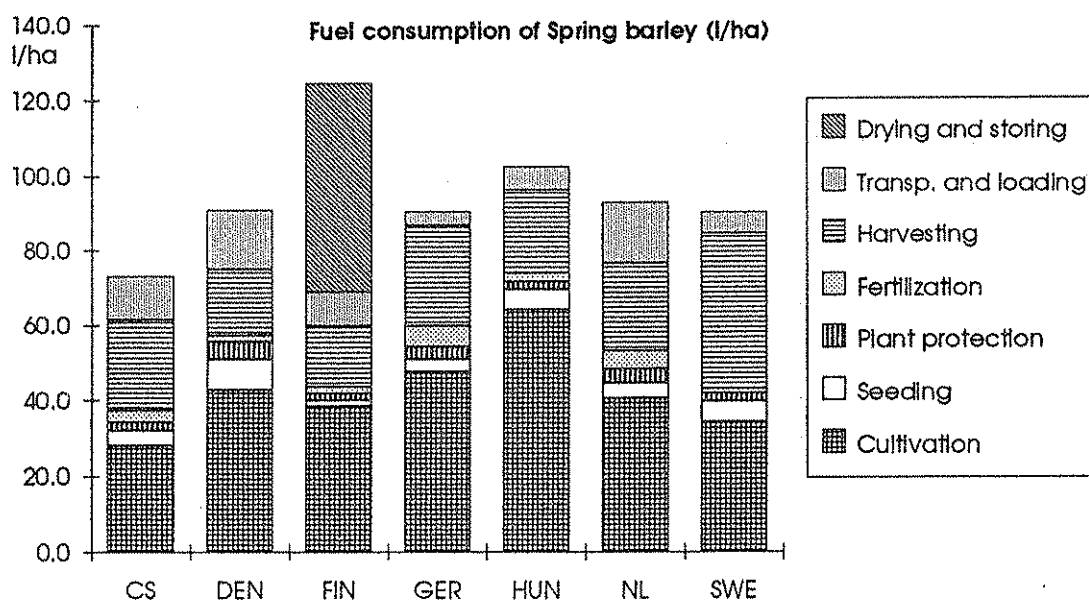
The highest total costs are in the Netherlands (663 ECU/ha) and in Denmark (608 ECU/ha). The lowest total costs are in Hungary (40 ECU/ha) and in Czechoslovakia (135 ECU/ha) (Table 4). The average total costs are 419 ECU/ha. Cultivation and harvesting together cause two thirds of total costs.

When calculated per ton of grain the total costs of spring barley production are highest in Finland (148 ECU/tn) and lowest in Hungary (9 ECU/tn). The average of all countries is 91 ECU/tn.

Machine costs cause at least two thirds of total costs in all the countries except in Hungary (average 69 % without Hungary). Because the machine costs in Hungary are calculated differently, their results are not comparable. Labour costs make about one fourth of total costs (average 24 %) and fuel costs have only fairly small part (average 14 %).

Table 3. Fuel consumption of spring barley (l/ha).

| | CS | DEN | FIN | GER | HUN | NL | SWE | AVER | % |
|---------------------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|----|
| Cultivation | 28.0 | 42.8 | 38.3 | 47.7 | 64.2 | 40.6 | 34.1 | 42.2 | 45 |
| Seeding | 4.0 | 8.3 | 1.8 | 3.3 | 5.4 | 4.2 | 5.6 | 4.7 | 5 |
| Plant protection | 2.2 | 4.5 | 1.8 | 3.2 | 2.0 | 3.8 | 2.1 | 2.8 | 3 |
| Fertilization | 3.1 | 1.7 | 1.8 | 5.5 | 2.4 | 4.8 | 1.4 | 2.9 | 3 |
| Harvesting | 24.2 | 17.7 | 16.0 | 27.0 | 22.3 | 23.2 | 41.2 | 24.5 | 27 |
| Transp. and loading | 11.7 | 15.9 | 9.3 | 3.7 | 6.1 | 16.5 | 5.8 | 9.9 | 11 |
| Drying and storing | | | 55.5 | | | | | 7.9 | 6 |
| Total: per ha | 73.2 | 90.9 | 124.5 | 90.4 | 102.4 | 92.9 | 90.2 | 94.9 | |
| per tn of grain | 15.2 | 18.2 | 41.5 | 18.1 | 22.8 | 16.9 | 18.0 | 21.5 | |

**Figure 2.** Fuel consumption of spring barley (l/ha).**Table 4.** Total operating cost of Spring barley (ECU/ha) by operations.

| | CS % | DEN % | FIN % | GER % | HUN % | NL % | SWE % | AV % |
|------------------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| Cultivation | 22 16 | 156 27 | 91 21 | 156 29 | 20 50 | 179 27 | 196 38 | 117 30 |
| Seeding | 9 7 | 78 12 | 16 4 | 24 4 | 3 4 | 30 5 | 27 5 | 27 6 |
| Plant protection | 19 14 | 33 6 | 15 3 | 32 6 | 1 3 | 24 4 | 12 2 | 20 5 |
| Fertilization | 15 11 | 10 2 | 16 4 | 19 3 | 2 6 | 26 4 | 26 5 | 16 5 |
| Harvesting | 35 26 | 267 42 | 169 38 | 213 40 | 7 18 | 273 41 | 228 45 | 170 36 |
| Transp. & load. | 11 8 | 64 11 | 51 12 | 52 10 | 7 18 | 66 10 | 21 4 | 39 10 |
| Drying and stor. | 24 18 | | 86 19 | 37 7 | | 65 10 | | 35 9 |
| Total: per ha | 135 | 608 | 444 | 533 | 40 | 663 | 510 | 419 |
| per tn of grain | 28 | 122 | 148 | 107 | 9 | 120 | 102 | 91 |

3.2 Comparison of selected field operations

Only combine harvesting comparisons are presented in this paper. The other compared field operations in the study were ploughing and sugarbeet harvesting.

3.2.1 Combine harvesting

Labour usages are high in Sweden (1.65 h/ha), Germany (1.5 h/ha) and Finland (1.45 h/ha). The lowest labour usages are in Czechoslovakia (0.62 h/ha) and in Denmark (0.70 h/ha). The highest fuel

consumption is in Sweden (32.4 l/ha) and the lowest in Finland (13.1 l/ha). The total operating cost is highest in the Netherlands (241 ECU/ha) (Table 5).

Table 5. Combine harvesting in different countries.

| | CS | DEN | FIN | GER | HUN | NL | SWE | AVER |
|---------------------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|
| W. width, m | | 4.3 | 3.0 | 3.3 | 6.4 | 5.6 | 3.6 | 4.4 |
| kW | 160 | | 60 | 75 | 160 | 120 | | 115 |
| Labour, h/ha | 0.62 | 0.70 | 1.45 | 1.50 | 1.00 | 1.09 | 1.65 | 1.14 |
| Labour cost, ECU/ha | 1.0 | 6.2 | 11.5 | 15.0 | 2.0 | 13.2 | 24.3 | 10 |
| Fuel, l/ha | 15.0 | 13.3 | 13.1 | 16.0 | 22.3 | 19.3 | 32.4 | 18.8 |
| Fuel cost, ECU/ha | 6.9 | 4.0 | 3.4 | 5.4 | 4.5 | 5.8 | 11.0 | 6 |
| Machine cost ECU/ha | 10.2 | 204.0 | 103.9 | 92.1 | 1 | 222.0 | 128.0 | 109 |
| Machine cost ECU/h | 16.5 | 291.4 | 71.7 | 61.4 | 1 | 203.7 | 77.6 | 103 |
| Tot. cost, ECU/ha | 18 | 214 | 119 | 113 | 7 | 241 | 163 | 125 |

3.3 The experiences of using Dutch computer program to improve the comparability of data

Because of the great variation in data between countries it was decided to test a method where all the labour usage results would be recalculated in order to improve the comparability of data. This calculation was done with Dutch computer program, IMAG56, which is used to calculate the work study results in the Netherlands. The test was carried out by calculating the spring barley labour usage results of all countries and by comparing these modified results with the originals. The result of this test was that IMAG56-program should not be used to recalculate the labour usage results. The main reason for this was the still existing big variation of results even in simple tasks.

The evident advantage of this method was that the results could be better compared, since the differences between calculation methods in each country do not affect. The basic difficulty in using the program was that because implements and their names are somewhat different in each country, it was sometimes difficult to know what implement in the program is corresponding to the given in original data.

The calculation of cultivation, seeding, plant protection, fertilisation and harvesting was clear as far as field work itself was concerned. But calculating the loading and transportation work connected to these tasks was more difficult. Calculating of round bale loading was not possible. It was also difficult to handle the field operations with more than one worker, because it was not clear how to share the work between workers and how the program shares it. Drying and storing work was not included in the program. This is a problem because at least in Finland they are an essential part of grain handling.

In IMAG56 the preparation time for each work is calculated for one field, but for example in Finland it is calculated for 8 hours and in Germany for 4 hours. So if the fields are small this will create differences.

4 Conclusion

Comparison of labour usage in field work between countries is difficult due to different work study and calculation methods used in each country. Before exact comparisons in this area can be made, a common standard for work studies and calculations is needed. It is suggested that scientists in the field of work study in agriculture should agree internationally on the methods to calculate the labour consumption as well as machinery costs.

Because of the different work study and calculation methods used in each country and also because of the possibly subsidised prices of machines and fuel all the comparisons must be taken with great caution. Another factor is that the figures presented from each country are only examples of a typical way of doing certain field work. There is wide variation in methods within each country.

When comparing the different countries the benefits of large scale production and good growing conditions become evident in Hungary, where the amount of inputs included in this study per ton of product is low. In Finland where the short growing season limits the yield and the farms are small the amount of inputs per ton of product is high. On the other hand, there is so much variation in all the results that one cannot conclude that the big farm is always the most efficient way of production.

Arto Laine M.Sc (Agr.)
TTS-institut, P.O. Box 13, Fin-05201 Rajamäki, Finland
tel: (+358) 0 29041267, fax: (+358) 0 29041279

THE AVAILABLE TIME FOR FIELD CULTIVATION JOBS IN FINLAND

Abstract

Labour and machine costs constitute a significant part of the costs of plant production in Finland. The high machine costs on Finnish farms are mainly due to the short growing season and weather-related risks plus the small average farm size. The annual capacity (e.g. ha/year) of machines is significantly influenced by the time available for the various jobs.

The factors affecting the time available for field works are basically the same in different jobs. The bearable quantity and quality loss of the yield because of timeliness must be defined to get the limits for suitable working period. The weather conditions play very important role when we define the time suitable for working during this period. The other factors affecting are the material we are handling (hay, silage, grain, soil etc.) and the technology we are using.

In the production of cereal crops and hay, the problematic works with respect to rating of machine capacity are the springtime seeding work and harvesting work. The rain and evaporation conditions and the way these influence soil moisture and plant moisture are the foremost factors influencing the amount of time available for carrying out these jobs. On the daily level, the number of daylight hours and dew formation also bear on the time available.

In this paper the real weather data is used to illustrate by way of an example of how weather statistics can be made use of. This data forms the basis for the rough examination of the time available for harvesting and the influence of timeliness.

1. Introduction

The purpose of the study, in which this paper is based, was to clear up the possibilities for reducing production costs for cereal crops and forage especially on the part of technology costs. In this connection, the study looks into the maximum annual capacities of machinery and at the possibilities for raising the current degree of utilisation. In this paper there is mainly handled field works connected in production of forage and cereal crops for feed. The study has started in year 1993, so this paper is also some kind of work plan for studywork in future.

Labour and machine costs constitute a significant part of the costs of plant production in Finland. Depending on the production line in question, this is generally clearly over half of the overall production costs. The high machine costs on Finnish farms are mainly due to the short growing season and weather-related risks plus the small average farm size.

The capacities of field cultivation machinery and machine chains (e.g. ha/h) depends on the quantity and quality of the technology used, the operating conditions and the user's skilfulness. The annual capacity (e.g. ha/year) of machines is, however, significantly influenced by the time available for the various jobs.

2. The factors affecting the time available for field works

The factors affecting the time available for field works are basically the same in different jobs. The bearable quantity and quality loss of the yield because of timeliness must be defined to get the limits for suitable working period. This is pretty rough way to handle timeliness factor, but it is one way to get concrete values for the time available for work. The weather conditions play very important role when we define the time suitable for working during this period. The other factors affecting are the material we are handling (hay, silage, grain, soil etc.) and the technology we are using.

Timeliness cost is the financial loss which is incurred through inadequate scheduling of machinery operations, causing a reduction in a crop yield or quality. The most important charges caused by timeliness are crop losses through untimely establishment and untimely harvesting.

The timeliness costs for harvesting the cash crops are easy to assess from the loss in price of saleable crops. Forage crops, however, are not sold and their loss in feeding value must be translated into costs of livestock output forgone which is more subjective because it involves ration formulation and feed conversation ratios to determine the financial implications. The valuation of the losses depends on the saleable livestock product and also the whole feeding system so that the loss must be valued by the value of the supplement feeding material.

Climat as a whole and the weather conditions are the two major factors, which determine the amount of time available throughout the year for field operations. The wide variation in the time available from year to year creates a major management problem in correctly sizing the machinery complement. The correct sizing of machinecapacity requires not only historical data on the duration and frequency of recurrence of workday periods which satisfy the operational criteria but also probabilities for forward planning with weather uncertainty.

The rain and evaporation conditions and the way these influence soil moisture and plant moisture are the foremost factors influencing the amount of time available for carrying out specific field cultivation jobs. They play important roles especially when

defining the time available for the spring's seeding work and the harvesting of hay and cereal crops. On the daily level, the number of daylight hours and dew formation also bear on the time available.

One way to clear up how the weather factors affects to the time available for work is to make models for defining the drying of different soils, hay and different cereal crops. Following this, and using previous years' weather statistics and their rainfall and evaporation figures, one can examine the probability of time available for the various jobs in different parts of the country.

3. The time available for field works in Finland

The climate in Finland is typified by a relatively dry spring and wet autumn. In addition, there is the phenomenon of rapid shortening of in the number of daylight hours as the summer turns into autumn.

In the production of cereal crops and hay, the problematic works with respect to rating of machine capacity are the springtime seeding work and harvesting work. Works related to basic tilling, fertilisation of hay fields and plant protection are not problem areas in terms of capacity sufficiency on the typical Finnish farm. The period available for basic tilling is usually fairly long as far as the weather conditions are concerned. The capacity available for plant protection spraying and surface fertilisation of hay fields is high, which means that these jobs can be done even if the time available is short. Nevertheless, when operating as a contractwork these jobs, too, may need closer appraisal as to their annual capacities.

The dry spring in Finland provides a good basis for spring tilling and seeding jobs. On the other hand, the quick drying of the soil means that these jobs have to be precisely timed. The time to start seeding depends on the de-freezing and the drying of the soil to allow tilling. The time available for the job depends mainly on soil texture, the moisture state of the field, and the spring's rain and evaporation conditions.

Weather and climate have a significant influence on the harvesting of cereal crops. Ripening, flattening by rain, moisture content and the soil trafficability are all greatly dependant on weather. Harvesting is often delayed and crops cannot always be harvested at the most appropriate time. In extreme cases crops cannot be harvested at all. The moisture content of grain and straw has a significant influence on the threshability of the crop. In practice, the moistness that hinders threshing is caused by dew and rain. On the other hand, efficient drying does require wind and a low relative humidity of the air.

The harvesting season for cereal crops begins in early August and lasts to the end of September. It is often rainy and because of the short day the daily harvesting time is relatively short. The harvesting season for cereal crops begins approx. one week after the first cereal crop species has reached yellow ripeness. The harvesting season ends

roughly two weeks after the last cereal crop has reached yellow ripeness. The time available for harvesting cereal crops between the begin date and the end date depends mainly on the harvesting season's weather conditions and the moisture level of the crops.

The harvesting of silage begins as soon as the crop has reached a specific fibre or protein level. The recommended harvesting season, on the other hand, ends once the fibre content rises to an excessive level. During the harvesting season, the suitable times depend on the harvesting method used and the moisture level of the crop. The conditions for the first silage harvest in mid-June are much favourable than the conditions for the second harvest at the end of July and in early August.

4. An example about statistical processing of weather data:

The time available for combine harvesting in Finland

The experiment with real weather data was made with the daily rainfall recordings made at one weather station (at Jokioinen, southern Finland) for the period of seventeen years (1968-1984). The rainfall recordings were made every day at 09.00 and 21.00 hours Finnish time. The weather data for this study had been acquired from the Finnish Bureau of Meteorology.

The time defined as being weatherwise appropriate for using a combine harvester may be referred to as being the "time technically suitable for harvesting". This is largely a matter of how it is defined. In addition to being influenced by the state of the crop and the field, it is also influenced by the use of the cereal crop and the level of acceptable harvest loss. In fact, the time appropriate for combine harvesting has been defined in numerous ways in literature.

In the following calculation the calendar time suitable for combine harvesting was defined as the period 8.8.-30.9.. Daily rainfall values were applied in defining days suitable for combine harvesting during each year. A harvesting day was defined as a day which according to a recording made at 21.00 hours had been rain-free (less than 0.1 mm of rain). The other condition for a threshing day was that the combined rainfall for the previous night and the previous day was less than 1.5 mm.

In Finland the time available daily for combine harvesting is significantly influenced by the amount of dew in the morning and in the evening. However, there are no systematic data on dew and so in this study the length of a threshing day was defined with one previous study (SAVELA 1984) as the basis. In it the length of the threshing day was defined on the basis of changes in the relative humidity of the air.

The daily number of hours suitable for combining clearly ecreased as the harvesting season progressed from the beginning of August to the end of September. According to the results of SAVELA's study, the average length of the harvesting day in the begin-

ning of August was approx. nine hours and at the end of September approx. six hours. The average length applied in the present example for the entire study period was eight hours.

Table 1. Days and hours suitable for combine harvesting calculated with weather data as the basis for the period 8.8.-30.9. in southern Finland during the years 1968-1984.

| year | -68 | -69 | -70 | -71 | -72 | -73 | -74 | -75 | -76 | -77 | -78 | -79 | -80 | -81 | -82 | -83 | -84 |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| days | 26 | 26 | 29 | 28 | 28 | 19 | 21 | 24 | 41 | 31 | 23 | 22 | 28 | 27 | 18 | 26 | 22 |
| hours | 208 | 208 | 232 | 224 | 224 | 152 | 168 | 192 | 328 | 248 | 184 | 176 | 224 | 216 | 144 | 208 | 176 |

number of observations

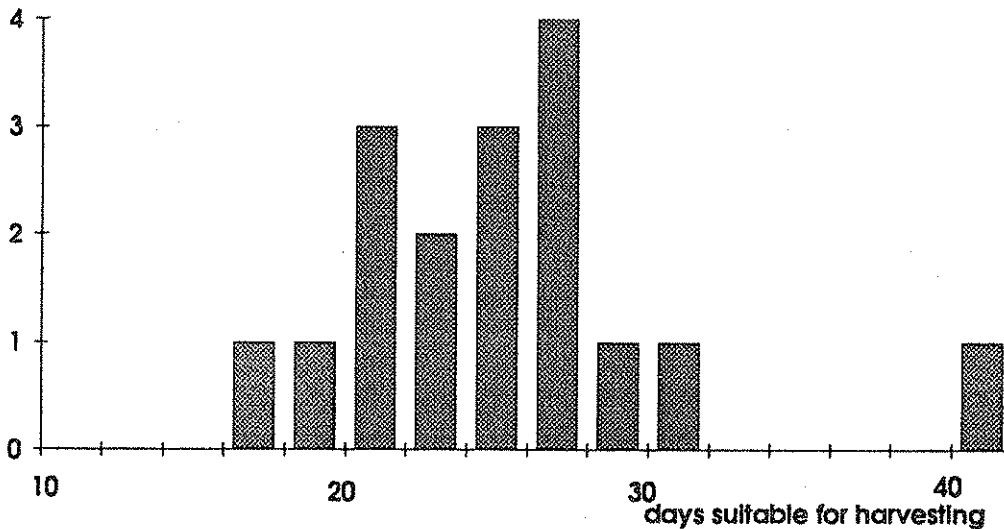


Figure 1. Distribution of data

Table 1 and fig. 1 shows the annual results with regard to overall times suitable for harvesting during the years 1968-1984. The average time suitable for harvesting obtained for the material is 25,8 days (206 hours) with a standard deviation of 5,33 (43).

Despite the small amount of study material (only seventeen years), it was assumed that it is normally distributed (Figs. 2 and 3). Under this assumption it was possible to examine the probability of the time available for combine harvesting and the average annual risk involved. Table 2 shows the probability values for times suitable for harvesting calculated on the basis of the material; e.g. the number of hours suitable for harvesting is at least 152 hours in nine years out of ten.

Table 2. The probability of occurrence of days and hours suitable for combine harvesting with weather data as the basis.

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------|-----|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| P(days available) | 0,99 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,01 |
| days available | 13,4 | 19 | 21,3 | 23 | 24,5 | 25,8 | 27,1 | 28,6 | 30,3 | 32,6 | 38,2 |
| hours available | 107 | 152 | 170 | 184 | 196 | 206 | 217 | 229 | 242 | 261 | 306 |

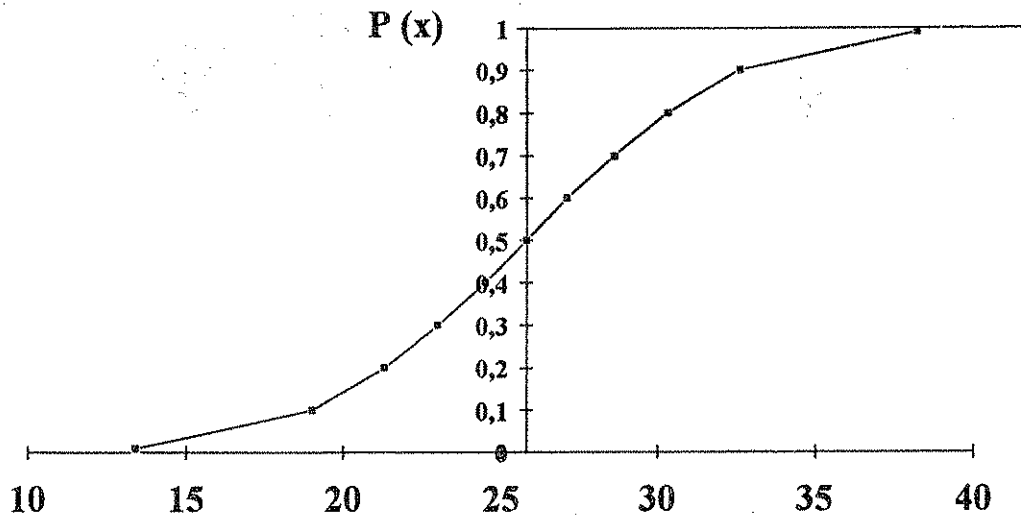


Figure 2. Cumulative distribution funktion of the weather data

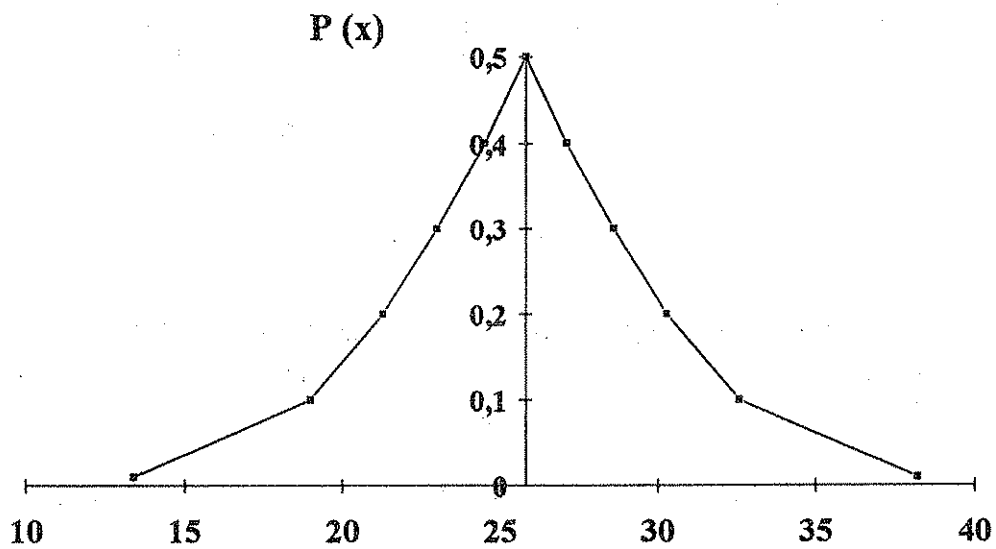


Figure 3. Probability distribution funktion of the weather data (normally distributed)

Example calculations about "losses" caused by timeliness with different capacity ratings:

Example 1. Combine harvesting capacity has been dimensioned by the best year (38,2 days, 306 hours). This means that there is 99 % probability that part of the yield can't be harvested.

The average "loss": $0,99 \times 5,33 \times 2,33 = 12,3$ days (98 hours)

Example 2. Combine harvesting capacity has been dimensioned so that every other year there is time enough to harvest all the yield (25,8 days, 206 hours).

The average "loss": $0,5 \times 5,33 \times 0,67 = 1,8$ days (14 hours)

Example 3. Combine harvesting capacity has been dimensioned so that in seven years from ten (70 % probability) there is time enough to harvest all the yield (23 days, 184 hours)

The average "loss": $0,3 \times (5,33 \times (1,04 - 0,52)) = 0,83$ days (6,6 hours)

Example 4. Combine harvesting capacity has been dimensioned so that in nine years from ten (90 % probability) there is time enough to harvest all the yield (19 days, 152 hours).

The average "loss": $0,1 \times (5,33 \times (1,65 - 1,28)) = 0,20$ days (1,6 hours)

Example 5. Combine harvesting capacity has been dimensioned by the worst year (13,4 days, 107 hours). There is 99 % probability that harvesting capacity will be enough and there is no losses.

5. Conclusions

The annual degree of utilisation of agricultural machinery remains typically at a very low level. It is common for only specific machines (e.g. tractors and transportation equipment) to be used alongside other jobs. Given the increasing pressure in the future to cut costs, we may have to reassess the matter of expanding the area of utilisation of agricultural machinery in order to raise the figure for annual operating hours.

Typical examples of machines suitable for dealing with different materials are hay harvesting machines, which can also be used in the production of straw and even hay for the cellulose industry. Roll balers can be used in the processing of several other materials (wilting grass silage, hay, straw, cellulose hay). A double-chop forage harvester is also suited for harvesting green silage and pre-dried silage. A loader wagon is

suited for harvesting both wilting grass for silage and hay. A mower conditioner is suited for mowing wilting grass for silage, hay, set-aside fields.

When determining the time available for various agricultural jobs it is a matter of significance to examine the influence that weather factors have on the soil and the crop in question. Once this response can be satisfactorily defined, it will be possible to make use of weather statistics in assessing the probability values and yield losses caused by timeliness with respect to the time available for various jobs and for different capacity ratings.

Shortcomings of the calculation method used in determining the time available for combine harvesting are that it does not take into account the quality losses resulting from work done too late nor the quantity losses involved within the harvesting time appropriate for the job. This is why the limits for suitable time must be precisely defined. The assumption made in applying the calculation method is that the quality and quantity losses sustained within the defined limits are relatively small when compared to the costs of machine capacity.

REFERENCES

SAVELA, P. 1984. Kannattaako puida valikoiden. Työtehoseuran maataloustiedotus 310.

WITNEY, B. 1988. Choosing and using farm machines.

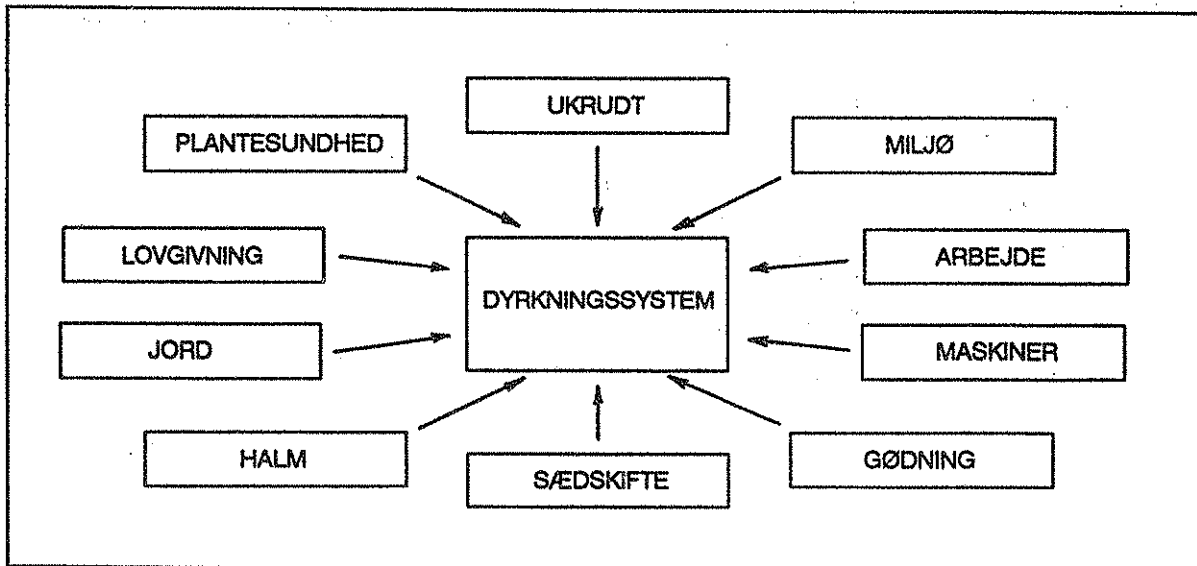
Cand.agro Claus Grøn Sørensen
Statens Jordbrugstekniske Forsøg (SjF)
Bygholm, 8700 Horsens, Danmark

DYRKNINGSSYSTEMETS TILPASNING TIL NYE LOVGIVNINGSKRAV

INDLEDNING

Igennem det seneste årti har miljøet fået større og større opmærksomhed fra befolkningens og politikernes side. Resultatet har været vedtagelsen af en række love til beskyttelse og forbedring af specielt jordbrugets miljøforhold. Således skal mindst 65% af den enkelte bedrifts areal fra og med 1990 være udlagt med grøn mark i efterårsperioden for at mindske udvaskningen af kvælstof (en mark anses for grøn, hvis den er bevokset med afgrøder med lang vækstsæson, såsom overvintrende afgrøder, roer, majs, kartofler, græs m.m., eller hvis der i begrænset omfang nedmuldes halm). Desuden er der indført forbud mod afbrænding af halm på markerne. Endelig er der sat grænser for opbevaringskapacitet af husdyrgødning (9 mdr.) samt harmonikrav mellem husdyrbesætningens størrelse og arealtilliggende. Supplerende er der stillet krav om, at jordbruget reducerer pesticidforbruget (50% inden 1997) samt handelsgødningsforbruget.

Landbrugets tilpasning til ovennævnte krav omfatter forhold som sædskiftets sammensætning, ukrudts- og sygdomsbekæmpelse, muligheder for halmnedmuldning og udbringning af husdyrgødning, arbejds- og maskinindsats samt arbejdstilrettelæggelse. De grønne marker har således relationer til mange dele af landbrugets komplekse produktionssystem (jvf. figur 1), og der er derfor skabt behov for en nuanceret analyse samt efterfølgende beslutningsstøtte, når landmanden skal tilpasse sig disse krav.



Figur 1. Landbrugets dyrkningssystem.

Formålet med de gennemførte projekter har været at analysere de arbejdsmæssige og driftstekniske forhold i relation til spidsbelastninger som følge af etablering af grønne marker, analysere arbejdsmæssige, driftstekniske og energimæssige konsekvenser ved etablering af grønne marker samt arbejdsmæssige og driftstekniske problemer ved meka-

nisk ukrudtsbekæmpelse - specielt kvikbekæmpelse, når 65 procent af arealet skal være plantetækket i efteråret.

Projektet vedrørende spidsbelastninger er gennemført på basis af studielandbrug i praksis og relaterer sig således til, hvorledes lovkravene omkring grønne marker er implementeret i praksis. De to andre projekter er gennemført på basis af anlagte sædskifter på SJF's arealer, hvor maskinindsats, behandlingsmetoder og -frekvens m.m. er fastlagt ud fra projektets betingelser.

METODER

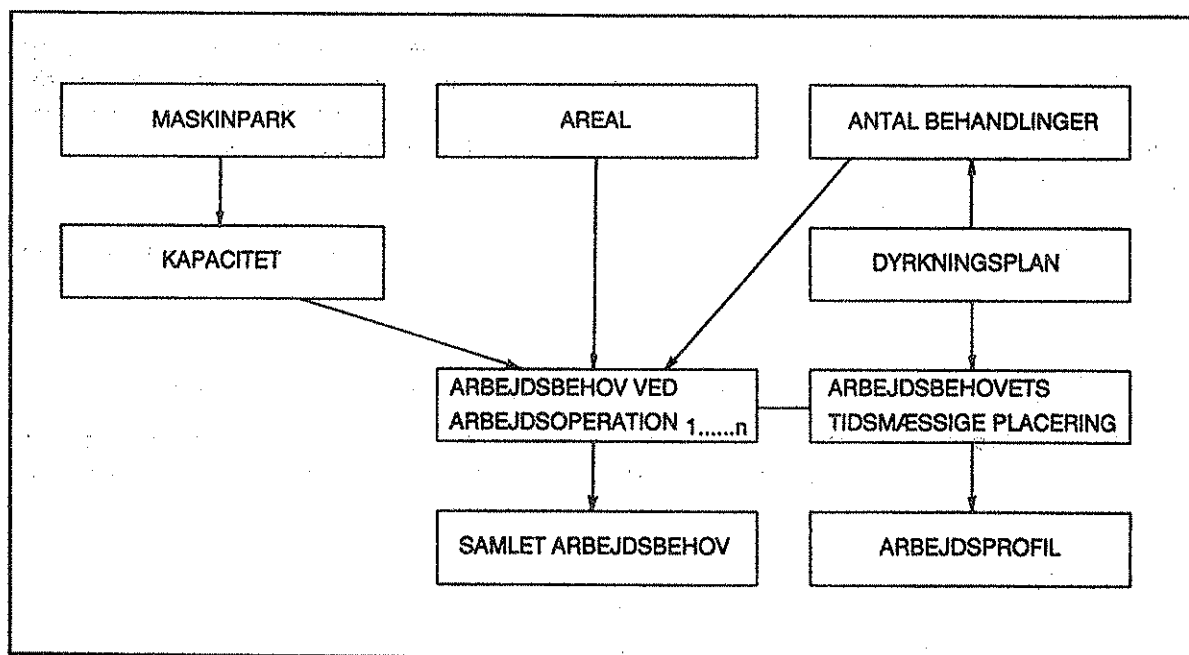
En landbrugsbedrift kan opfattes som et åbent system, hvorigennem der er en gensidig påvirkning mellem forskellige dele af systemet og forhold såvel uden for som inden for bedriften. Planteproduktionen og den tilhørende mekanisering betragtes i denne undersøgelse som afgrænsede delsystemer og benævnes dyrkningssystemet.

Dyrkningssystemet er karakteriseret gennem driftslederens valg af afgrødesammensætning (sædskifteplanlægning) og mekanisering. Et givet dyrkningssystem kan analyseres ved at belyse systemets reaktion over for variable som arbejdsbehov, maskinkapacitet, maskinomkostninger, energiforbrug, udbytte, gødningsforbrug, pesticidforbrug, N-udvaskning m.m., når udefra kommende forhold som f.eks. lovgivningskrav influerer på systemet.

Spidsbelastninger

For forskellige dyrkningssystemer eller strategier fra praksis, tilpasset kravet om 65 procent grønne marker, beregnes arbejdsbehovet, dels som det totale årlige arbejdsbehov, dels efter den tidsmæssige fordeling i året (arbejdsprofil). Datagrundlaget er eksisterende normtal og normtal, baseret på arbejdsstudier/kapacitetsmålinger, foretaget for udvalgte arbejdsoperationer i forbindelse med dette projekt.

Med baggrund i kriterier som harmoniske bedriftstyper, behovstilpasset maskinpark m.m. er udvalgt 30 studielandbrug, såvel rene planteavlsbedrifter som bedrifter med kvæg- eller svinehold. Fra disse er der indhentet oplysninger vedrørende afgrødesammensætning, markplan samt størrelse og type af maskinpark. Ovennævnte informationer er anvendt som grundlag for en analyse og kalkulation af arbejdsbehov og arbejdsprofil for en aktuel periode. Arbejdsbehovet er beregnet med baggrund i eksisterende normtal, tilpasset den anvendte teknik i den aktuelle beregningssituation. Forudsætningerne ved beregning af arbejdsbehov og opstilling af arbejdsprofil er faktorer som maskinstørrelse og -kapacitet, arealstørrelse, behandlingsfrekvens, dyrkningsplan m.m. (jvf. figur 2).



Figur 2. Model for beregning af arbejdsbehov og arbejdsprofil.

Det samlede datamateriale fra alle studielandbrug er bearbejdet statistisk for at forklare andelen med grønne marker, det årlige arbejdsbehov samt for at sammenligne det specifikke arbejdsbehov for henholdsvis vinter- og vårafgrøder.

Arbejdstekniske, driftstekniske og energimæssige konsekvenser ved etablering af grønne marker

Der er anlagt 2 sædskifter på SjF, Bygholm - 1 sædskifte med baggrund i mælkeproduktion og 1 sædskifte med baggrund i svineproduktion, se tabel 1. I sædskiftet med mælkeproduktion dyrkes ca. 50 procent med grovfoder og ca. 17 procent med vintersæd. I sædskiftet med svineproduktion er ca. 33 procent med industriafgrøder og ca. 33 procent med vintersæd.

I de tilfælde, hvor det er nødvendigt at etablere efterafgrøde (grøn afgrøde) for at overholde kravet om 67 procent grønne marker, sås efterafgrøden umiddelbart efter høst. Her anvendes en stubharve med påbygget såmaskine, så arbejdet med såning af efterafgrøde minimeres. Overskudshalmen snittes og nedmuldes, hvilket for svineproduktionssædskiftet omfatter 67 procent af halmen, og for mælkeproduktionssædskiftet 17 procent.

Tabel 1. Afgrødesammensætning i de to sædskifter.

| Mark nr. | Mælkeproduktion | Svineproduktion |
|----------|-----------------|-----------------|
| 1 | Foderroer | Vinterraps |
| 2 | Vårbyg | Vårbyg |
| 3 | Helsæd + udlæg | Byg + udlæg |
| 4 | Kløvergræs | Græsfrø |
| 5 | Vårbyg | Vårbyg |
| 6 | Vinterhvede | Vinterbyg |

Der tilføres gylle, svarende til 2,3 dyreenheder pr. ha. i mælkeproduktionssædskiftet og 1,7 dyreenheder pr. ha i svineproduktionssædskiftet. Alle marker undtagen græsfrø får gylle, derudover afbalanceres gødskningen ved tilførsel af handelsgødning. Den gennemsnitligt tilførte mængde gylle er ca. 48 tons/ha i mælkeproduktionssædskiftet og ca. 28 tons/ha i svineproduktionssædskiftet.

I planteplejen reduceres kemikalieforbruget så meget som muligt, og ukrudtsbekæmpelsen suppleres med mekanisk ukrudtsbekæmpelse.

Driftstekniske og arbejdsmæssige problemer ved mekanisk ukrudtsbekæmpelse.

Der er på SJF, Bygholm anlagt et sædskifte, der hovedsageligt omfatter salgsafgrøder, og hvor det primære formål er at bekæmpe ukrudtet, især kvikken, mekanisk i stedet for kemisk.

Sædskiftet er sammensat, som vist i tabel 2.

Tabel 2. Afgrødesammensætning.

| MARK NR. | AFGRØDE |
|----------|-------------|
| 1 | Vårraps |
| 2 | Vårbyg |
| 3 | Markært |
| 4 | Vinterhvede |
| 5 | Fabriksroer |

Hver mark behandles efter en plan, der går ud på helt at undgå kemisk kvikbekæmpelse og reducere kemisk frøukrudtsbekæmpelse til det mindst mulige. I stedet anvendes stubkultivering om efteråret i det omfang, grønne marker tillader dette. Der anvendes 3 forskellige typer stubharver, nemlig en let, en mellemsvær og en svær. Alle tre harver anvendes i hver mark i kombination med, at halmen snittes og nedmuldes eller fjernes. Pløjning foretages i det sene efterår eller i det tidlige forår.

Dataindsamling

Der er gennemført tidsstudier både manuelt og automatisk. Manuelle tidsstudier er meget arbejdskrævende, derfor er der på traktoren monteret elektrisk måleudstyr, der kan måle de væsentligste parametre, såsom nettotid, vendinger, bruttotid, kørehastighed, brændstofforbrug, hjulslip m.m. (Sørensen, 1991). Det automatiske udstyr kan ikke definere alle nødvendige parametre, men som et supplement til manuel tidsstudietagning er det særdeles velegnet, idet der kan indsamles store datamængder uden væsentlig arbejdsindsats. Ved dataopgørelsen er der desuden anvendt resultater fra bl.a. Nielsen, 1987.

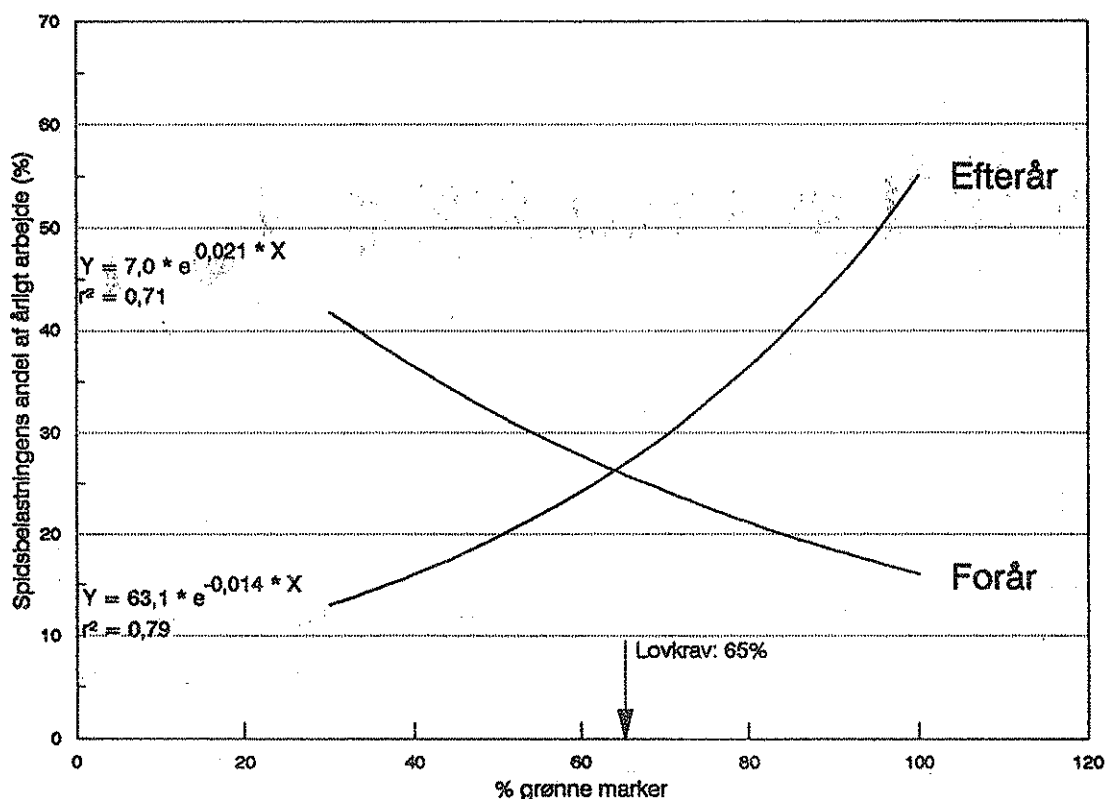
RESULTATER

I det følgende præsenteres og diskuteres hovedresultaterne fra de enkelte projekter samt de samlende modelberegninger for forskellige tilpasningsstrategier til kravet om grønne marker.

Spidsbelastninger

Resultaterne fra praksis viser, at tilpasningen til kravet om grønne marker for plante- og svinebedrifter for 94 procent vedkommende er sket gennem en udvidelse af andelen med vinterafgrøder. Fremkomsten af nye vinterhvede- og vinterbygsorter med større udbyttepotentiale samt nye højtydende, dobbeltlave vinterrapsorter har betydet et økonomisk grundlag for at udvide andelen med vinterafgrøder og dermed opfylde lovgivningens krav ad denne vej. Intentionen om brugen af deciderede efterafgrøder, dvs. dyrkede afgrøder med vækst om efteråret, der anvendes som mellemafgrøder, og som nedvisnes eller nedpløjes, er kun i yderst begrænset omfang benyttet i praksis.

De arbejdsmæssige konsekvenser ved en øget andel af vinterafgrøder i sædskiftet er, at en større andel af det årlige markarbejde flyttes fra foråret til efteråret, jvf. figur 3. Ved lovkravet på 65 procent grønne marker koncentrerer gennemsnitlig 25 procent af det årlige arbejde i perioden fra høst til og med såning af vinterafgrøder. Samtidig henlægges ligeledes ca. 25 procent af det årlige markarbejde til forårsperioden. I praksis har andelen med grønne marker ligget langt over kravet på 65 procent, således at spidsbelastningen i efteråret i flere tilfælde har lagt beslag på 40-50 procent af det årlige arbejdsbehov - i et enkelt tilfælde op til 65 procent - mens spidsbelastningen i foråret er reduceret til 10-15 procent.



Figur 3. Spidsbelastningsperiodernes andel af det årlige arbejdsbehov.

Definitioner:

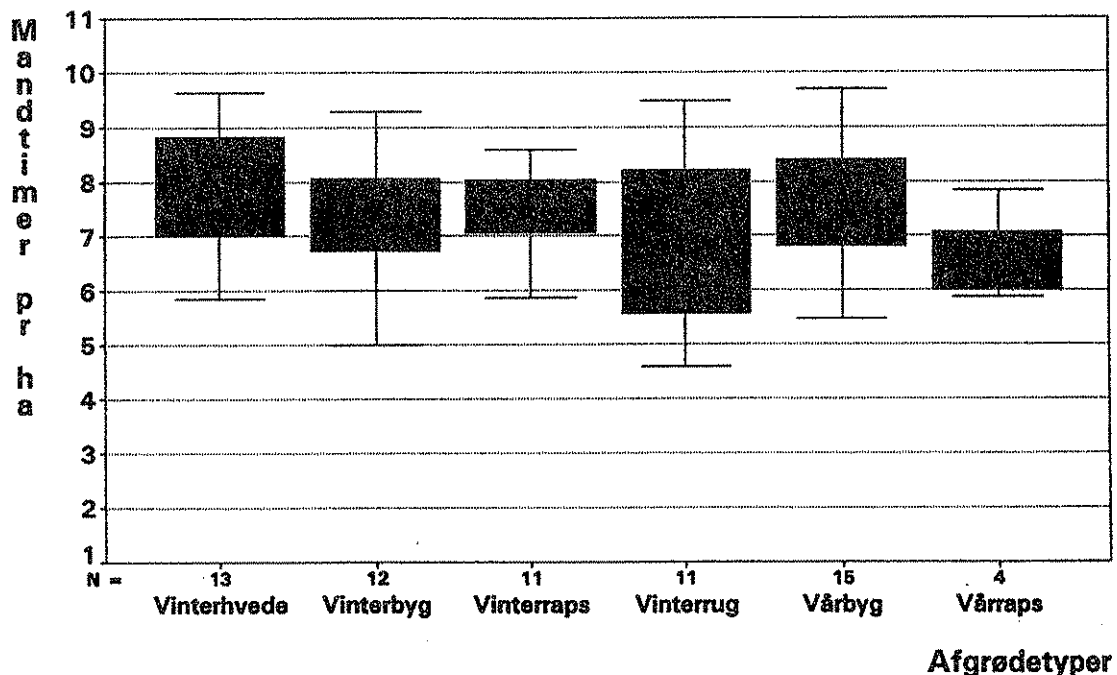
Spidsbelastning i efteråret = markarbejde fra høst til og med såning af vinterafgrøder.

Spidsbelastning i foråret = markarbejde i perioden omkring såning af vår-afgrøder.

Mælkeproducerende bedrifter vil normalt ikke have vanskeligheder med at opfylde kravet til grønne marker, da den nødvendige produktion af grovfoder sker i form af "grønne" afgrøder som roer, majs, græs m.m. med lang vækstsæson om efteråret. Arbejdsbelastningen er mere jævn over året end for plante- og svinebedrifter, og spidsbelastningerne vil samle sig om såning i foråret, ensilering af helsæd/græs over sommeren, evt. høst, optagning af roer m.m.

Det er karakteristisk, at de skitserede arbejdskoncentrationer for alle analyserede bedrifter har kunnet imødegåes uden ændringer i eksisterende teknik eller arbejdsstyrke. Arbejdskraften i landbruget er traditionelt meget fleksibel og tilpasningsvillig. Allokering af mandskab og maskiner er således vigtig, og det kan være aktuelt at benytte sig af planlægningsværktøjer vedr. metodik og arbejdsplanlægning, som f.eks. det ved SjF udviklede EDB-program "DRIFT" (Nielsen & Sørensen, 1993).

Det årlige arbejdsbehovs uafhængighed af andelen med grønne marker afspejler sig endvidere i det faktum, at der ingen signifikant forskel er mellem arbejdsbehovet pr. ha for vårhenholdsvis vinterafgrøder - jvf. figur 4. Øget dyrkning af vinterafgrøder medfører alene en koncentrering af arbejdet i bestemte perioder og ikke en øgning af det totale arbejdsbehov.



Figur 4. Arbejdsbehov pr. ha for forskellige afgrøder¹⁾.

N = antallet af observationer.

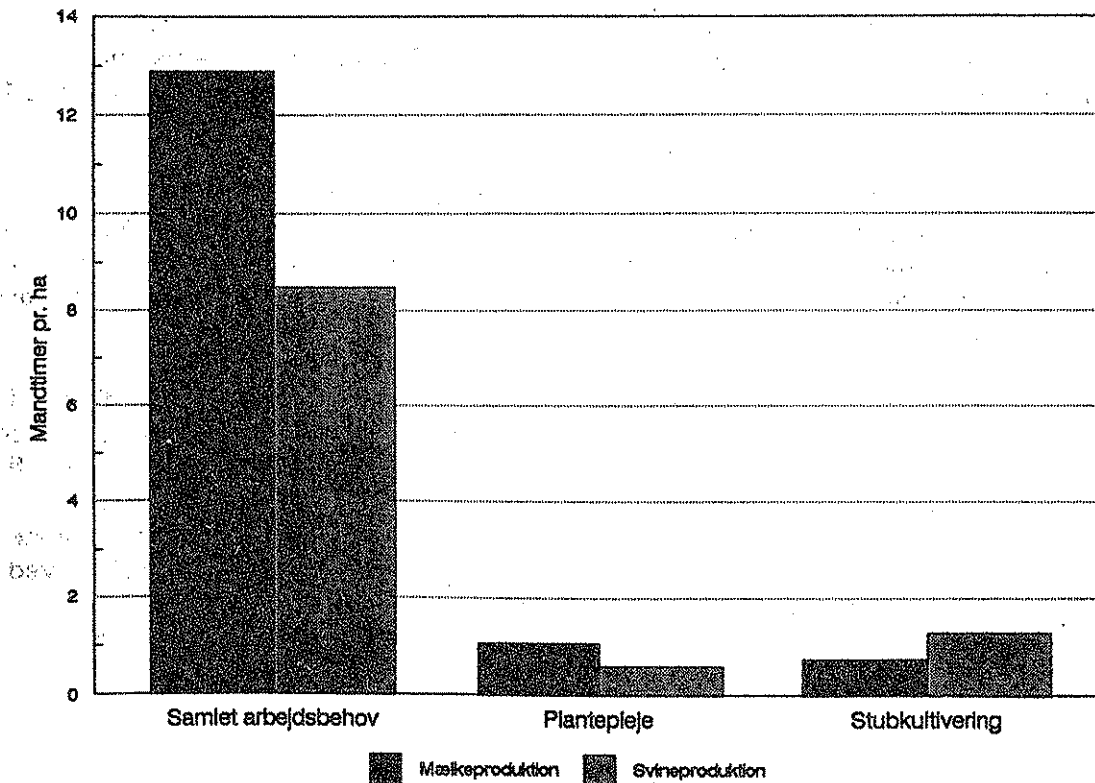
Figuren viser summeret information for de enkelte værdier. Bunden af den markerede kasse angiver 25% fraktilen, og den øverste 75% fraktilen. Den vandrette linie inde i kassen repræsenterer medianen. Hvorvidt median-linien ligger midt i kassen eller ej, afhænger af fordelings skævhed.

¹⁾ Inkluderet resultater fra Sørensen, 1989.

Driftsteknisk strategi i et mælke- og svineproduktionssædskifte

Resultaterne viser, at arbejdsbehovet i mælkeproduktionssædskiftet er ca. 53 procent større end i svineproduktionssædskiftet, hvilket hovedsageligt skyldes dyrkning af grovfoder, hvor især roerne er arbejdskrævende, men det skyldes også, at størstedelen af halmen bjærges, samt at gyllemængden er større (jvf. figur 5).

Ukrudtsbekæmpelsen foretages i vid udstrækning med langfingerharve i korn og med radrenser i roer. Derved reduceres kemikalieforbruget væsentligt, uden at det har nævneværdig indflydelse på udbyttet. Kvikbekæmpelse foregår ved stubharvning, og arbejdsbehovet hertil er 70 procent større i svine- end i mælkeproduktionssædskiftet, bl.a. fordi en stor del af halmen i svineproduktionssædskiftet nedmuldes.



Figur 5. Arbejdsbehov for mælke- og svineproduktionssædskifte.

Arbejdets fordeling over året i de to sædskifter er uens, men værst i svineproduktions-sædskiftet, hvor 60 procent af arbejdet koncentrerer sig i høstperioden og det tidlige efterår. Der kræves således en god og rationel tilrettelæggelse af arbejds- og maskinindsatsen.

Hensyntagen til gældende miljøregler og den valgte strategi betyder et merforbrug af brændstof i størrelsesordenen 10-14 procent i mælkeproduktionssædskiftet og 17-31 procent i svineproduktionssædskiftet som følge af snitning af overskudshalm, stubbehandling og anden mekanisk ukrudtsbekæmpelse.

Ukrudtsbestanden i de to sædskifter har været moderat, men ukrudtsbestanden er signifikant lavere i svineproduktionssædskiftet. Skadedyrs- og sygdomsangreb har været lave, men varierende, samtidig med, at sygdomsangrebene har været størst i mælkeproduktionssædskiftet.

Mekanisk ukrudtsbekæmpelse

Resultaterne viser, at de forskellige stubharvetyper har et signifikant forskelligt arbejdsbehov, men ikke et signifikant forskelligt effektbehov og heller ikke en signifikant forskellig effekt over for ukrudtsbestanden. Det har ligeledes ikke påvirket ukrudtsbestanden, hvad enten halmen er snittet eller fjernet, omend snittet halm giver den lette type stubharve funktionsmæssige problemer.

Planteplejen udgør i gennemsnit 1,35 timer pr. ha i forhold til 1,12 timer pr. ha hvis planteplejen alene gennemføres ved brug af kemiske midler. Ændringen fra kemisk til hovedsagelig mekanisk ukrudtsbekæmpelse medfører således et merarbejdsforbrug på ca. 21 procent.

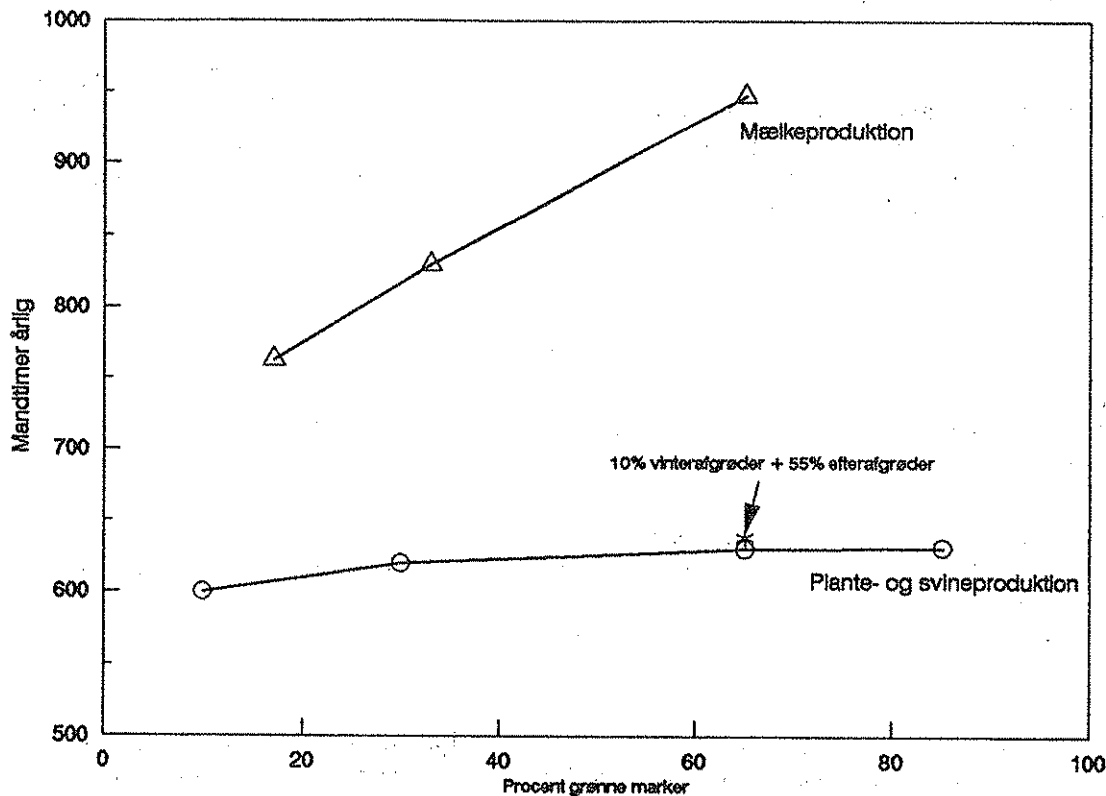
Det skønnes, at kemikalieforbruget og antal behandlinger er reduceret til 40 procent i forhold til normalt. Det har ikke været muligt at reducere kemikalieforbruget til skadedyrsbekæmpelse med mere end 20-35 procent i forhold til, hvad der skønnes normalt. Derimod skønnes kemikalieforbruget til svampebekæmpelse at være reduceret med mindst 50 procent i forhold til normalt.

Den observerede ukrudtsbestand har generelt været lav til moderat, ligesom udbyttene ikke har været påvirket af behandlingerne. Undtagelsen er vinterhveden, hvor ukrudtsbestanden har været stor, og udbyttet har været lavt. Der er ikke fundet signifikant forskel mellem de tre forskellige typer stubharve, og der er heller ikke fundet signifikante forskelle mellem de forskellige behandlinger. Der er som helhed ikke fundet systematiske, signifikante forskelle som funktion af harvetype eller behandlingsstrategi. Hovedkonklusionen er, at det er muligt at holde ukrudtsbestanden på et rimelig lavt niveau ved hovedsageligt mekanisk ukrudtsbekæmpelse. Harvetypen er underordnet, blot den funktionsmæssigt er i orden.

Modelberegninger

Ved hjælp af modeller for dyrkningssystemer er forskellige tilpasningsstrategier til kravet om 65 procent grønne marker analyseret. Det har primært drejet sig om resultatvariable, relateret til arbejdsmæssige og driftstekniske konsekvenser.

Modelberegningerne er en sammenfatning af resultaterne fra de tre delprojekter, hvor problemstillingerne fra disse er indarbejdet i de modellerede dyrkningssystemer. Modelkalkulationerne er gennemført ved hjælp af programmet "DRIFT" (Nielsen og Sørensen, 1993). Modelberegningerne illustrerer for et bestemt arealtilliggende de driftstekniske konsekvenser ved at udvide arealet med vintersæd, inddrage efterafgrøder eller dyrke grovfoder i kombination med korn- og industriafgrøder. Konklusionen er, at arealet med vintersæd kan udvides fra 10 til 80-90 procent, eller efterafgrøder kan inddrages uden at påvirke det årlige arbejdsbehov i nævneværdig grad, jvf. figur 6. Konsekvensen af en omlægning til større vintersædsareal er en koncentrering af arbejdet i perioden omkring høst og etablering af vinterafgrøder. Andelen af det arbejdsbehov, der falder i nævnte periode, stiger fra 40 procent til 65 procent ved de aktuelle modelberegninger.



Figur 6. Årligt arbejdsbehov ved forskellige dyrkningssystemer.
 Mælkeproduktion: Grønne marker = grovfoderarealer.
 Plante- og svineproduktion: Grønne marker = vinterafgrødearealer.

Stigende andel af grovfoderafgrøder i sædskiftet medfører et 27-50 procent højere arbejdsbehov i forhold til sædskifter uden grovfoderafgrøder. Arbejdet er imidlertid mere jævnt fordelt over året, dvs. spidsbelastningerne er ikke så markante som for sædskifter uden grovfoderafgrøder.

Hvorledes ændringerne mod specielt større vintersædsarealer og overgang fra halmafbrænding til nedmuldning specifikt vil påvirke den enkelte bedrifts arbejdsituation kan være vanskeligt at vurdere. Normalt er landbrugets arbejdskraft indstillet på og villig til at tilpasse sig spidsbelastninger af betydeligt omfang, men ud fra et arbejdsmæssigt synspunkt bør arbejdet fordeles jævnt over hele året. Dette er imidlertid ikke muligt i landbruget, men det er muligt at reducere spidsbelastningsperiodernes arbejdsmæssige belastning ved en fornuftig arbejdstilrettelægning. Ved modelberegninger fastlægges arbejdsoperationernes tidsmæssige placering helt præcist, men for visse typer (f.eks. stubhvarvning) kan udførelsestidspunktet rykkes, uden at produktionsresultatet påvirkes. Omvendt kan dårligt vejr koncentrere arbejdet i endnu højere grad, end modellerne forudsiger.

Valget af dyrkningssystem i relation til lovkravet om 65% grønne marker i efteråret bør ske under hensyn til økonomiske, driftstekniske og miljømæssige kriterier. Nærværende projekter har analyseret de driftstekniske/arbejds-mæssige konsekvenser ved forskellige dyrkningssystemer fra praksis. Analyserne viser, at de arbejdsmæssige problemer i relation til den forhåndenværende arbejdsstyrke ved varierende andele med grønne marker (op til 90%) er små. Under normale vejr-mæssige forhold og en fornuftig planlægning er det

muligt driftsteknisk at tilpasse sædskiftet til lovkravet på 65% grønne marker, hvor disse udgøres af vinterafgrøder.

Modelberegninger (Overgaard, 1991) har vist, at de økonomisk mest fordelagtige dyrkningssystemer i relation til grønne marker ikke nødvendigvis er de mest fordelagtige i miljømæssig henseende. Heri ligger en indikation af, at et optimalt dyrkningssystem kræver multikriterielle analyser for at kunne tilgodese de involverede økonomiske/tekniske/biologiske faktorer. Kun derved fås et fyldestgørende grundlag for at sammenligne dyrkningssystemer.

REFERENCER

1. *Nielsen, V. (1987):*
Håndtering af grovfoder - Arbejdsbehov - Kapacitet. Beretning nr. 36.
Statens Jordbrugstekniske Forsøg, Bygholm, Horsens.
2. *Nielsen, V., Sørensen, C.G. (1993):*
"DRIFT". Et program for beregning af ARBEJDSBEHOV-ARBEJDSKAPACITET-ARBEJDSBUDGET-ARBEJDSPROFIL. Beretning nr. 53.
Statens Jordbrugstekniske Forsøg, Bygholm, Horsens.
3. *Overgaard, J. (1991):*
Grønne marker - Driftsøkonomiske, arbejdsmæssige og miljømæssige konsekvenser.
Institut for økonomi, skov og landskab, Den Kgl. Veterinær og Landbohøjskole, København.
4. *Sørensen, C.G. (1989):*
Harmonisering af kvægbedriften. Beretning nr. 44.
Statens Jordbrugstekniske Forsøg, Bygholm, Horsens.
5. *Sørensen, C.G. (1991):*
Automatisk registrering på traktor.
Nordisk Jordbruksforskning, nr. 1.

Cand.agro. Villy Nielsen
Statens Jordbrugstekniske Forsøg
Bygholm, 8700 Horsens
Danmark

LANDBRUGSFÆLLESSKABER - ANALYSE OG VURDERING AF DE ARBEJDSMÆSSIGE OG TEKNISKE KONSEKVENSER

Foreløbige erfaringer med driftsfællesskaber

- Maskinparken kan reduceres væsentligt. Foreløbige erfaringer tyder på, at den investerede kapital i maskiner kan reduceres med 15-35%.
- Maskinparken forynges, idet det er de ældste og dårligste maskiner, der udsættes.
- Der er ikke behov for at indsætte nye og større maskiner, idet der i forvejen er overkapacitet.
- Maskinomkostningerne kan reduceres væsentligt, fordi maskinerne udnyttes bedre, og den investerede kapital er mindre.
- Maskinomkostningerne vil over en længere periode yderligere kunne reduceres, idet der udarbejdes en plan over udskiftning af maskiner.
- Arronderingen er ofte dårlig og kan ikke forbedres, fordi gårdene og de tilhørende arealer ligger for langt fra og for spredt i forhold til hinanden.
- Det er ofte svært at øge markstørrelsen på grund af den dårlige arrondering, men også på grund af veje, læhegn og vandløb.
- Arbejdsbehovet kan ikke forventes reduceret, med mindre arronderingen forbedres, markstørrelsen og maskinstørrelsen øges samt ved ændring af metodik og afgrødesammensætning hen imod mindre arbejdskrævende afgrøder.
- Arbejdsprofilen kan ikke forbedres, med mindre afgrødesammensætningen ændres med henblik på en mere jævn arbejdsfordeling.
- Både specialisering og alsidighed kan udnyttes i fuldt omfang, idet de enkelte anpartshavere kan specialisere sig i en enkelt produktionsgren, men fællesskabet bevarer alsidigheden og er dermed mindre følsom for de enkelte driftsgrenes op- og nedadgående konjunkturer.
- Fællesskabet indebærer en styrkelse af driftsledelsen, forudsat at samarbejdet er godt og effektivt.
- De enkelte landmænd må afgive noget af deres suverænitet (selvbestemmelsesret).
- Fællesskabet giver større muligheder for afløsning i weekender, ferier og under sygdom.
- Der er bedre muligheder for en jævn udnyttelse af arbejdskraften hele året samt indbyrdes hjælp i marken og i stalden i spidsbelastningsperioder.
- Landmandsfamiliens livskvalitet forbedres, fordi arbejdspresset reduceres, og der er flere om at dele det økonomiske og psykologiske pres.

Indledning

Der har de senere år været en stigende interesse for nye typer af ejerformer i landbruget. Dette skyldes, at det er meget svært for unge landmænd at etablere sig på grund af høje etablerings- og driftsomkostninger samt meget svingende produktpriser og lav indtjening.

Arbejdsindsatsen er desuden meget stor, sammenlignet med andre befolkningsgrupper, hvilket er en stor belastning både for landmanden og landmandsfamilien.

De fleste landmænd specialiserer sig i en enkelt produktionsgren, i modsætning til den alsidige produktionsform, der var almindelig for 20-30 år siden. Med specialisering kan produktionsomkostningerne reduceres og ekspertisen øges, og dermed er mulighederne for større indtjening til stede, men følsomheden over for prisændringer er væsentlig større end for den alsidige produktion.

Den danske landbrugslov tillader nu, at der etableres fællesskaber, bestående af 2 til 5 landbrug. Disse selskaber kan være aktieselskaber, anpartsselskaber eller andelsselskaber, og de kan omfatte hele landbrugsbedriften eller dele deraf.

Med disse muligheder kan f.eks. tre landmænd gå sammen i en fælles drift, hvor den ene er specialist i svineproduktion, den anden i mælkeproduktion og den tredje i planteproduktion. Dermed opnås fordelene ved både specialisering og alsidighed, samt at de kan hjælpe hinanden i spidsbelastningsperioder i marken samt afløse under sygdom, ferie, helligdage og weekender. De kan desuden sammen diskutere driftsplanlægning på såvel kort som lang sigt.

Der er således mange fordele i et fællesskab, men det kræver en mentalitetsændring blandt de fleste landmænd, fordi de må afgive noget af deres selvbestemmelsesret. Ligeledes kræves der gode samarbejdsevner.

Der er gennemført detaljerede analyser af arbejds- og maskinindsatsen for 5 mulige driftsfællesskaber, omfattende 13 gårde.

Analyserne er gennemført i EDB-programmet "DRIFT", der er et matematisk modelprogram for beregning af arbejds- og maskinindsatsen i landbruget. De arbejdsdata, der indgår i programmet, er indsamlet ved tidsstudier på mange forskellige landbrug over en lang årrække (se eksempler i appendix).

Arrondering, markstørrelse, transportafstand m.m.

En god arrondering, store marker og korte transportafstande er faktorer, der har en væsentlig indflydelse på arbejdsbehovet. Kun i ét af de 5 fællesskaber er arronderingen tilfredsstillende, idet de tilhørende jorder ligger velplaceret omkring avlsbygningerne. I de øvrige fællesskaber er arronderingen meget dårlig, idet gårdene og de dertil hørende jorder ligger i op til 7 km's afstand fra hinanden. På de enkelte gårde kan arronderingen være udmærket, men i fællesskabet er arronderingen dårlig.

Transportafstandene forøges som følge af fællesskabet, med mindre transportkrævende afgrøder som f.eks. roer dyrkes tæt ved kostalden. Dette medfører imidlertid, at der ikke kan opnås den ønskede rotation i sædskiftet.

Gyllen skal i visse tilfælde transporteres langt for at opfylde Miljøhandlingsplanens krav med hensyn til dosering.

Markerne er ofte små, og der er mange marker på hver ejendom. Dette er ikke rationelt ud fra et arbejdsmæssigt synspunkt. Arbejdsbehovet vil ofte kunne reduceres med 5-10%, og i nogle tilfælde med op til 15%, ved at øge markstørrelsen fra de nuværende 4-6 ha til 15-20 ha. Ofte er markerne endnu mindre, end her angivet.

Markstørrelsen burde øges væsentligt ved indtrædelse i fællesskabet, men det sker ikke i praksis. I en del tilfælde skyldes det, at der er problemer med veje, hegn, vandløb m.m., men i mange tilfælde skyldes det træghed eller dårlig planlægning.

Maskinindsatsen

En af de store fordele ved et fællesskab er en bedre udnyttelse af maskinparken. Der er imidlertid stor forskel på hvor stor en kapital, der er bundet i maskiner, og hvor meget, der kan spares, hvilket fremgår af tabel 1.

Tabel 1. Investering i maskinparken før og efter fællesskabets oprettelse.

| Driftsællesskab nr. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|------|------|------|------|------|
| Investering: | | | | | |
| Før fællesskabets oprettelse: kr./ha | 5906 | 5724 | 9890 | 9291 | 7355 |
| Før fællesskabets oprettelse: forholdstal | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Efter fællesskabets oprettelse: forholdstal | 86 | 75 | 63 | 86 | 88 |

Investeringen i maskinparken før fællesskabets oprettelse varierede således fra ca. 5700 til ca. 9900 kr. pr. ha, og disse har kunnet reduceres med 14 til 37%. Ved en langsigtet planlægning kan investeringerne formentlig reduceres yderligere.

I forbindelse med analyse af arbejds- og maskinindsatsen er alle maskinerne vurderet og prissat af sagkyndige. Ligeledes med baggrund i ovenstående analyse er maskinparken søgt tilpasset fællesskabet. Dette har medført, at en del maskiner er blevet overflødige, og det er i alle tilfælde de dårligste maskiner, der er valgt fra. Det vil sige, at maskinparkens standard egentlig er hævet.

Det har ikke i noget tilfælde været nødvendigt at anskaffe større maskiner, hvilket indikerer, at der har været overkapacitet på de enkelte landbrug. Det kan heller ikke udelukkes, at der stadigvæk på nogle områder er overkapacitet, og at det egentlig ville være billigere at anvende maskinstation.

I førnævnte analyse beregnes, hvor meget maskinerne anvendes og til hvilke afgrøder, hvilket giver muligheder for at fordele omkostningerne på de enkelte deloperationer, der foretages i hver enkelt mark samt totalt på de enkelte afgrøder.

Derved kan arbejds- og maskinomkostningerne, som udgør over 50% af produktionsomkostningerne, beregnes nøjagtigt for hver enkelt produktion og dermed pege på de produktioner, der er urentable.

I næste fase af undersøgelserne vil maskinparkens tilpasning til fællesskabet samt fordelingen af arbejds- og maskinomkostningerne være væsentlige objekter for nærmere analyse.

Arbejdsindsatsen

Arbejdsindsatsen, udtrykt i timer, er ikke reduceret ved at indgå i et fællesskab, hvilket ellers var forventet, se tabel 2.

Tabel 2. Arbejdsbehovet i marken før og efter fællesskabets oprettelse.

| Fællesskab nr. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|-----|-----|------|-----|-----|
| Før fællesskabets oprettelse: forholdstal | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Efter fællesskabets oprettelse: forholdstal | 97 | 103 | 99 | 94 | 102 |
| Timer/ha: Før fællesskabets oprettelse | 7,8 | 9,8 | 10,3 | 8,1 | 8,6 |

Årsagen hertil er, at der anvendes de samme maskiner og den samme maskinstørrelse som før, og markform og markstørrelse er ikke ændret. Det har heller ikke været muligt at forbedre arronderingen og reducere transportafstandene. Afgrødesammensætningen er heller ikke ændret væsentligt hen imod mindre arbejdskrævende produktioner. I nogle tilfælde er der dog væsentlige forskydninger i arealfordelingen mellem afgrøderne, men det har hovedsageligt været mellem korn- og frøafgrøder, hvor der ikke er den store forskel i arbejdsbehovet.

I 3 af fællesskaberne indgår også husdyr, men heller ikke her er der foretaget ændringer, og arbejdsbehovet er derfor heller ikke ændret.

På længere sigt vil der dog være muligheder for at reducere arbejdsbehovet, men det kræver, at markstørrelsen øges væsentligt, og at der i det omfang, det er rationelt, anvendes produktionsmetoder, der medfører en reduktion i både arbejds- og maskinindsats, eventuelt anvendes maskinstation, hvor det ikke er fordelagtigt at udføre arbejdet selv.

Denne proces vil tage nogle år, idet den skal være i overensstemmelse med strategiplanen for udskiftning af maskiner. Denne bør udarbejdes i samråd med maskinkonsulenten.

En faktor, som er meget væsentlig, er gårdenes - og dermed de tilhørende arealers - placering i forhold til hinanden. Hvis ikke arealerne ligger tæt op ad hinanden som en samlet enhed, er det ikke muligt at opnå en rationel drift. I stedet kan der opstå et meget stort transportbehov mellem de enkelte og adskilte enheder.

I de tilfælde, hvor gårdene ligger langt fra hinanden, vil der være en tilbøjelighed til, at de driftsmæssigt adskilles, men med en fælles maskinpark.

Problemerne er størst for markdriften, hvorimod der ikke er væsentlige problemer med, at f.eks. kvæg og svin er placeret i længere afstand fra hinanden.

En af de arbejds- og driftsmæssige fordele er imidlertid, at hver af anpartshaverne kan specialisere sig i en driftsgren og dermed optimere ekspertisen, men samtidig opnå en alsidighed i fællesskabet, som eksempelvis består af mælkeproduktion, svineproduktion og planteproduktion, som normalt betinger en mere jævn indkomst, end hvis der satses på en enkelt produktion.

Fællesskabet åbner ligeledes muligheder for afløsning i weekender, under sygdom og i ferier samt for indbyrdes hjælp i marken og i stalden i spidsbelastningsperioder.

Arbejdsprofil

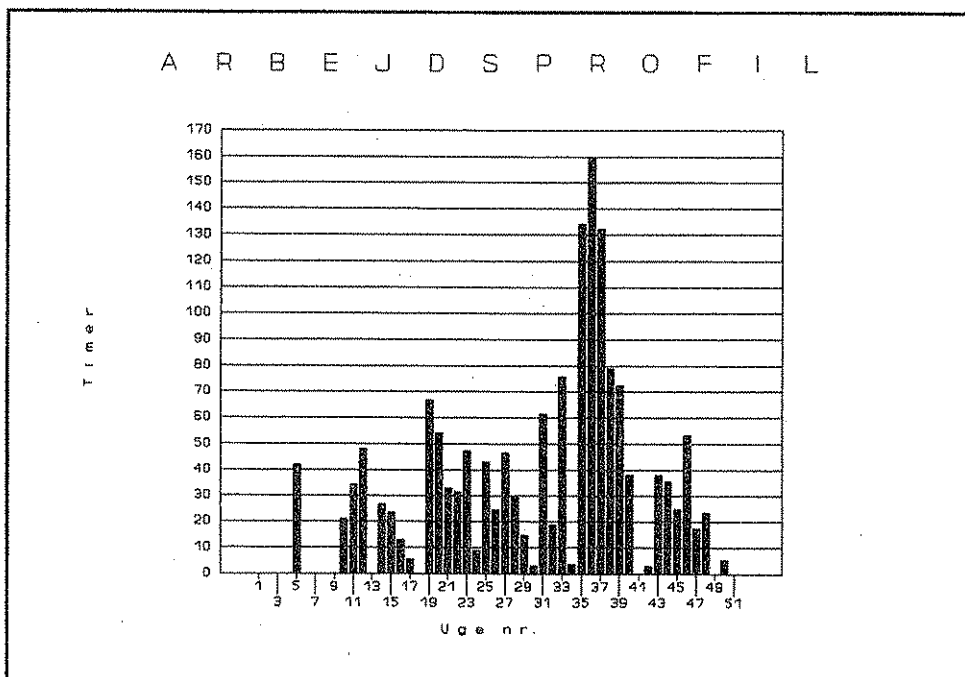
Arbejdsprofilen er for markens vedkommende meget uens i årets løb. Dette ændres der ikke på i fællesskabet, men mandskabet i marken kan nu hjælpe med afløsning i staldene, og staldpersonalet kan hjælpe i marken i spidsbelastningsperioderne.

Fællesskabet vil derfor være mindre afhængigt af hjælp udefra og vil mere optræde som en enhed, hvor fordele og ulemper deles mellem flere personer, og hvor udbyttet af de fælles anstrengelser deles.

Der er i fællesskaberne som i alle andre landbrug en tilbøjelighed til at flytte hovedparten, ofte over 50%, af arbejdet hen til august og september måned, hvor størstedelen af afgrøderne høstes og sås. Dette skyldes, at vintersædsafgrøderne udgør en stadig større del af afgrøderne.

Dette er, ud fra et arbejdsmæssigt synspunkt, uheldigt, og det bør overvejes, om en ensidig satsning på vintersæd nu også er den optimale løsning, når alle faktorer tages i betragtning.

I figur 1 er vist en typisk arbejdsprofil, hvor der dyrkes 44% med vintersæd, 36% med vårsæd, 5% med kartofler og 15% med brak.



Figur 1. Typisk arbejdsprofil for en planteavlsgård.

Appendix: Analyseresultater.

| Tabel A: Vårbyg. Analyse af arbejds- og maskinindsats. Af de 14,3 ha ligger 9,1 ha 3,5 km fra gården. | | | | | | | | | |
|--|------------------------------|--|--------------------|--------------|-----------|------------------|--------------|------------|--|
| Samlet arbejdsbehov: | 106 timer incl. forberedelse | | | | | Samlet areal, ha | 14,3 | | |
| Behandlet areal: | 192 ha | Gns: | 0,55 timer/ha/beh. | | | Timer/ha: | 7,4 | | |
| Metode og teknik | Afg. Beh. | Periode | Ant. mand | Timer pr. ha | Ant. beh. | Areal ha | Kap. ha/time | Timer ialt | |
| 12 m Spredbred. 10 tons | gyl | 15 | 1 | 0,78 | 1 | 14,3 | 1,41 | 11,2 | |
| - Ekstra transport af gylle | trg | 15 | 1 | 1,28 | 1 | 9,1 | 0,86 | 11,7 | |
| 4 Furet alm. plov | plo | 15 | 1 | 1,60 | 1 | 14,3 | 0,69 | 22,9 | |
| 3,0 m Rotor+såmask; 50 kg sække | rad | 15 | 1 | 0,79 | 1 | 14,3 | 1,38 | 11,4 | |
| - Ekstra transport korn 3 tons/læs | trk | 15 | 1 | 0,02 | 1 | 9,1 | - | 0,2 | |
| - Ekstra transp., 6tons gødn./læs | trø | 18 | 1 | 0,02 | 1 | 9,1 | - | 0,2 | |
| 12 m Spredvogn frontlæsser | gød | 18 | 1 | 0,13 | 1 | 14,3 | 8,23 | 1,9 | |
| 12 m bom; Sprøjte, ukrudt | spr | 21 | 1 | 0,30 | 1 | 14,3 | 3,69 | 4,3 | |
| - Ekstra transport efter vand | trs | 21 | 1 | 0,10 | 1 | 9,1 | - | 0,9 | |
| 12 m bom; Sprøjte, svampe | spr | 24 | 1 | 0,30 | 1 | 14,3 | 3,69 | 4,3 | |
| - Ekstra transport efter vand | trs | 24 | 1 | 0,10 | 1 | 9,1 | - | 0,9 | |
| - Ekstra transport af korn, 11 tons | trk | 33 | 1 | 0,15 | 1 | 9,1 | - | 1,4 | |
| 3,6 m skår; Mejetærsker B Y G | mej | 33 | 1 | 0,95 | 1 | 14,3 | 1,25 | 13,5 | |
| 4,2 m Stubharve | stu | 36 | 1 | 0,40 | 1 | 14,3 | 2,76 | 5,7 | |
| 12 stk/læs; Storballer-frontlæss. | hal | 36 | 3 | 0,77 | 1 | 14,3 | 4,08 | 10,9 | |
| - Ekstra transport af halm | trh | 36 | 1 | 0,49 | 1 | 9,1 | - | 4,5 | |
| Ekstra transport til de 9,1 ha: | | 20 timer eller en forøgelse af arbejdsbehovet med 23 % for hele arealet. | | | | | | | |

| Tabel B: Vårbyg. Analyse af arbejds- og maskinindsats. Ingen ekstra transport | | | | | | | | | |
|--|-----------------------------|---------|--------------------|--------------|-----------|------------------|--------------|------------|--|
| Samlet arbejdsbehov: | 86 timer incl. forberedelse | | | | | Samlet areal, ha | 14,3 | | |
| Behandlet areal: | 129 ha | Gns: | 0,67 timer/ha/beh. | | | Timer/ha: | 6,0 | | |
| Metode og teknik | Afg. Beh. | Periode | Ant. mand | Timer pr. ha | Ant. beh. | Areal ha | Kap. ha/time | Timer ialt | |
| 12 m Spredbred. 10 tons | gyl | 15 | 1 | 0,78 | 1 | 14,3 | 1,41 | 11,2 | |
| 4 Furet alm. plov | plo | 15 | 1 | 1,60 | 1 | 14,3 | 0,69 | 22,9 | |
| 3,0 m Rotor+såmask; 50 kg sække | rad | 15 | 1 | 0,79 | 1 | 14,3 | 1,38 | 11,4 | |
| 12 m Spredvogn frontlæsser | gød | 18 | 1 | 0,13 | 1 | 14,3 | 8,23 | 1,9 | |
| 12 m bom; Sprøjte, ukrudt | spr | 21 | 1 | 0,30 | 1 | 14,3 | 3,69 | 4,3 | |
| 12 m bom; Sprøjte, svampe | spr | 24 | 1 | 0,30 | 1 | 14,3 | 3,69 | 4,3 | |
| 3,6 m skår; Mejetærsker B Y G | mej | 33 | 1 | 0,95 | 1 | 14,3 | 1,25 | 13,5 | |
| 4,2 m Stubharve | stu | 36 | 1 | 0,40 | 1 | 14,3 | 2,76 | 5,7 | |
| 12 stk/læs; Storballer-frontlæss. | hal | 36 | 3 | 0,77 | 1 | 14,3 | 4,08 | 10,9 | |

Tabel C: Afgrødesammensætning og markplan i de enkelte markafsnit.

| Mark nr. | Afstand til gård, m | Areal ha | Markafsnit | | |
|----------------------------------|---------------------|----------|------------|-------|------|
| | | | 0 | 3500 | 1500 |
| | Afgrøde | | 1 | 2 | 3 |
| A | Vårbyg + udlæg | 10,7 | 10,7 | | |
| B | Vårbyg | 14,3 | 5,2 | 9,1 | |
| C | Vinterhvede | 10,7 | | 5,2 | 5,5 |
| D | Foderærter | 14,0 | | 14,0 | |
| E | Foderroer | 7,8 | | 4,8 | 3,0 |
| F | Byghelsæd | 7,9 | | 7,9 | |
| G | Hvedehelsæd | 3,4 | | 3,4 | |
| H | Kløvergræs | 16,9 | 16,9 | | |
| I | Brak | 13,4 | | 12,0 | 1,4 |
| Ialt | | 99,1 | 32,8 | 56,4 | 9,9 |
| Gns. markstørrelse på 18 marker: | | | 5,5 | ha | |
| Markform | | | 2 | | |
| Gns. intern markafstand | | | 285 | meter | |

Tabel D: Transporttid, min/ha

Kørehastighed: 20 km/time
 Transportmængde: 30 tons/ha

| Netto læs- vægt, tons | Transportafstand, km | | | | | | |
|--------------------------|----------------------|-----|----|----|-----|-----|-----|
| | 0,25 | 0,5 | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 |
| 5 | 9 | 18 | 36 | 72 | 144 | 288 | 576 |
| 10 | 5 | 9 | 18 | 36 | 72 | 144 | 288 |
| 15 | 3 | 6 | 12 | 24 | 48 | 96 | 192 |
| 20 | 2 | 5 | 9 | 18 | 36 | 72 | 144 |
| 25 | 2 | 4 | 7 | 14 | 29 | 58 | 115 |
| 30 | 2 | 3 | 6 | 12 | 24 | 48 | 96 |

| Afgrøde | Areal ha | Timer i alt | Timer pr. ha |
|----------------|-------------|----------------|-----------------|
| Vårbyg + udlæg | 10,7 | 87 | 8,1 |
| Vårbyg | 14,3 | 106 | 7,4 |
| Vinterhvede | 10,7 | 86 | 8,0 |
| Foderærter | 14,0 | 124 | 8,9 |
| Foderroer | 7,8 | 226 | 29,0 |
| Byghelsæd | 7,9 | 92 | 11,6 |
| Hvedehelsæd | 3,4 | 43 | 12,8 |
| Kløvergræs | 16,9 | 38 | 2,3 |
| Brak | 13,4 | 11 | 0,8 |
| I alt | 99,1 | 813 | 8,2 |

| Maskintype | Maskinsystem | Timer pr. år | Ha pr. år |
|-------------|------------------------|--------------|-----------|
| 4 furet | alm. plov | 110 | 69 |
| 4,2 meter | stubharve | 27 | 69 |
| 5,5 meter | såbedsharve | 2 | 8 |
| 4,0 meter | tromle | 4 | 8 |
| 10000 liter | gyllevogn | 50 | 55 |
| 12 meter | kunstgødningsspreder | 16 | 75 |
| 12 meter | spredevogn (lejes) | 9 | 64 |
| 3,0 meter | rotorsåmaskine | 49 | 61 |
| 3 meter | rotorharve (såbed) | 6 | 8 |
| 12 meter | marksprøjte | 71 | 236 |
| 6 rk. | roesåmaskine | 6 | 8 |
| 3,6 meter | mejetærsker | 54 | 50 |
| 4500 kg | tankmaskine, roer | 43 | 8 |
| 1,5 meter | alm. grønthøster | 26 | 8 |
| 1,5 meter | småballepresning | 35 | 11 |
| 1,8 meter | storballepresning(mas) | 28 | 39 |
| | maskinstation | 60 | 50 |

Tor Breen
Det Kgl. Selskap for Norges Vel
Boks 115
N-2013 Skjetten

MASKINSAMARBEID. NORSKE ERFARINGER

HISTORIKK

- maskinstasjoner
- maskinringer/lag

FORMELT OG UFORMELT SAMARBEID

ULIKE FORMER FOR MASKINSAMARBEID

- byttelåning
- leiekjøring
- felles innkjøp og bruk av redskap
- maskinlag
- maskinring

VALG AV SAMARBEIDSFORM

INNLEDNING - HISTORIKK

Det første organiserte maskinsamarbeid vi kjenner til, er treskelagene, som kom i drift fra ca 1850. Skurtreskeren avløste treskeverkene ca 100 år seinere. I mellomtiden var det både formelt og uformelt samarbeid om sjølbindere. Det uformelle samarbeidet om redsskaper er av mye eldre dato.

Maskinstasjoner

Alt før siste verdenskrig var det noen få maskinstasjoner her i landet, men først etter krigen ble det virkelig fart i utviklinga når det gjelder maskinsamarbeid. Både økonomisk og politisk lå forholdene godt til rette for kooperativt samarbeid.

Maskinlagene skulle være organisert på samvirkebasis, men drives "forretningsmessig". Bøndene eller jordbruksorganisasjonene/kommunene eide maskinene i fellesskap. Det var vanligvis 30-40 bruk som soknet til hver maskinstasjon. Traktoren var et viktig samarbeidsobjekt.

Maskinringer/lag

På slutten av 1950-åra ble det dannet lag med færre medlemmer (ofte 5-7). Disse ble kalt maskinringer, men skiller seg fra ringene etter tysk modell som f.eks. i Vestfold og på Jæren.

Fra begynnelsen av 1960-tallet var Selskapet for Norges Vel en aktiv pådriver for etablering av nye ringer. Det ble laget forslag til samarbeidsavtaler og vedtekter.

Samarbeidet kunne være svært enkelt eller mer omfattende alt etter de lokale forhold. Det kunne være vanskelig å skille skarpt mellom denne formen og uformelt samarbeid. Noen av maskinene som inngikk i samarbeidet var i privat eie, mens andre var kjøpt i fellesskap. Arbeidskraften var ofte med i opplegget. Flere av samarbeids- tiltakene som kom igang på 1960-tallet er fortsatt i drift.

FORMELT OG UFORMELT SAMARBEID

Det brukes forskjellige betegnelser på de ulike samarbeidsformer i landbruket og terminologien er ikke alltid konsekvent og logisk. Vi kan imidlertid dele samarbeidet i to hovedgrupper:

- * Uformelt samarbeid mellom naboer, venner, slektninger o.l.
- * Formelle lag, ringer, foreninger og selskaper.

Den mest vanlige samarbeidsformen i landbruket er det såkalte uformelle samarbeidet. Typisk for dette er at det som regel har få deltakere, dekker et lite område både faglig og geografisk, har nære personlige relasjoner mellom deltakerne (naboer, venner, slektninger o.l.), er enkelt i formen og har skjelden skriftlig avtale.

Det uformelle samarbeidet omfatter bl.a. leie og byttelån av redskaper, leie med eller uten sjåfør, leiekjøring med kontant oppgjør eller betaling i naturalia, arbeid e.l., forskjellige dugnadsformer og samarbeid om kjøp og bruk av redskaper.

Uformelt samarbeid er mest utbredt i Norge. En spørreundersøkelse fra 1982 blandt 923 bønder viste at bare 2,8% av disse var med i formelt maskinsamarbeid mens 16,3% deltok i uformelt samarbeid om maskiner (Otterstad, O. 1983) Etter å ha intervjuet 210 bønder i kommunene Eid, Tynset, Hjartdal og Vinje viste det seg at hele 79,5% av bøndene deltok i en eller annen form for maskinsamarbeid. Bare 2% av disse var med i formelt samarbeid. (Haug T. og Kleven M. 1984). Kommunene var ikke tilfeldig valgt, og dette kan forklare noe av forskjellen mellom resultatet fra disse undersøkelsene.

ULIKE FORMER FOR MASKINSAMARBEID

Maskinsamarbeid kan organiseres på mange måter, fra det enkleste og uformelle til formelle lag og selskapsformer med eget styre, årsmøte, vedtekter og daglig leder. Det er ikke mulig å omtale alle aktuelle former. Til det er variasjonene for mange. Det viktigste med et samarbeid er ikke hvordan dette organiseres, men at det fungerer tilfredsstillende for alle parter, også når det oppstår problemer. Når det gjelder samarbeid om maskiner vil nok de fleste bønder være best tjent med enklere løsninger. Det er også disse som er mest utbredt. Vi vil her orientere om samarbeidsformer som har vist seg å fungere bra hos oss. Vi vil også vise til konkrete prosjekt.

Byttelåning av redskap

Byttelåning av redskap er kanskje den vanligste måten å samarbeide på. Her eier hver enkelt sine maskiner og låner dem ut til andre som er med i samarbeidet. Det er svært vanlig at naboer byttelåner enkle redskaper som plog, slodd, harv, trommel, gjødselspreder m.m.

Selv om dette er et svært enkelt opplegg bør det være en eller annen form for skriftlige avtaler eller retningslinjer. Disse bør inneholde hvem som er med, og om hvilke redskaper byttelåningen dreier seg om. Det er viktig at redskaper stilles til disposisjon når det er behov og at dette inngår i avtalen. Det er mest vanlig at eieren har ansvar for oppbevaring og generelt vedlikehold. Den som leier og bruker redskaper sørger for smøring, vask m.m. Utleie eller leiekjøring for 3. person må ikke skje uten eiers tillatelse.

Leiekjøring

Leiekjøring er en samarbeidsform som blir mer og mer vanlig for kompliserte maskiner som krever nøyaktig stell og bruk. Her kan spesielt nevnes skurtresker og ikke minst pressing og pakking av rundballer. Ved å leie inn maskiner og fører kan en få utført arbeid som krever større mannskap, som f.eks. ensilering og grøfting. Ved leiekjøring er det vanlig at eieren selv kjører redskaper. Dette har sin fordel i at vedkommende kjenner utstyret og har erfaring i å bruke det.

Eieren tar betalt for kjøring hos andre. Her kan en nytte seg av priser fra en maskinring i nærheten. Oppgjør skjer også i form av byttearbeid ved at to samarbeider om f.eks. pressing og innpakking av rundballer.

Dersom en ønsker samme leieforhold i lengere tid er det viktig med noen skrevne punkter eller avtaler for at opplegget skal fungere tilfredsstillende.

Som et praktisk eksempel på leiekjøring tar vi for oss to bønder som samarbeider om bruk av maskiner på en greit avtalt, men enkel måte. Begge har egne maskiner og redskaper, men ingen har samme type maskin.

De kjører for hverandre, noterer arbeid som er gjort og summerer opp ved sesongens slutt med priser de har avtalt på forhånd for ulike maskiner og sjåfør/arbeidskraft. Normalt kjører de sine egne maskiner, men for skurtreskeren bytter de slik at brukseieren kan ta seg av transport, innlegging på tørka etc.

Felles kjøp og bruk av maskiner

Dette er en samarbeidsform som reduserer mekaniseringskostnadene betraktelig, og som samtidig gir andre fordeler. Ved innkjøp av dyre maskiner er det godt å kunne dele på investeringskostnadene. Dette gjelder også risiko og usikkerhet ved ny og

ukjent teknikk. Rent faglig er det en styrke og være flere. Maskiner som krever flere personer for å få utført arbeidet passer godt inn i et slikt opplegget. Det er viktig å vurdere areal og kapasitet slik at en får utført arbeidet til rett tid. Antall medlemmer må ikke være for stort. Det er viktig at opplegget planlegges grundig før hver brukssesong for at samarbeidet skal fungerer tilfredsstillende.

Et samarbeid med felles innkjøp og bruk av flere maskiner er som oftest så omfattende at det er helt nødvendig med skrevne avtaler for å sikre et vellykket resultat. Av disse må det gå fram hvilke maskiner samarbeidet gjelder og om hvordan kjøpesummen skal fordeles. En må bli enige om hvordan maskinene skal forsikres om hvor de skal oppbevares og om eventuell godtgjørelse for dette. Brukeren er ansvarlig for vedlikehold og innstilling av redskaper før og under bruk. Det er viktig at ingen redskaper settes bort før de er satt i god stand.

Fordeling av kostnader ved innkjøp av maskiner og hvordan kjøpesummen skaffes til veie, kan ordnes på forskjellige måter. En vanlig løsning er at kjøpesummen fordeles prosentvis mellom partene og at maskinene betales kontant.

Som grunnlag for timepris og fordeling av kostnader til medlemmene, er det viktig å føre "Kjørebok for maskinsamarbeid". Selskapet for Norges Vel har denne for salg. Kjøreboka skal nyttes for all kjøring med redskaper, også leiekjøring utenom samarbeidet. Her skal kostnader og tid til drift og vedlikehold føres inn. Det kan enten nyttes en bok for hver maskin eller en for hvert medlem. Det er litt forskjellig praksis for hva en legger til grunn for utregning av timeprisen, men denne er ikke realistisk før alle variable og faste kostnader er med. Oppgjør skjer vanligvis en gang i året.

Samarbeid om felles kjøp og bruk av maskin kan ordnes på mange måter. Vi har praktiske eksempler der størstedelen av maskinparken er felles. Andre har noen maskiner i fellesskap og resten eies av hver enkelt deltager, men alle medlemmene har tilgang til å nytte alt utstyret. Ofte inngår også traktoren i samarbeidet selv om denne sjelden er kjøpt inn felles. Dette er svært praktisk dersom en bruker har en traktor som er spesielt godt egnet til enkelte redskaper. Arbeidskraften er en viktig del av samarbeidet både når det gjelder kjøring, vedlikehold og annet manuelt arbeid.

Som et eksempel kan nevnes to bønder som har kjøpt stubbharv, vendeplø og kombimaskin sammen. Kostnadene ved innkjøp er delt likt mellom dem. Begge bruker den traktoren som er ledig, som passer best eller som har påmontert riktig redskap uavhengig av eierforholdet. Drivstoff fylles på gården der det kjøres. Det føres timer. Disse bøndene "kjører" ofte jorda for hverandre dersom det er naturlig og timene noteres. Gjødsel kjøpes inn felles. Det understrekes viktigheten av skriftlige avtaler.

Et samarbeid om felles innkjøp og bruk av maskiner kan med fordel organiseres som uformelt samarbeid. Dersom opplegget blir svært omfattende og gjelder store deler av maskinparken for flere bønder, bør en vurdere om en eller annen form for samvirketiltak er en bedre løsning.

Maskinlag/samvirkelag

Maskinlagene er formelle samarbeidstiltak som er organisert etter samvirkeprinsippene. De fleste har begrenset ansvar. Dette siste innebærer at forpliktelsene fra medlemmene er begrenset til andelsinnskuddet. Mange maskinlag har vært i drift i mange år. Her har vi gode erfaringer å bygge videre på når nye samarbeidstiltak skal etableres. Det siste vi kjenner til ble startet i 1993. (Oldertrøen, I og Randem, K. 1993).

Maskinlagene har sjelden mer en 15 medlemmer. Svært ofte ligger antallet på 5-10. Medlemmene bor som oftest i nærheten av hverandre og kjenner hverandre godt. Det er laget som eier maskinene, men i tillegg eier gjerne hver enkelt utstyr utenom laget.

Det er svært viktig å ha gode rutiner for vedlikehold og oppbevaring av redskap. Dette kan ordnes på flere måter. Ansvarer kan deles mellom medlemmene eller pålegges den som kjører utstyret. Større vedlikehold og reparasjoner utføres gjerne i fellesskap (dugnad). Dersom en av medlemmene gjør arbeidet skal vedkommende ha godtgjørelse for dette. Dersom laget disponerer verksted skal eieren ha dekket husleie.

Det er vanlig praksis at de fleste maskinene som er med i laget ikke har fast kjører. Medlemmene nytter sin egen traktor. Det er vanlig å ha egen kjører på skurtresker og andre kompliserte maskiner, og at en har hovedansvar for disponering av disse. Dette er viktig for best mulig utnyttelse av utstyret. Arbeidsfellesskap inngår svært ofte i et så nært samarbeid som et maskinlag representerer.

Noen har egen foretningsfører som tar seg av den daglige driften og får noe godtgjørelse for dette. Andre overlater oppgaven til formannen mot en mindre godtgjørelse. Erfaringer tyder på at det er lite arbeid med administrasjon og drift av de fleste maskinlagene.

Kapital til maskinkjøp skaffes på forskjellig måte ved innskudd fra andelshaverne, ved låneopptak eller på annen måte. Noen lag anskaffer ikke ny redskap før det er tilstrekkelige midler i laget, mens andre ordner investeringene ved at medlemmene går inn med en startkapital ved årets begynnelse og utestående tilbakebetales ved årsoppgjøret. Kjøpesummen blir fordelt likt mellom medlemmene eller etter en fordelingsnøkkel.

På samme måte som ved "Felles kjøp og bruk av redskap" er det helt nødvendig å gjøre nøyaktige noteringer i f.eks. "Kjørebok for maskinsamarbeid" for at utgiftene skal kunne fordeles riktig mellom medlemmene. På samme måte som tidligere må også arbeid med vedlikehold føres inn. Utrekning av timepris eller pris pr. dekar gjøres på forskjellige måter. De årlige kostnadene for et redskap består av renter, avskrivninger, vedlikehold og forsikring som timeprisen skal dekke dersom denne skal være realistisk. For skurtresker og traktor kommer drivstoff i tillegg. I slutten av hvert år finner en av kjøreboka ut hvor mange timer de enkelte deltagerne har nyttet

redskapen, og fordeler kostnadene etter dette.

Til orientering kan nevnes noen priseksemler fra et maskinlag som er organisert som samvirkelag:

| | 1991-priser | Gjennomsnittspriser 1981-91 |
|---------------------|-------------|-----------------------------|
| Skurtresker, 10 fot | 500 kr/time | 660 kr/time |
| Kombimaskin | 5 kr/da | 11 kr/da |
| Steinrive | 51 kr/time | 80 kr/time |
| Rundballpresse | 5 kr/ball | 23 kr/ball |

Her er alle utgifter medregnet. Det er ikke regnet kostnader til traktor og sjåfør.

Prisene vil selsagt være avhengig av hvor mye maskinene blir nyttet av medlemmene, og ikke minst av kjøring utenom laget. De fleste driver leiekjøring. Det samme laget oppgir følgende priser for utleie til ikke-medlemmer (1991-priser):

| | |
|---------------------|--------------|
| Skurtresker, 10 fot | 1000 kr/time |
| Kombimaskin | 20 kr/da |
| Steinrive | 150 kr/time |
| Rundballpresse | 55 kr/ball |

I følge undersøkelser som er gjort er det flere medlemmer som sparer både kr 30 og opptil kr 50.000 på å være medlem av et lag. 15 lag er med i undersøkelsen (Oldertrøen, I og Randem, K. 1993). Hos medlemmer som er med i samme undersøkelsen blir 33% av alt maskinarbeid utført av laget.

De fleste medlemmene oppgir en bedre kapasitetsutnyttelse på rundballepresse, skurtresker, jordarbeidingsredskap og slåmaskin i forhold til tradisjonell drift. Rundballpressa er et meget populært samarbeidsobjekt, mens det er vanskeligere å samarbeide om traktor og innhøstings- og slåtteredskap (Oldertøen, I og Randem, K. 1993).

Hovedinntrykket fra medlemmene i maskinlag, er at alle virker fornøyd med denne samarbeidsformen, og tror den får større betydning i framtida. Det legges stor vekt på fordeler som reduserte kostnadene, trygghet og sosiale forhold.

Viktige momenter for at et maskinlag skal fungere er: - Evne og vilje til samarbeid - Klare regler og vedtekter - Gode vedlikeholdsrutiner.

Det er anledning for opptak av nye medlemmer i et maskinlag, men i praksis kan dette være vanskelig. De som har vært med i laget i lengere tid kjenner hverandre godt og har innarbeidet gode rutiner. Det kan derfor være vanskelig for en utenforstående å komme inn i et slikt samarbeid. Vedtektene kan også være et hinder.

Maskinring

En maskinring er en sammenslutning av bønder som har ledig kapasitet på redskapene sine, og som ønsker å tilby maskintjenester til andre som har behov for leie av utstyr. Det

er bøndene som eier utstyret. Maskinringen fungere som en formidlingssentral mellom gårdbrukere som har ledig kapasitet og de som har behov for leie av redskaper. Alle kan være medlemmer. Det er også anledning for ikke medlemmer til å få leid redskap gjennom ringen.

Ideen til disse ringene kom fra Tyskland og de har fått stort omfang der. Den tyske modellen nytter foretningsfører i full stilling til formidling av tjenester m.m. Hos oss ble denne samarbeidsformen først prøvd i Rakkestad på midten av 1960-åra, men etter to sesonger ble den nedlagt sansynligvis på grunn av for liten interesse, dårlig organisering og oppfølging. Hos oss ble det først fart i denne type maskinringer fra 1983.

Det ble i 1983 bevilget penger over jordbruksavtalen til tre prøveprosjekter, Jæren, Haugaland og Vestfold maskinring. Disse hadde ringleder i full stilling. I dag har vi 55 ringer.

Ringens oppgave er å formidle maskintjenester fra bønder med overkapasitet til de som har behov for hjelp. Dette kan skje på forskjellige måter. Jæren er i dag den eneste maskinringen med ringleder i full stilling. Dette er en stor ring med over 800 medlemmer som i tillegg til maskinformidling driver gjødselformidling. Dette gir tilstrekkelig grunnlag for ringleder i full stilling. De fleste ringene har leder i delt stilling, svært ofte i kombinasjon med avløserlag. Dette er en god løsning som også myndighetene oppfordrer til. Størrelsen på ringene varierer fra 20-25 medlemmer til over 800.

Opplegget i de fleste ringene var tidligere at ringlederen formidlet en stor del av tjenestene. I dag anbefaler vi direkte formidling mellom medlemmene. Dette blir etterhvert mer og mer utbredt. Bøndene nytter ofte ringlederen første gangen de skal ha utført et oppdrag, og tar senere direkte kontakt med kjører. Oppgjør skjer for det meste direkte. Her nyttes gjerne egen oppdragsrapport. Selv om oppgjøret skjer direkte, oppfordres medlemmene til å sende kopi av rapporten til ringlederen når sesongen er slutt som grunnlag for statistikken. Maskinringens viktigste oppgave er å utarbeide prislister og å føre lister over bønder som ønsker å kjøre for andre med opplysning om hva slags redskap de disponerer. Alle medlemmene bør få disse gratis. På den måten er det enkelt å finne fram til rette person for å få utført oppdrag. Når maskinringen har en kontaktperson som f.eks. lederen av avløserlaget har medlemmene alltid mulighet for å få hjelp. Det er viktig at maskinringen organiseres og drives så enkelt og billig som mulig.

Av samme undersøkelser som tidligere går det fram at i gjennomsnitt nytter ringlederen bare 12% av arbeidstida til organisering av maskinringen. 25 ringer er med i undersøkelsen. Jæren maskinring er ikke medregnet. Det er også ringer som ikke har daglig leder. (Oldertrøen, I og Randem K. 1993).

Det er flere grunner til at maskinringen bør organiseres gjennom avløserlaget. Godkjente lag kan få refundert dokumenterte utgifter til administrasjon innenfor ei fastsatt ramme. Det gir avløserlaget et godt økonomisk grunnlag for å arbeide med maskinformidling.

Statstilskuddet fungerer på en måte som medlemskontingent i maskinringen. Avløserlaget har ordnet kontortid og det er enkelt å få kontakt. I tillegg til avløsere formidles også tjenester fra ulike håndverkere gjennom laget. Avløserlaget blir på denne måten formidlingsasentral for en rekke tjenester. Det er viktig at avløserlaget fungerer tilfredsstillende før det tar på seg nye oppgaver som maskinformidling og annet. Svært mange av maskinringene har fått statlige midler til oppstartning. Mange krever inn medlemskontingent. Denne ligger i størrelsesorden kr 50,- til 500,-.

Når ringen organiseres gjennom et avløserlag nyttes som regel felles vedtekter og styre. Et avløserlag er et samvirkelag (andelslag) med begrenset ansvar. Flere maskinringer har egne vedtekter og eget styre.

Ved oppstartning av maskinring kan det ofte være vanskelig å komme i gang. Etter å ha sendt ut invitasjon til bønder med gode argumenter for å gå inn i en maskinring blir gjerne responsen dårlig. Det viser seg svært ofte nødvendig med personlig besøk for å motivere bonden. Samtidig registreres ønsker for hva en vil leie inn og leie ut.

Alle maskinringer har egne prislister. Disse kan utarbeides på forskjellige måter, men angir ofte timepris pr. meter arbeidsbredde, pr. tonn lasteevne eller pr. ball. Pris for traktor kan beregnes ut fra motorstyrken med egne regler for tvillinghjul og 4-hjulsdrift. Det er egen sats for sjåfør.

Som eksempel for korndistriktene vises priser for såing med kombimaskin, 2,5m og en traktor på 70hk med tvillinghjul fra to maskinringer på Østlandet.

Vestfold maskinring og avløserlag:

| | | |
|-----------------------------|-------------------|---------|
| Traktor 60-80 hk | kr. 82 | pr time |
| 5% tillegg for tvillinghjul | " 4 | " " |
| Sjåfør " | " 100 | " " |
| Kombimaskin 2,5m a kr. 39,- | " 97 | " " |
| SUM | <hr/> 283 pr.time | |

Leie av kombimaskin uten fører (soloutleie), 40% tillegg, kr. 136 pr time.

Ullensaker maskinring og avløserlag:

| | | |
|------------------------------|------------------------|----------|
| Traktor 70 hk a kr. 1.20 | kr. 84 | pr. time |
| 5% tillegg for tvillinghjul | " 4 | " " |
| Sjåfør | " 100 | " " |
| Kombimaskin, 2,5m a kr. 35,- | " 87 | " " |
| SUM | <hr/> kr. 275 pr. time | |

Soloutleie av kombimaskin, 15 % tillegg, kr. 100 pr. time.

For grasdistriktene vises eksempel på pressing av rundballe med pick-up presse fra maskinringene i Hordaland og Jæren maskinring:

| | Hordaland | Jæren |
|------------------------------------|-----------|-----------------|
| Rundballpresse, pick-up kr.pr.time | 252 | 400 |
| ca. tillegg for nett/tau | | 60 |
| Traktor, 70hk " " " | 105 | - |
| Fører " " " | 95 | - |
| SUM kr.pr.time | 452 | 460 |
| Rundballpressing pr. ball | - | 30 ¹ |
| Pakking i plast (4 lag), pr. ball | 32 | 35 |

¹) over 30 baller

For Jæren maskinring er traktor og fører inkludert i prisen.

Det er mest vanlig å leie fører med traktor og redskap. Mange syntes dette er en kostbar løsning, og vil helst nytte sin egen traktor, men leie redskaper. Andre former for maskinsamarbeid kan da være mer aktuelt for dette utstyret. Det skal også nevnes at mange ringer gir mulighet for å leie flere redskaper uten fører, men til en høyere pris slik som i eksemplene ovenfor. Det bør settes opp egne regler for soloutleie. Medlemmer i maskinringer deltar svært ofte i annet samarbeid.

Maskiner som er mest leid gjennom ringen er utstyr for slått, pressing og pakking av gras, utstyr for jordarbeiding, husdyrgjødsel, skurtresker og traktor.

Det er stor variasjon både i omsetning og formidling av oppdrag mellom ringene. Omsetningen varierer fra noen få tusen til nesten 5 mill. kroner. Flere i maskinringene mener at økonomien har blitt bedre p.g.a. inn- og utleie av tjenester (Ueland, R. 1991).

Det er flere årsaker til at bøndene blir med i en maskinring. Det legges vekt på viktige fordeler som at arbeidet blir utført av spesialister, spart eget arbeid og mulighet for leie av utstyr. Kostnadsreduksjon er ofte en av årsakene til medlemskap, men ifølge undersøkelser (Oldertrøen, I og Randem K. 1993) legges det ikke stor vekt på dette. Det er også overraskene at det sosiale fellesskapet betyr forholdsvis lite.

VALG AV SAMARBEIDSFORM

Maskinsamarbeid kan ordnes på utallige måter, formelt eller uformelt. Med stor variasjon i bruksstruktur, klima og produksjon som vi har i Norge, vil det alltid bli mange samarbeidsvarianter. Det viktigste med et maskinsamarbeid er at det fungerer og at kostnadene blir lave. Hvordan det organiseres er i prinsippet mindre vesentlig. I de fleste tilfelle har det vist seg fordelaktig med en eller annen form for skrevne avtaler eller vedtekter. Dersom det oppstår problemer, har en da alltid noe å rette seg etter. Selskapet for Norges Vel har utarbeidet forslag.

Litteratur:

Haug, T. og Kleven, M. 1984. Maskinsamarbeid i jordbruket. En intervjuundersøkelse blandt 210 bønder i kommunene Eid, Tynset, Hjartdal og Vinje. Hovedoppgave ILØ, As-NLH.

Oldertrøen, I og Randem, K. 1993. Organisert maskinsamarbeid i landbruket. Hovedoppgave ITF, As-NLH.

Otterstad, O. 1983. Maskinsamarbeid i jordbruket. Rapport nr 3. NLVFs Bygdeforskningsgruppe, Universitetet i Trondheim.

Ueland, R. 1991. Maskinringer i Norge. Forskningsmelding A-05-91, NILF, Oslo.

Henrik Have

Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole

Sektion for Jordbrugsteknik

Agrovej 10, DK-2630 Taastrup

Simpel kalkulation af indirekte maskinomkostninger under komplekse forhold.

En indirekte maskinomkostning er det økonomiske tab, som forekommer, når en maskinoperation ikke udføres rettidigt, og udbyttet som følge deraf bliver lavere eller af ringere kvalitet. Størrelsen af dette tab kan blive ganske betydeligt. Det er derfor vigtigt, at der tages hensyn til det i beregning af maskinomkostninger, især i forbindelse med valg af maskinstørrelse. Der kan påvises indirekte maskinomkostninger ved næsten enhver maskinoperation, men de vigtigste forekommer i forbindelse med afgrødeetablering, sprøjtning og høst.

Simple metoder til beregning af indirekte maskinomkostninger har været kendt længe (Hunt, 1983, Axenbom et al., 1988), men anvendelse af disse metoder har været vanskelig at overskue under mere komplekse forhold. I det følgende søges der videregivet en løsning, som er fundet i forbindelse med undervisning på området (Have, 1991).

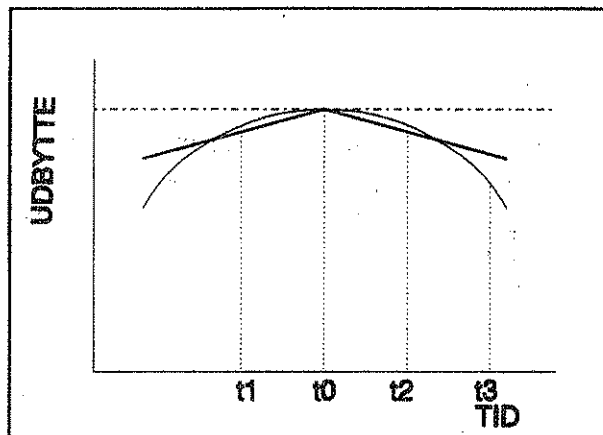
Definition og matematisk repræsentation af den indirekte maskinomkostning.

Der er udført mange markforsøg med det formål at undersøge sammenhængen mellem udbytte (afgrødeværdi) og tidspunktet for arbejdets udførelse. Disse forsøg kan ved en opsummeret gennemsnitsbetragtning for den enkelte kombination af afgrøde og maskinoperation som vist i figur 1. Her er den krumme kurve udtryk for det udbytte, der typisk opnås, når arbejdet udføres til forskellige tidspunkter, medens de kraftige, rette linier er tilnærmelser, der ofte anvendes under praktiske forhold (Hunt, 1983).

Witney (1988) har udtrykt det relative udbyttetab, d.v.s. forskellen mellem det potentielle udbytte (vandrette stiplede linie) og det faktisk udbytte (den krumme kurve i figur 1), ved modellen:

$$U_t = R(t_x - t_0)^2,$$

hvor: U_t er udbyttetabet,
 R_w er en tabskoefficienten,
 t_x er tidspunktet for arbejdets udførelse og
 t_0 er det optimale tidspunkt.



Figur 1. Typisk sammenhæng mellem udbytte (afgrødeværdi) og tidspunktet for et arbejdes udførelse. Den krumme kurve er den virkelige sammenhæng, og de rette linier den anvendte tilnærmelse.

Kurverne for udbytte kan være lidt forskellige for tidlig og sen udførsel, men i langt de fleste tilfælde synes forskellen at være lille. Desværre er ovennævnte model ret besværlig at anvende i praksis. Derfor anvendes oftest den tilnærmede formel:

$$U_t = R|t_x - t_0|, \quad (2)$$

hvor R er tabskoefficienten svarende til denne form og de øvrige variabler har samme betydning som ovenfor. Dette udtryk, som er illustreret ved de kraftige, rette linier i figur 1, svarer til at udbyttet stiger retlinet indtil det optimale tidspunkt t_0 for derefter at aftage igen med samme hældningskoefficient. Tabskoefficienten svarende til denne model ligger i de fleste tilfælde i intervallet 0,001 - 0,004.

Fejlen, der begås ved at anvende den retlinede tilnærmelse i stedet for den rigtige ligning, er af begrænset størrelse, og skønnes ikke at have væsentlig betydning, da der i forvejen er stor usikkerhed på størrelsen af den indirekte maskinomkostning. Endvidere stilles der ikke så store krav til nøjagtigheden, idet andre faktorer i den samlede beregning af maskinomkostninger, f.eks. afskrivning og forrentning, har meget store usikkerheder over maskinens levetid.

Beregning af det samlede tab over en operationsperiode.

Da ethvert arbejde varer en vis tid, f.eks. perioden $t_3 - t_0$, der er afsat i figur 1, vil der næsten altid opstå et vist værditab. For det areal, der får arbejdet udført til tiden t_0 , (det optimale tidspunkt) er værditabet 0. For det øvrige areal stiger værditabet dag for dag, indtil arbejdet afsluttes til tiden t_3 . Det betyder, at den del af arealet der udføres til sidst får et procentisk tab på t_3R , idet t_3 angiver varigheden i dage efter det optimale tidspunkt og R angiver tabet pr. dag, der går ud over det optimale tidspunkt. Det gennemsnitlige procentiske værditab over denne periode bliver derfor:

$$T_g = R(t_3 - t_0)/2. \quad (3)$$

Heraf ses, at værditabet er proportionalt med varigheden af arbejdet, d.v.s. det kan opfattes som en variabel omkostning på linie med f.eks. arbejdskraft. Det kan derfor indgå i beregninger på linie med reparationsomkostninger og arbejdsløn, d.v.s. som en driftsomkostning ved maskinoperationen. Værditabet skal derfor udtrykkes ved en model som giver enheden kr/time. Hunt (1983) har ud fra disse overvejelser fundet det velkendte udtryk:

$$C_R = (RAUV)/(t_dXE) \quad (4)$$

hvor C_R er den indirekte maskinomkostning, kr/h.
 R er tabskoefficienten, udtrykt som en decimal af potentielt udbytte pr. dag,
 A er arealet i hektar.
 U er det potentielle (maksimale) udbytte i tons/ha,
 V er værdien i kr/ton,
 X er en planlægningsfaktor, der tildeles værdien 4 ved balanceret udførelse (f.eks. fra t_1 til t_2) og værdien 2 ved tidlig eller sen udførelse (f.eks. t_0 til t_3),
 E er en udnyttelsesfaktor, d.v.s. den tid det er muligt at operere med en maskine i forhold til total daglig arbejdstid,
 t_d er antallet af arbejdstimer pr. dag.

Størrelsen C_R , der således angiver det gennemsnitlige værditab pr. time over den periode arbejdet varer, benævnes også "rettidsomkostning" eller "rettidseffekt", (svensk: "läglighetseffekten").

Udtrykket gælder for tilfælde, hvor der er tale om 1 maskine, der opereres i forhold til én afgrøde eller i forhold til flere afgrøder, der har indbyrdes uafhængige operationsperioder. I andre tilfælde er der behov for korrektioner af udtrykket, hvilket omtales i det følgende.

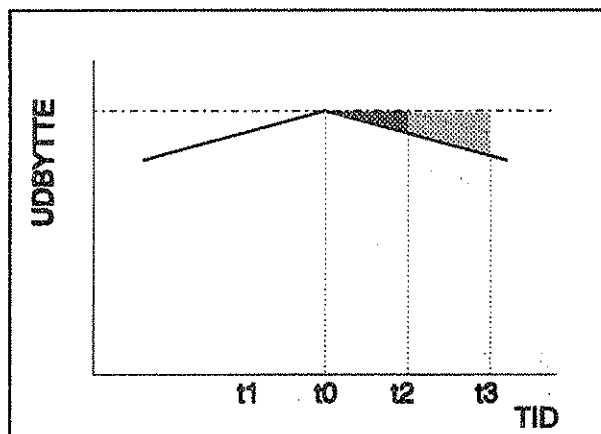
Anvendelse på maskiner, der opereres i rækkefølge.

I plantedyrkingen indgår der ofte flere uafhængige maskinoperationer der alle er nødvendige for at opnå det ønskede resultat i forhold til en enkelt afgrøde. Som eksempel på dette kan nævnes afgrødeetablering om foråret. Her indgår oftest de uafhængige maskinoperationer harvning og såning i den nævnte rækkefølge. Harvningen bør først påbegyndes, når jorden er tørret op til den gunstige, sprøde konsistens. Dette tidspunkt er ifølge forsøgsresultater også det optimale tidspunkt for såning, men såningen kan jo først udføres, efter at jorden er harvet. Udførelsen af de to arbejder kan foregå enten samtidig eller efter hinanden.

I det første tilfælde, hvor de to operationer foregår samtidig (med to traktorer eller med et kombinationsredskab) vil varigheden af de to operationer være nogenlunde den samme som varigheden af arbejdet for en enkelt af operationerne. Det er derfor i dette tilfælde kun nødvendigt, at medtage de indirekte maskinomkostninger for den ene af maskinerne.

I det andet tilfælde arbejder maskinerne én ad gangen, og varigheden af hver af de to arbejdsoperationer vil have indflydelse på den samlede varighed. Den afgørende operation såningen starter først en vis tid efter det optimale tidspunkt. Derfor bliver de indirekte maskinomkostninger større, end hvis de blev beregnet som summen af de indirekte maskinomkostninger for hver af operationerne. Dette er illustreret i figur 2.

Beregner man den normale indirekte maskinomkostninger for både harve og såmaskine, får man et tab, der svarer til to gange den skraverede trekant i perioden $t_2 - t_0$ i figur 2. I virkeligheden burde tabet imidlertid være en værdi, der svarer til det skraverede felt i perioden $t_3 - t_2$, idet det er i denne periode såningen foregår. På grundlag af arealerne af de skraverede felter ses det derfor, at de indirekte maskinomkostninger for denne arbejdsfølgesituation bør være 1,5 gange større end hvis den som normalt medregnes for begge maskiner. Det er altså ikke nok, at tage den almindelige indirekte maskinomkostning med for hver af maskinerne.



Figur 2. Illustration af udbyttetabet ved operation af maskiner i rækkefølge forud for den afgørende operation.

Ved en nærmere analyse af problemet kan det vises, at den nævnte faktor 1,5 varierer

i forhold til de relative varigheder af de 2 operationer, således at den nærmer sig værdien 1, når harvningen har en meget kort relativ varighed og nærmer sig værdien 2, når harvningen får en lang relativ varighed.

Ved en udvidet analyse af mere end 2 arbejdsoperationer efter hinanden og med den afgørende operation sidst, findes ligeledes at faktoren ligger i variationsområdet 1 til 2. Da kapaciteten af de enkelte maskiner imidlertid oftest er af nogenlunde samme størrelse, og der som allerede nævnt er begrænsede krav til nøjagtigheden, kan det derfor konkluderes, at i situationer, hvor 2 eller flere maskiner opereres i rækkefølge inden den afgørende operation, f.eks. såning, kan beregningen af den indirekte maskinomkostninger foretages ved at anvende ligning 4 for hver af maskinerne og endvidere multiplicere med faktoren 1,5 i begge tilfælde.

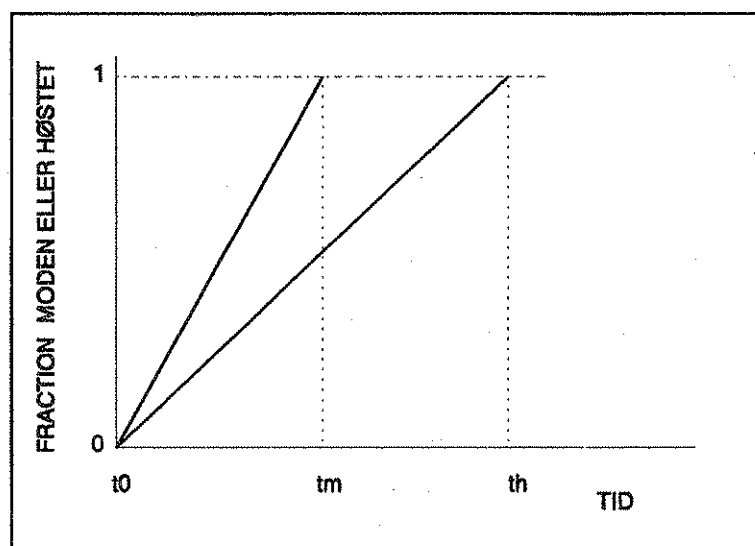
Anvendelse på arbejdsoperationer i forbindelse med afgrøder, der har tætliggende optimale tidspunkter.

Hvis der er flere afgrøder med forskellige, men så tætliggende, optimale tidspunkter, at der for rettidig udførelse kræves overlappende maskinoperationsperioder, er det ligeledes nødvendigt at anvende en korrektion på formel 4.

I enkle tilfælde, hvor der kun er tale om 2 til 3 afgrøder, kan man anvende passende værdier for planlægningsfaktoren X for hver af de pågældende afgrøder, dvs. ved at forskyde operationsperioderne så meget henholdsvis i tidlig og sildig retning, at operationsperioderne kommer til at ligge i forlængelse af hinanden.

I mere komplicerede tilfælde med mange afgrøder, der har optimal tid på forskellige men ikke uafhængige tidspunkter, kan man anvende en anden korrektion, der reducerer den indirekte maskinomkostning i et omfang, der svarer til spredningen af de optimale tidspunkter.

Størrelsen af denne korrektion kan illustreres ved figur 3, som viser en situation, hvor modningen af et antal kornafgrøder er spredt over perioden $t_m - t_0$. Samtidig er høstoperationerne, der udføres i den rækkefølge modningen sker, spredt over en periode $t_h - t_0$ på grund af begrænset kapacitet. Hvis høsten startes, når den første afgrøde har optimal tidspunkt (hvilket svarer til forsinket udførelse, altså $X = 2$) vil denne afgrøde blive høstet næsten rettidig. Men som tiden går og arbejdet skrider frem, vil høsten af de følgende afgrøder ske med større forsinkelse, og høsten af



Figur 3. Ændring i tidsintervallet mellem optimal tidspunkt t_m og høsttidspunkt x_h efterhånden som arbejdet skrider frem.

den sidste afgrøde vil ske med en forsinkelse på $t_h - t_m$ dage. Deraf ses, at den indirekte maskinomkostning skal korrigeres med faktoren:

$$k = (t_h - t_m)/t_h \quad (5)$$

der kan antage værdier mellem 0 og 1, idet værdien 0 vil forekomme i tilfælde, hvor afgrøderne modner i samme tempo som høstarbejdet skrider frem ($t_m = x_h$), medens værdien 1 forekommer, når alle afgrøder modner på samme tid ($t_m = 0$). Situationen er da den samme, som hvis der kun var tale om 1 afgrøde.

Såfremt der i stedet for vælges balanceret planlægning, d.v.s at den ene halvdel høstes før det optimale tidspunkt og den anden halvdel efter, bliver den indirekte maskinomkostning kun halv så stor, hvilket opnås ved som i andre tilfælde at sætte $X = 4$, svarende til balanceret planlægning, ligning (4).

Anvendelse på maskinstationsarbejde.

Et naturligt alternativ til selv at eje og operere en maskine er leje af maskinstation. Beslutning om, hvilken løsning der er mest økonomisk, kan tages ved at sammenligne gældende takster med de direkte omkostninger ved at eje maskinen. Man bør imidlertid ikke glemme at tage hensyn til de indirekte omkostninger, da disse kan have betydelig indflydelse.

Beregningen af indirekte maskinomkostninger for maskinstationsarbejde kan ske efter samme grundlæggende princip som tidligere beskrevet, men beregningen bør udføres anderledes, idet maskinstationer ikke kan forventes at udføre arbejdet til optimal tid. Samtidig er der i regelen tale om store maskiner. Derfor kan arbejdet gennemføres på relativ kort tid. Det betyder, at man ofte kan regne med, at et arbejde udføres på 1 til 3 dage. Derfor vil de indirekte maskinomkostninger med reference til ligning (4) kunne beregnes ved udtrykket:

$$C_r = (t_x - t_0) RUV \quad (6)$$

hvor C_r er den indirekte maskinomkostninger udtrykt i kr/ha,
 t_x er tidspunktet (dagen) for forventet eller aftalt udførelse,
 t_0 er det optimale tidspunkt (den optimale dag) for udførelse,
 R er tabskoefficienten udtrykt som en fraktion af afgrødeværdien pr. dag,
 U er udbyttet i tons pr. ha,
 V er værdien af udbyttet i kr/tons.

Da enheden for den indirekte maskinomkostning udtrykt ved denne ligning udregnes som kr/ha, kan værdien uden videre lægges til maskinstationens arealtakst, hvorefter man har de samlede omkostning pr. ha.

Ligning (6) kan samtidig anvendes til at gøre maskinstationer opmærksom på, hvor stort et tab der må regnes med, når arbejdet ikke udføres rettidigt. Ved brug af andre alternativer, f.eks. leje af maskiner fra nabo, kan der anvendes lignende betragtninger.

Konklusion

Analysen viser en oversigt over simple metoder til estimering af indirekte maskinomkostninger under komplekse forhold, hvor sammenhørende maskinoperationer udføres samtidig eller i rækkefølge, hvor der er flere afgrøder med forskellige tætliggende, optimale tidspunkter og hvor der udføres maskinstationsarbejde.

Analysen viser, at der under forhold, hvor sammenhørende maskinoperationer udføres i rækkefølge, f.eks. i forbindelse med afgrødeetablering om foråret, skal regnes med en indirekte omkostning, der er ca. 50% større, end hvis den normale indirekte maskinomkostning udregnes for hver enkelt maskine.

Endvidere viser den, hvorledes der under forhold, hvor en maskine skal udføre arbejdet i relation til mange afgrøder, der har tæt sammenfaldende optimale tidspunkter, kan anvendes et simpelt udtryk, der giver en reduktion af den indirekte omkostning i forhold til spredningen på de optimale tidspunkter.

Endelig er der redegjort for, hvorledes indirekte maskinomkostninger kan beregnes for maskinstationsarbejde.

Litteratur

Axenbom et al. (1988): Handle og berägning - en enkel metod att välje rätt maskin. - Institutionsmeddelande 88:01, Institutionen for Lantbruksteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet.

Have, H.(1991): Planlægning og kontrol i markbrugets mekanisering. Kompendium til undervisningen i mekaniseringsplanlægning. -Sektion for Jordbrugsteknik, Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole.

Hunt, D.(1983): Farm Power and Machinery Management. -Iowa State University Press, USA.

Witney. B.(1988): Choosing and Using Agricultural Mashines. - Longman.

Kolbjørn Christoffersen
 Norges Landbrukshøgskole
 Institutt for tekniske fag
 1432 Ås, Norge
 tlf. +47 6494 8771

Virkingen av økte gjødselpriser på mekaniseringen

1. Innledning

NLH ble det i perioden 1989-91 gjennomført et prosjekt med tittelen Miljøeffekter av landbrukspolitiske tiltak. Institutt for økonomi og samfunnsfag ved Sigurd Rysstad og Jesper Simonsen var hovedansvarlig for prosjektet mens undertegnede ved Institutt for tekniske fag hadde hovedansvaret for den praktiske utformingen av modellen som ble brukt til å analysere miljøeffektene, innsamling av data om de tekniske alternativene og den praktiske gjennomføringen av modellkjøringene.

Bakgrunnen for prosjektet var den såkalte Nordsjøkonvensjonen som forpliktet Norge til blant annet å redusere nitrogenforurensningene til Nordsjøen til 50 % innen 1995. Ifølge beregninger kommer 58 % av disse nitrogenforurensningene fra landbruket. Innenfor landbrukssektoren var det tidligere gjort en betydelig innsats for å redusere punktutslippene fra blant annet driftsbygningene, og det syntes åpenbart at det var nødvendig å redusere arealavrenninga betydelig for at Nordsjøkonvensjonens målsetting skulle oppnås.

I utgangspunktet var prosjektet innrettet mot flere politiske tiltak for å redusere avrenningen. Samtidig med vårt prosjekt ble det imidlertid utført andre forskningsprosjekter som analyserte tiltak for å redusere forurensningene, for eksempel ved hjelp av gjødselplanlegging, andre spredningstidspunkter for husdyrgjødsel, andre dyrkingsteknikker (reduert jordarbeiding, direktesåing osv.) og skogplanting. Etterhvert som arbeidet med prosjektet gikk framover, konsentrerte vi oss derfor stadig mer om å analysere hvordan økt pris på mineralgjødsel (ved bruk av avgifter) virket inn på gårdbrukernes tilpassing, hvilken mekanisering som var optimal ved ulike priser på gjødsel, virkninger på nitrogenavrenningen og samfunnsøkonomiske og foretakøkonomiske konsekvenser.

2. Modellverktøy

Vi ønsket å analysere hvordan de enkelte gårdbrukerne tilpasset seg ulike avgiftsnivåer, og konkluderte med at en LP-modell på enkeltbruksnivå var godt egnet til å beregne den optimale tilpasningen til de ulike avgiftsalternativene. Vanligvis vil den økonomiske tilpasningen skje på to måter, enten ved at gårdbrukerne endrer mengden av ressurser som blir brukt i produksjonen (intensitetsvirkning), eller ved at en type ressurs blir erstattet av en annen type ressurs (substitusjonsvirkning). For eksempel vil redusert gjødslingsintensitet i kornproduksjonen være en typisk intensitetsvirkning, mens overgang fra bruk av mineralgjødsel til bruk av husdyrgjødsel vil være en typisk substitusjonsvirkning. Overgang fra en type teknikk til en annen type teknikk ved spredning av husdyrgjødsel vil også være en substitusjonsvirkning.

Tradisjonelle LP-modeller er tilstrekkelig ved modellering av kontinuerlige prosesser, for eksempel variable kostnader, men de er lite egnet ved modellering av investeringsprosesser, for eksempel ved valg av spredeutstyr for husdyrgjødsel. For å kunne modellere de faste kostnadene ved ulike investeringsalternativ/handteringslinjer, brukte vi en lineær programmeringsmodell som også kan handtere heltallsrestriksjoner, det vil si en blandet heltallsprogrammeringsmodell (MILP). Denne gjør det mulig å legge investeringsprosesser med faste kostnader inn i modellen i tillegg til de vanlige kontinuerlige prosessene.

3. Prosesser i MILP-modellen

3.1. Investeringsprosesser.

Følgende investeringsalternativ er med i modellen: 3 ulike gjødseltankvogner, stripespredningsutstyr, nedfellingsutstyr, gylleanlegg, 2 ulike mineralgjødselspredere, tilleggslager for husdyrgjødsel (økning fra 8 til 12 måneders lagringsvolum), grashøstingsutstyr og skurtresker. Årlige faste kostnader i forbindelse med investeringene er med i målfunksjonen, og disse investeringsprosessene er koblet til prosesser som beregner tidsforbruk og variable kostnader i forbindelse med operasjonene.

Disse ulike investeringsprosessene gjør det mulig å analysere eventuelle sprangvise overganger mellom ulike dyrkingsteknikker som blir foretatt ved den optimale tilpasningen av landbruksproduksjonen. De fleste andre modeller som har vært brukt ved analyse av forurensning og gjødselavgifter har bare kunnet vurdere optimale tilpasninger med hensyn til intensiteten av gjødsling og eventuelt kontinuerlige substitusjoner mellom ulike planteproduksjoner.

3.2. Plantedyrkingsprosesser.

Følgende plantedyrkingsprosesser er med i optimeringen i modellen: 4-årig eng, korn med tradisjonell jordarbeiding, korn med redusert jordarbeiding, gjenlegg med høstpløying og gjenlegg med redusert jordarbeiding. Gjødslingsintensiteten ved dyrking av disse kulturene kan varieres i tillegg til at arealet kan varieres. Fordi det ikke er lineær sammenheng mellom gjødslingsintensitet, avling og forurensning, må de ulike gjødslingsintensitetene modelleres som egne prosesser.

De ulike plantedyrkingsprosessene medfører forskjeller i avling, krav til gjødsling (N, P og K), næringsinnhold i bortført avling, avrenning av N og P og erosjon av P.

Som eksempel er byggavlingen pr. dekar som funksjon av N-gjødslingen beregnet til:

$$Y = 236,79 + 31,89 N - 1,17 N^2 - 0,01003 N^3$$

der

$$Y = \text{byggavling (kg/daa)}$$

$$N = \text{nitrogengjødsling (kg/daa)}$$

Disse funksjonene er basert på resultater av avlingsforsøk. Ved praktisk landbruksproduksjon er avlingen anslått til 85 % av dette. I modellen er kornartene havre, bygg og hvete satt sammen til en korn-mix på 40 % havre, 40 % bygg og 20 % hvete, og forholdet mellom disse artene er ikke med i optimeringen.

Med hensyn til sammenhengen mellom avrenning og nitrogengjødsling, var datamaterialet fra norske forsøk svært spinkelt. På bakgrunn av foreliggende datamateriale, var det tidligere beregnet følgende avrenningsfunksjoner ved produksjon av korn (tabell 1):

Tabell 1. Avrenning som funksjon av nitrogengjødslingen. Korn.

| N-gjødsling (N) (kg/dekar) | N-avrenning (U) (kg/dekar) |
|----------------------------|-------------------------------------|
| $N < 4,273$ | $U = 2$ |
| $4,273 < N < 16$ | $U = 2,3336 - 0,153 N + 0,0179 N^2$ |
| $N > 16$ | $U = -3,532 + 0,5 N$ |

Dette betyr at avrenningen er konstant ved gjødslingsintensiteter under 4,3 kg N/dekar for deretter å øke gradvis slik at den marginale avrenningen er 50 % ved gjødslingsintensiteter over 16 kg N/dekar.

Avrenningen av nitrogen ved engproduksjon var basert på tilsvarende avrenningsfunksjoner.

3.3. Husdyrgjødseltildelingsprosesser.

Tildeling av husdyrgjødsel kan skje til ulike kulturer, ulike tidspunkt på året, med ulik spredningsteknikk og varierende tildelingsmengde pr. dekar. Dette medfører forskjell i utnyttingsgraden av næringsstoffene i husdyrgjødsel og forskjell i ammoniakkefordamping ved spredningen.

Utnyttingstall for næringsstoffene i husdyrgjødsel er i hovedsak basert på det norske gjødselplanleggingsprogrammet GJPLAN. I en del tilfeller blir utnyttningstallene basert på GJPLAN for høye på grunn av logiske kortslutninger i GJPLAN og i andre tilfeller angir GJPLAN for høye utnyttningstall. Generelt er derfor våre utnyttningstall lavere enn de som blir angitt av GJPLAN.

GJPLAN inneholder lite informasjon om hvordan utnyttningstallene varierer med spredetidspunkt og spredningsteknikk. Vi har derfor korrigert utnyttningstallene for ulike spredetidspunkt og spredeteknikker på grunnlag av forskjeller i ammoniumfordamping ved de ulike spredningsalternativene som er gjengitt i tabell 2.

Tabell 2. Prosentandel av ammoniumnitrogen som fordamper ved ulike spredningsteknikker og spredningstidspunkt.

| | Vår | Forsommer | Sommer | Høst |
|--------------------|-----|-----------|--------|------|
| Overflatespredning | 40 | 50 | 50 | 30 |
| Stripespredning | 35 | 45 | 45 | 25 |
| Nedfelling | 5 | 5 | 5 | 5 |

Næringsstoffene i husdyrgjødsel blir normalt dårligere utnyttet enn næringsstoffene i mineralgjødsel. Avrenningen av næringsstoffer er modellert som en funksjon av tilførte næringsstoffer i mineralgjødsel. Dette betyr at det i modellen er forutsatt at dekking av næringsbehovet ved bruk av husdyrgjødsel ikke fører til mer avrenning enn om næringsbehovet hadde vært dekket ved tilførsel av mineralgjødsel.

På grunnlag av dette kan en anta at modellen vil underestimere avrenningen ved bruk av husdyrgjødsel. I modellen blir det derfor også beregnet en næringsstoffbalanse for N, P og K, som er forskjellen mellom mengden av tilførte og bortførte næringsstoffer. Denne næringsstoffbalansen vil, sammen med de beregnede avrenningstallene, fortelle noe om den langsiktige forurensningssituasjonen.

3.4. Mineralgjødseltildelingsprosesser.

Tildeling av mineralgjødsel til de ulike kulturrene kan skje til ulike tidspunkt på året, og det kan velges mellom ulike typer gjødsel. I modellen er det velges mellom gjødselslagene NPK 17-7-12, NPK 21-4-10, NPK 25-3-6 og superfosfat P9.

Tidsforbruk ved tildeling av husdyrgjødsel og kunstgjødsel.

Tidsforbruket avhenger av spredemetode og spredemengde. Arbeidsforbruket i de ulike sesongene blir delvis beregnet på grunnlag av dette, ved korndyrking blir tidsforbruket ved spredning om våren også brukt til å beregne lagelighetskostnader.

3.5. Husdyrprosesser.

Antall storfeenheter og antall purkeenheter med slaktegris blir optimert i modellen. Endring i dyretallet medfører endring i spredearealkravet, plassbehov, behov for melkekvote, fôrbehov (kraftfôr og grovfôr), husdyrgjødselmengde og arbeidsbehov.

3.6. Variable maskinkostnader.

Vedlikeholdsutgifter og driftsutgifter blir beregnet for de ulike maskiner og redskaper som blir valgt under optimeringen.

4. Skranker i MILP-modellen

4.1. Produksjonsomfang.

Gårdens areal, melkekvote og antall dyreplasser i driftsbygningen.

4.2. Husdyrgjødseltildeling.

Maksimal mengde for tildeling til ulike kulturer er begrenset. I tillegg er antall dyreenheter begrenset i forhold til spredearealet.

4.3. Kjøp og salg av fôr og arbeidskraft.

Kraftfôr og grovfôr kan kjøpes og selges i ubegrenset mengde. Arbeidskraft kan kjøpes i ubegrenset mengde, mens forbruk og salg av arbeidskraft er begrenset for ulike perioder.

4.4. Husdyrgjødsellager.

Mengden av husdyrgjødsel og vaskevann o.l. som kan lagres er begrenset til lagerets størrelse.

4.5. Gjødslingsbalanse.

Tilførsel og behov for nitrogen balanseres for hver kultur og for hvert gjødslingstidspunkt. For kalium må den tilførte kaliummengden være minst like stor som kaliumbehovet for hver kultur, og for fosfor må den tilførte mengden minst tilsvare fosforbehovet for hele gården. For alle tre næringsstoffene blir næringen i husdyrgjødsel omregnet til mineralgjødselkvivalenter.

4.6. Næringsbalanse og forurensning.

Forskjellen mellom tilført og bortført N, P, og K blir oppsummert i egne balanseskranker. I tillegg blir nitrogenavrenning, fosforavrenning, nitrogenfordamping og biotilgjengelig fosfor i erosjonsmaterialet oppsummert.

En mer utførlig beskrivelse av første utgave av modellen finnes i Christoffersen & Rysstad (1990) sammen med første utgave av avlingsfunksjoner og husdyrgjødselutnyttingsfunksjoner. De endelige avlingsfunksjonene og husdyrgjødselutnyttingsfunksjonene er beskrevet i Simonsen et. al. (1992).

5. Resultater av modelloptimeringene

Jeg skal her presentere resultatene fra en kjøring av MILP-modellen, et melkeproduksjonsbruk på 128,7 dekar med 26 årskyr + påsett (219 prosesser og 110 skranker). På bruket er det foretatt optimeringer med N-avgifter på mineralgjødsel på henholdsvis 0, 4, 8 og 12 kr pr. kg nitrogen.

Tabell 3 viser resultatet av optimeringene for dette bruket.

Tabellen viser hvilken mekanisering som er optimal ved spredning av husdyrgjødsel, optimale spredetidspunkt for husdyrgjødsel, optimale planteproduksjoner med optimal nitrogen gjødsling, og hvilke arealer som skal tildeles husdyrgjødsel ved de ulike avgiftsnivåene. Avrenningstallene for nitrogen og fosfor er beregnet på grunnlag av avrenningsfunksjonene mens tilsvarende overskudd er beregnet som differansen mellom tilført næringsstoff og næringsstoff som er bortført med avlingen. Disse overskuddstallene gir et bilde av de langsiktige konsekvensene av ulike gjødslingalternativer.

Tabell 3. Effekten av N-avgift på gjødsling, forurensning og økonomi. Melkeproduksjonsbruk med 128,7 dekar og 26 årskyr.

| Nitrogenavgift (kr/kg N) | 0 | | 4 | | 8 | | 12 | |
|--|-------------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|
| Mekanisering | Tankvogn (3500 l) | | Gylleanlegg | | Gylleanlegg | | Gylleanlegg | |
| Spredningstidspunkt for husdyrgjødsel | Vår | | Vår | | Vår | | Vår | |
| | Sommer | | Sommer | | Forsommer | | Forsommer | |
| | Høst | | Høst | | Sommer | | Sommer | |
| Kulturer og N-intensitet | Eng | 27,75 | Eng | 25,75 | Eng | 23,25 | Eng | 21,25 |
| | Gjenlegg | 9,6 | Gjenlegg | 9,6 | Gjenlegg | 9,6 | Gjenlegg | 9,6 |
| Spreddearealer, tidspunkt og mengde i tonn | Eng Vår | 402 | Eng Vår | 359 | Eng Vår | 289 | Eng Vår | 261 |
| | Eng Som | 126 | Eng Som | 112 | Eng ForS | 126 | Eng ForS | 155 |
| | Gjenl. Høst | 74 | Eng Høst | 27 | Eng Som | 56 | Eng Som | 56 |
| | | | Gjenl. Høst | 103 | Eng Høst | 130 | Eng Høst | 130 |
| N-kjøp (kg) | 2055 | | 1159 | | 838 | | 632 | |
| N-avrenning (kg) | 530 | | 465 | | 391 | | 340 | |
| P-avrenning (kg) | 5,75 | | 5,41 | | 4,98 | | 4,64 | |
| N-fordamping (kg) | 431 | | 337 | | 372 | | 380 | |
| N-overskudd (kg) | 2496 | | 1688 | | 1493 | | 1407 | |
| P-overskudd | 440 | | 398 | | 341 | | 298 | |
| P-erosjon | 4,19 | | 4,19 | | 4,19 | | 4,19 | |
| Brutto økte kostnader (kr) | 0 | | 4795 | | 8611 | | 11552 | |
| Samfunnsmessige kostnader (kr) | 0 | | 159 | | 1907 | | 3968 | |
| Kostnad (kr/kg red.N-avrenning) | - | | 2,4 | | 14 | | 21 | |
| Kostnad (kr/kg red. N-overskudd) | - | | 0,2 | | 2 | | 4 | |

Samfunnsmessige kostnader er definert som forskjellen mellom brutto økte kostnader for bruket minus størrelsen på avgiftsinnbetalingen.

Kostnadseffektiviteten ved ulike avgiftsnivåer er her definert på to måter, enten som samfunnsmessig kostnad i forhold til reduksjonen i avrenningen basert på avrenningsfunksjonene eller som samfunnsmessig kostnad i forhold til endringen i nitrogenoverskudd. Fordi det er stort avvik mellom nitrogenavrenningstallene og nitrogenoverskuddstallene blir det stor forskjell mellom disse to kostnadseffektivitetstallene. Vi har imidlertid valgt å bruke begge disse kostnadseffektivitetstallene fordi vi mener at blant annet måten som avrenningen blir beregnet på i forbindelse med gjødsling med husdyrgjødsel vil medføre for lave anslag på forurensningsvirkningen på lang sikt.

Dersom vi tar utgangspunkt i de mest forsiktige kostnadseffektivitetstallene, ser vi at disse tallene øker med økt N-avgift, og en avgift på 12 kr/kg N i mineralgjødsel medfører en samfunnsmessig kostnad på 21 kr/kg redusert N-avrenning.

Beregningsresultatene viser at det ved lav pris på mineralgjødsel vil være foretaksøkonomisk optimalt å bruke tankvogn til utspredning av husdyrgjødsel, mens det ved N-avgifter på over 4 kr pr. kg N vil være optimalt å bruke gylleanlegg. Ved overgang til gylleanlegg vil det være nødvendig å spre en del av husdyrgjødsel om høsten (i tillegg til vår og sommer) for at det ikke skal være nødvendig å bygge ut gjødsellageret fra 8 måneders lagringskapasitet til 12 måneders lagringskapasitet.

Ved nitrogenavgifter på over 8 kr pr. kg N vil det dessuten være lønnsomt å spre en del av husdyrgjødsel om forsommeren for å få en bedre utnytting av næringsstoffene.

6. Konklusjoner og kommentarer

Beregningene ovenfor viser at for det valgte gårdsbruket er vanlig overflatespredning lønnsom med dagens mineralgjødse priser. Ved en økning i gjødse priserne på mer enn 4 kr pr. kg N vil gyllespredningsmetoden være den mest lønnsomme.

Tilsvarende resultater har vi også fått ved beregninger der vi har gått ut fra andre forutsetninger med hensyn til arealstørrelse og besetningsstørrelse. Ved økende pris på mineralgjødse har vi først fått en overgang fra vanlig overflatespredning til gylleanlegg. I tillegg vil det bli lønnsomt å spre mer av husdyrgjødsla i vekstsesongen og i noen tilfeller vil det også bli lønnsomt å utvide gjødse lageret for å kunne lagre gjødsla til de mest gunstige spredningstidspunktene.

Stripespredningsutstyr og nedfellingsutstyr har ikke i noen tilfeller vært lønnsomme. Det kan være flere årsaker til dette. For det første er dette relativt kostbart utstyr som kommer i tillegg til kostnadene med den vanlige tankvognen. Tidsforbruket ved spredning vil øke, spesielt i forbindelse med nedfelling. I tillegg vil de forskjellige metodenes innvirkning på nitrogenutnyttningen ha stor betydning for hvilken metode som blir valgt. Modellens optimering er basert på disse utnyttningstallene, og derfor vil gylleanlegg med høyt utnyttningstall og mye ammoniakkfordamping bli mer lønnsom enn nedfelling og stripegjødslingsmetoden (med lavere utnyttningstall og lavere ammoniakkfordamping). Dersom det blir tatt i bruk virkemidler som fokuserer mer på ammoniakkfordampingen vil forholdet mellom disse metodene bli endret.

Dersom vi tar utgangspunkt i en nitrogenavgift på 12 kr/kg N, ser vi at den samfunnsmessige kostnaden pr. kg redusert N-avrenning vil bli henholdsvis 21 og 37 kr. Dersom en sammenligner disse kostnadstallene med andre tiltak i Statens forurensningstilsyns tiltakspakke for Nordsjøen, kommer N-avgifter relativt gunstig ut. For eksempel vil et nitrogenrensianlegg for 10000 personekvivalenter ha en beregnet rensekostnad på ca. 120 kr/kg redusert N-avrenning, mens de to store renseanleggene ved Oslo har en beregnet rensekostnad på ca. 30 kr/kg redusert N-avrenning.

Dersom en tar utgangspunkt i endringene i nitrogenbalanse, ser vi at avgifter på N-gjødse relativt sett er enda mer fordelaktig.

7. Litteratur

Christoffersen, K. og S. Rysstad 1990: Foretaksøkonomiske og miljømessige effekter av virkemidler mot landbruksforurensninger. Rapport nr. 16. SEFO, Ås.

Simonsen, J., S. Rysstad og K. Christoffersen 1992: Avgifter eller detaljregulering? – Studier av virkemidler mot nitrogenforurensning fra landbruket. Melding nr. 10. Norges landbruks-høgskole, Institutt for økonomi og samfunnsfag, Ås.

Gunnar Lundin
 Jordbrukstekniska institutet
 Box 7033
 S-750 07 UPPSALA

Kan reparingstekniken sänka kostnaderna i spannmålsproduktionen

- Reparbordet lösgör kärnorna från strået
 - Reducerat halmintag och torrare tröskgods
- Högre bordförluster - oljevaxter ej möjliga att repa
- Bärgning respektive nedbrukning av halmen försvåras
- Tröskningskapaciteten ökar med 50 %
 - Antalet tröskor på en brukningsenhet kan reduceras

Utrustning för att avlägsna enbart axen från spannmålsgrödor fanns redan vid början av vår tideräkning. Särskilt under de två senaste seklerna har konceptet energiskt bearbetats av lantbrukets innovatörer. Spillet har dock förblivit högt och dessutom har tidigare reparmaskiner varit oförmögna att arbeta i liggande gröda. Det reparbord som nu finns på marknaden och som har tagits fram vid det engelska forskningsinstitutet Silsoe Research Institute, ansluts till skördetröskan på samma sätt som ett konventionellt skärbord. Utrustningens hjärta utgörs av en rotor med fingrar i polyuretan med nyckelhålsformade urtag. Plastfingrarna lösgör kärnorna från strået som i huvudsak blir kvar på rot, bild 1.

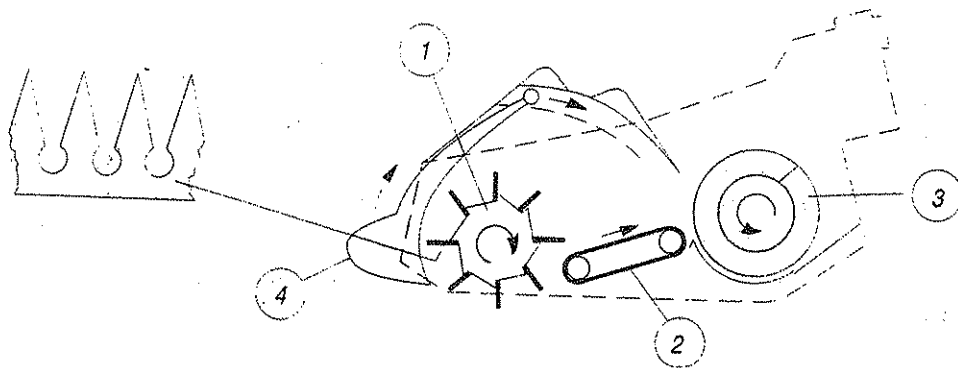


Bild 1. Reparbordet består av en rotor (1), en bandtransportör (2), en inmatningsskruv (3) och en huv (4).

Det engelska företaget Shelbourne Reynolds Engineering startade serietillverkningen år 1988 och har hittills producerat 450 reparbord, med USA som största enskilda marknad. Den nya tekniken har därför fått bekänta färg under en mängd olika förhållanden, såväl i försöksverksamhet som vid praktiskt arbete.

Det första reparbordet i Sverige importerades år 1988 av en lantbrukare direkt från den engelske tillverkaren. Redan samma år kunde Jordbrukstekniska institutet (JTI) därför översiktligt utvärdera förutsättningarna för att använda reparmekniken i svenska grödor. Studierna gjordes under delvis mycket besvärliga skördeförhållanden.

Resultaten från det första försöksåret motiverade institutet att studera repningstekniken under mera kontrollerade former. Skördesäsongen 1989 påbörjades därför en tvåårig undersökning av skördetröskning med reparbord respektive skärbord i jämförande försök, där de båda utrustningarna växelvis provades på en och samma skördetröska i spannmål, ärtor, oljeväxter, åkerbönor och vallmo. Försöken utfördes huvudsakligen under gynnsamma förhållanden med torra, stående grödor och ringa ogräsförekomst.

I detta arbete behandlas erfarenheter från ovanstående svenska försök tillsammans med resultat från liknande utländska studier.

Reparkonceptet innebär att mängden halm som skördetrösken har att bearbeta reduceras. Genom att enbart de övre strådelarna skördas blir tröskgodset dessutom torrare. Inom strået ökar nämligen fukttinhåll och ytfuktighet från toppen ned mot basen.

Den mest uppenbara fördelen härmed är möjligheten till högre kapacitet och fler trösk-timmar vid bärgningsarbetet. I en upprättstående gröda kan visserligen samma effekt erhållas genom att ta mycket hög stubb med ett konventionellt bord. I regel är dock åtminstone en del av stråna nedbrutna vilket gör att metoden ifråga inte alltid är framkomlig. Reparbordet som således har relativa fördelar i halvliggande bestånd har å andra sidan betydande problem med upptagningen när grödan ligger platt på marken, vilket tydligast kommit till uttryck vid skörd av ärtor. Under gynnsamma förhållanden i södra Sverige kunde bladlösa ärtor repas i för grödan mycket höga körhastigheter (11 km/h), medan det i kraftigt liggande bestånd var tvunget att köra skördetrösken mot liggriktningen för att inte förlusterna skulle bli oacceptabla. Vidare medförde den låga rotorinställningen i kombination med låg markbärighet risk för att jord matades in i skördetrösken.

Genom att reparbordet klarar hög avverkning samtidigt som spillet bakom skördetrösken inte ökar lika dramatiskt med avverkningen som för den traditionella tekniken, är det möjligt att hålla ett högt tempo vid skörden. De höga körhastigheter som uppnåtts vid repning (i de svenska försöken upp till 17 km/h) är inte realistiska vid praktiskt tröskningsarbete med visar ändå reparmeknikens möjligheter att forcera skörden, exempelvis då en mogen gröda hotas av ett annalkande oväder. Det är heller ingen tillfällighet att världsrekordet i skördetröskning, 46 ton/h, uppnåtts med just ett reparbord. Den angivna avverkningen avsåg skörd under en hel dag (7 ½ timme) i högavkastande vete. Bordet var vid detta tillfälle monterat på skördetrösken Claas 228 CS.

Avverkningsökningen (vid samma spill bakom skördetrösken) i förhållande till konventionell teknik är beroende av rådande omständigheter men kan i genomsnitt antas uppgå till ca 50 %. Tyvärr erhålls den högre kapaciteten till priset av fler förlorade kärnor framför maskinen; i regel orsakar reparbordet åtminstone någon procentenhet högre spill än den konventionella tekniken, bild 2 och 3. Att köra långsammare hjälper i sammanhanget föga; visserligen minskar därvid tröskverksförlusterna men genom att reparbordets spillkurva ofta är avtagande med körhastigheten, tas detta åtminstone delvis ut av ytterligare förluster framför maskinen. Bordförlusterna utgörs huvudsakligen av kärnor som faller till marken vid repningsmomentet; reparrotorns plastfingrar lyckas alltså väl med att lösgöra kärnorna från strået.

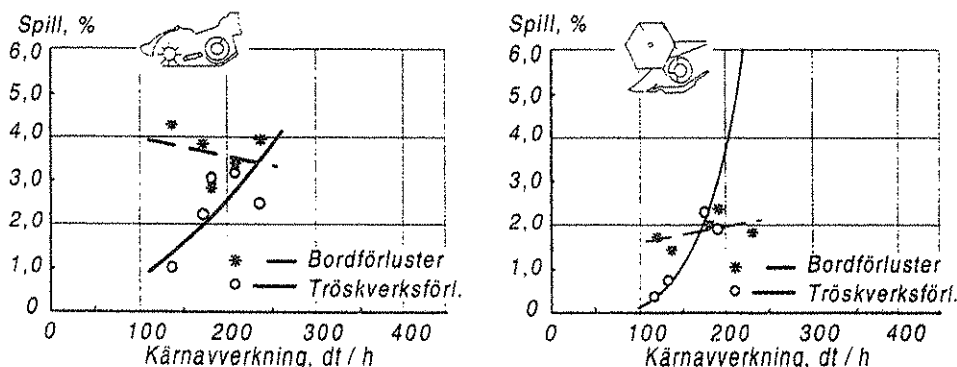


Bild 2. Samband mellan spill och kärnavverkning, korn, 1990 års försök. Lägre vattenhalt i den repade halmen (9 % jämfört med det skurna materialets 24) bidrog till att halmintaget för reparbordet var mindre än en tredjedel av den mängd som erhöles med den konventionella utrustningen. Mät punkt utanför det högra diagrammet: 10,5 % spill vid avverkningen 232 dt/h. (Lundin, 1993)

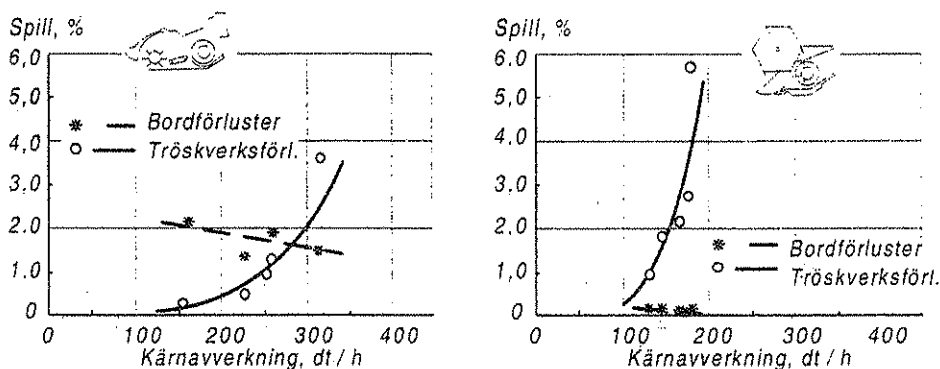


Bild 3. Samband mellan spill och kärnavverkning, höstvet, 1990 års försök. Genom att vid repringen huvudsakligen de övre och samtidigt torrare strådelarna (14 % vattenhalt istället för 23 %) togs in i skördetröskan, var mängden avverkad halm här i genomsnitt endast något överstigande en tredjedel av skärbordets halmintag. (Lundin, 1993)

Vid traditionell spannmålsskörd dominerar i regel spillet från halmskakarna. Det ligger nära till hands att tro att reparbordets reducerade halmintag skulle medföra att rensverket istället blir skördetröskans flaskhals. Exempelvis var, vid de svenska försöken, viktbelastningen på skakarna endast en sjundedel jämfört med då skärbordet begagnades, bild 4. Trots detta härrörde 3/4 av spillet bakom skördetröskan just från halmskakarna. En möjlig förklaring till detta är att de växtdelar som tas in av reparrotorn, där bladen utgör en väsentlig andel, är alltför mjuka för att passa halmskakarnas arbetssätt och att frånskiljning av kärnor från det strukturfattiga tröskgodset därför skulle göras mer effektivt av exempelvis roterande frånskiljningselement.

Att repa istället för att skära har visat sig komma särskilt väl till pass vid skörd av vissa grödor; under svenska förhållanden är det i första hand skörd av oljelin som underlättas, även om problem med lindning runt rotorn ibland kunnat noteras i ojämna bestånd. Tittar man utanför landets gränser är förmodligen ris den växt som har den högsta "replings-

potentialen". Grödor som däremot ej är möjliga att repa är de som drösar mycket lätt, liksom växter som har sina kärnor eller frön fördelade över stråets hela längd, bl.a. oljeväxter, åkerbönor och sojabönor.

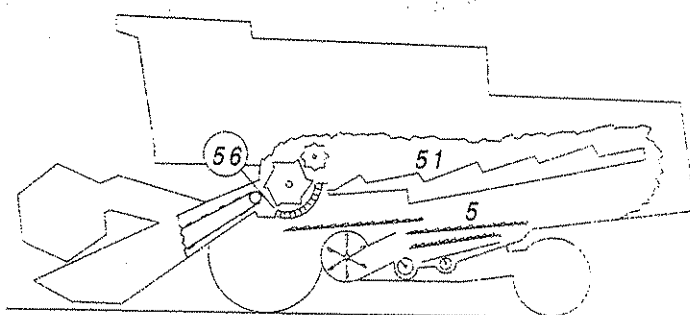
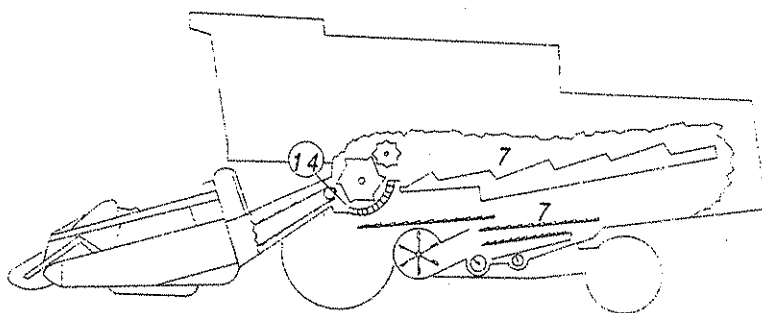


Bild 4. Massflödet av "halm" (här inklusive agnar och boss) genom skördetröskan i procent av kärnavverkningen. Genomsnitt vid skörd av spannmål under JTI:s jämförande försök år 1990. (Lundin, 1993)

Repartekniken har i de utförda försöken medfört väl så god kvalitet på den skördade varan som vid konventionell skördetröskning, både vad gäller kärnskador och renhet. Det vid repningen reducerade halmintaget talar visserligen för ökad skaderisk genom att kärnorna blir jämförelsevis väl exponerade för skördetröskans bearbetande verktyg. Å andra sidan får de kärnor som tröskas ur redan framme vid reparrotorn (vilka torde vara de torraste och därmed också ofta känsliga för mekanisk åverkan) en snabbare fränkskiljning i tröskspalten.

Att beakta då repning jämförs med traditionell skördetröskning är att den nya tekniken också ställer nya krav på föraren. Ett antal timmar i och utanför tröskhytten behövs säkert innan reparbordet kan göras full rättvisa vad gäller körteknik och maskininställningar. Exempelvis har regleringen av rotorns respektive plåthuvens vertikallägen avgörande betydelse för bordförlusternas storlek. Vidare är det vid repning långt ifrån alltid maskinprestanda som sätter gränser för praktisk kapacitet, utan denna ges istället ofta av vilka körhastigheter som föraren klarar av, vilket i sin tur är beroende av förekomst av liggsäd, fälthinder etc.

Halmens behandling

Om repad halm skall bärgas bör den för att säkerställa fälttorkningen slås av efter skördetröskningen - ett extra arbetsmoment som särskilt under fuktiga markförhållanden kompliceras av att en stor del av halmen är nedkörd av tröskans hjul. För att erhålla hög kapacitet kan skårläggare begagnas.

Konventionell nedplöjning av repad halm resulterar i att växtmaterialet ej döljs fullständigt av plogtiltorna, vilket öppnar vägen för stråbassjukdomar på efterföljande grödor. Genom att i ett särskilt arbetsmoment hacka halmen med betesputsare eller liknande erhålls ungefär samma sönderdelning som vid traditionell skördetröskning. Halmen kan även bearbetas med tallriksredskap men för att uppnå ett gott resultat fordras tallrikar med mycket stort marktryck. Den minst kostnadskrävande nedbrukningen sker med hjälp av plog som försetts med utrustning som viker ned halmen i körriktningen, tills växtmaterialet gömmts av tiltan. Förmultningen av långhalmen sker dock ej lika snabbt som då växtmaterialet sönderdelats före nedbrukningen.

Ekonomi

Sammanfattningsvis är reppningens största fördelar möjligheten till högre kapacitet vid skördarbetet liksom fler trösktimmar per säsong. Parallellt med dessa finns också väsentliga svagheter som begränsar reparatnikens användning; högre spill framför tröskan, bordet passar inte alla vanliga avsalugrödor samtidigt som bärgning och nedbrukning av halmen försvåras. Att maskiner och annan utrustning är "all-round" är viktigt i jordbruket, där den årliga användningstiden ofta är mycket liten. Eftersom reparatniken ännu inte kan tillämpas vid skörd av våra vanligaste oljeväxter och svårligen låter sig kombineras med halmbärgning, fordras vid dessa verksamheter fortfarande tillgång till ett vanligt skärbord.

Om både "ros" och "ris" beaktas framgår att reparbordet skulle kunna vara attraktivt i situationer där hög skördekapacitet önskas och där man kan räkna med att även efter inköpet av reparbordet ha tillgång till konventionell teknik. I det nedanstående ges en översiktlig beskrivning av det ekonomiska utfallet för en sådan situation; vad händer om man på en spannmålsgård med arealen 200 ha, istället för att investera i en riktigt stor skördetröska, väljer en mellanklassmaskin som utöver standardbordet förses med ett reparbord?

På den svenska marknaden finns idag sju fabriker av stortröskor med skärvidden runt 20 fot. I genomsnitt kostar dessa ca en miljon kronor. Investeringen för mellanklassmaskinerna varierar i hög grad men de varianter som har de starkaste motorerna, största spannmålstankarna och som i utrustningsväg närmast överensstämmer med sina "storebröder" hamnar i genomsnitt på ca 600 000 kronor. SRE:s reparbord med arbetsbredden 14 eller 16 fot kostar ca 200 000 kronor. Utifrån ovanstående kan beräknas att alternativet med mellanklasströska och reparbord medför att investeringsbehovet reduceras med: $1\ 000\ 000\ \text{kr} - (600\ 000\ \text{kr} + 200\ 000) = 200\ 000\ \text{kr}$. Om all maskinell utrustning antas skrivas av på tio år och efter den perioden sakna restvärde, blir den årliga annuiteten av 200 000 kr vid 8 % realräntekrav cirka 30 000 kronor, dvs. i detta exempel 150 kr/ha. Denna summa reducerad med kostnaden för eventuella olägenheter med reparbordet är sålunda brukningsenhetens årliga kostnadsbesparing för detta alternativ. Det är rimligt att anta att lantbrukaren trots utebliven kapacitetsökning väljer att skörda såväl spannmålsgrödor där halmen skall bärgas som eventuella oljeväxter med det konventionella bordet. Den uteblivna kapacitetshöjningen på dessa fält kan åtminstone delvis antas tas igen på gårdens övriga skiften genom att reparbordet kan förväntas ge längre skördedagar på grund av större tolerans mot fuktiga förhållanden. För övriga grödor kommer dock som tidigare nämnts nedbrukningen av den repade halmen att kompliceras jämfört med konventionell skördetröskning. Att exempelvis sönderdela halmen före plöjning med betesputsare eller liknande kostar idag ca 100 kr/ha (maskinstationstaxa). En ytterligare olägenhet är det högre spillet framför skördetröskan som reparbordet orsakar. Om detta i genomsnitt antas

uppgå till 1 % och grödan samtidigt avkastar 5 000 kg/ha vid spannmålspriset 1 kr blir merkostnaden 50 kr/ha.



Bild 5. Reparbordet minskar kapitalkostnaden för spannmålsskörden men till priset av högre spill framför skördetröskan och mer besvär med den kvarstående halmen. Foto: Gunnar Lundin.

Av exemplet framgår att den reducerade kapitalkostnaden lätt äts upp av merkostnader som de nya tekniken medför. Att det ej är möjligt att generellt "räkna hem" reparbordet i det svenska lantbruket hindrar emellertid inte att den nya tekniken i vissa situationer kan passa mycket väl. En sådan är om kapacitetsökningen medför att antalet skördetröskor (och därmed också förare) på en brukningsenhet eller inom en maskinsamverkan kan reduceras; med hjälp av en stortröska försedd med reparbord kan kanske all skördetröskning utföras av en person, två "repartröskor" ersätter tre vanliga etc.

Reparbordet kan åtminstone inte i sin nuvarande utformning förväntas bli allemansutrustning i det svenska lantbruket. Det är heller ingen lätt uppgift att konkurrera med den konventionella skördetröskan, som varit i bruk och kunnat förfinas under så lång tid. Ändå måste reparbordet anses representera ett rejält kliv framåt för denna nygamla teknik. De engelska experterna har lyckats att med modern teknik utveckla en modern maskin efter reparkonceptet. Det reducerade halmintaget ger potentialer att bygga mindre, enklare och därmed billigare maskiner; den bogserade reparskördare som för närvarande provas i England uppges kunna halvera investeringen för skördetröskan.

Litteratur

Lundin G., 1993. Skördetröskning med reparbord. Meddelande nr 443, Jordbrukstekniska institutet, Uppsala.

Bengt Jonsson
Jordbrukstekniska institutet
Box 7033
S-750 07 UPPSALA

Modeller som hjälpmedel för dimensionering av mekaniseringskedjor

Såväl utredningsmetoder som data behövs

Rätt dimensionering av mekaniseringskedjor krävs bl.a. för att hinna med arbetet i tid och få låga kostnader för arbete och maskiner. En fullständig dimensionering av mekaniseringskedjor kräver såväl beräkningsmetoder som allehanda datauppgifter. För den ekonomiska delen av utredningen behövs t.ex. uppgifter om inköpspris, avskrivningstider, räntor, kostnader för underhåll, läglighetseffekter (kostnader för försenat arbete). Som bakgrund för alla beräkningar och dimensioneringar ligger uppgifter om avverkning och arbetsbehov. Det är denna del av beräkningarna som tas upp här.

Hur stora maskiner måste man ha i ett visst fall för att hinna med arbetet? Hur stor personalstyrka behövs? Vilka metoder skall användas? Resurserna skall räcka till men inte vara alltför överdimensionerade för att kostnaderna skall kunna hållas nere.

Alltid aktuellt och efterfrågat

Dimensionering av mekaniseringskedjor låter avancerat. Men frågeställningen som sådan är alltid aktuell. På den stora gården, i de komplicerade fallen, kan det gälla att välja bland olika metoder och maskinstorlekar och att dimensionera ett arbetslag. På den lilla gården kanske det bara gäller att välja mest passande storlek på slättermaskinen eller på gödselpumpen.

Avverkning och arbetsbehov en viktig del av utredningen

I samtliga fall vill man inför dessa val veta vilket arbetsbehov och vilken avverkning som gäller.

För att kunna svara på sådana frågor har JTI tagit fram ett antal datoranpassade beräkningsmodeller. Vilka dessa är visas avslutningsvis. Med hjälp av dessa beräkningsmodeller kan man räkna ut avverkning och arbetsbehov för olika förhållanden.

Senast framtagna beräkningsmodellen gäller stallgödselspridning. Med hjälp av denna skall här visas exempel på beräkningar som kan göras angående arbetet med stallgödselspridning och de faktorer som påverkar detta arbete.

Beräkningsmodell kan lämna viktig dimensioneringshjälp

Inledningsvis matar man in ett relativt stort antal förutsättningar i modellen för det speciella fall som skall undersökas. Svar om *avverkning* ges därefter omedelbart i enheter

som ha/tim, ton/tim, lass/dag. På motsvarande sätt ges också uppgifter om *arbetsbehovet* per fält, per hektar, per lass.

I detta fall som gäller stallgödsling kan det vara risk för skadlig jordpackning. Därför redovisas också *körsträckan på fältet* i samband med transport och spridning dels som km, dels som tonkilometer.

När man gör uträkningarna för ett enskilt fall, en enskild gård, lägger man alltså först in alla förutsättningar som gäller för nu använd metod och får ett svar. Förhoppningsvis stämmer detta med de erfarenheter man har från praktiken. Annars får man vidtagna lämpliga åtgärder så att man kommer på rätt nivå. På så sätt får man en bra bas att utgå ifrån.

Olika faktorer undersöks

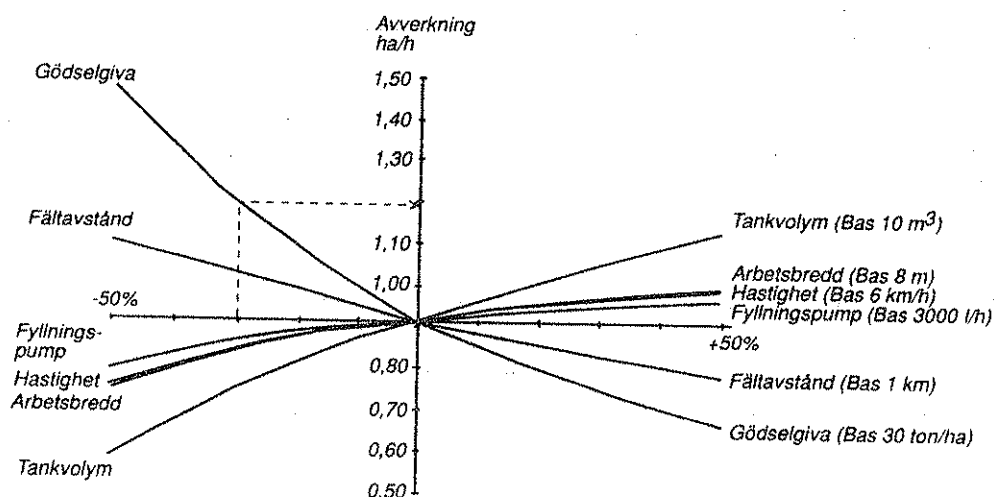
Efter detta går man in och ändrar. Man ser vad t.ex. ytterligare en man i arbetslaget, en större eller mindre gödselspridare, en större arbetsbredd, en större pump, var för sig eller sammantaget betyder för avverkningen och för den tid gödselspridningen tar och för markpackningen. Med en syntetisk beräkningsmetod som denna är det lättare att bedöma *skillnaden* mellan olika insatser än att bedöma den *absoluta* nivån på avverkning och arbetsbehov som lätt avviker mellan gårdar av olika typ och storlek.

Beräkningsmodellen kan också användas för att ta fram diagram och tabellvärden att snabbt välja bland för den som inte har tillgång till dator eller datorprogram som passar. Modellen kan också användas för att mer eller mindre systematiskt skaffa fram ett allsidigt underlag och av detta försöka dra mer generella slutsatser om avverkning och arbetsbehov.

I föredraget tas ett antal exempel och frågor upp om stallgödselspridningen för att visa hur en beräkningsmodell av detta slag kan användas.

Diagram som exempel

Nedanstående diagram visar vad några olika faktorer kan betyda för avverkningen vid flytgödselspridning. Gödselspridarens avverkning beräknas till 0,92 ha/tim vid de förutsättningar som framgår av diagrammet. Om gödselgivan minskas med 30 % från basgivan 30 ton/ha ökar därmed avverkningen från ca 0,9 till 1,2 ha/tim. Allmänt gäller att de faktorer som har de brantaste kurvorna i diagrammet har störst inverkan på arbetsbehovet.



Hittills framtagna modeller

JTI:s beräkningsmodeller av detta slag finns som arbetsfiler på disketter och är ursprungligen anpassade till något av kalkylprogrammen Symphony, Excel och ett enkelt svensk program SPCS. Till varje beräkningsmodell hör också en formelsamling som skall underlätta användningen.

De beräkningsmodeller av detta slag som hittills publicerats från JTI gäller följande arbeten:

Plöjning (JTI-rapport 141); Harvning, Vältning, Konstgödsling, Sådd (JTI-meddelande 425 + separat formelsamling i A4-format); Ensilering (JTI-meddelande 413 + separat formelsamling i A4-format); Höskörd (JTI-rapport 122).

Ole Fladstad
Norges Landbrukshøgskole,
Institutt for tekniske fag
N-1432 Ås, Norge

URTETØRKING

1 INNLEDNING

Produksjon av urter i merkantilt omfang er i startfasen i Norge. Det meste som selges i butikker og på apotek er importert.

Norsk Økologisk Urtelag er etablert for å samordne produksjon, pakking og omsetning av økologisk dyrkede urter. I tillegg fins det noen lokale grupperinger som prøver å komme igang. Det står mange ivrige personer bak.

Statens forskningsstasjoner har også en aktivitet på området. Ved undersøkelse av importerte produkter har analysene vist at det kan være svært lite igjen av de stoffene en er ute etter.

Urteproduksjon er en arbeidsintensiv produksjon som kan egne seg godt som tillegg på mindre gårder. Den kan gi jobber til skoleungdom og andre som kan ha litt tid å avse. Produksjonen har som andre produksjoner sine dyrkingsmessige sider. Her vil jeg starte når urtene høstes og skal inn på tørka.

2 FORUTSETNINGER FOR TØRKING.

Med en forutsetning om at urter har omtrent de samme materialegenskaper som engvekster når det gjelder tørking er det naturlig å bruke erfaringer fra høytørking når det skal lages tørkeanlegg for urter. Sammenlignet med høy er det stor forskjell i vannprosent ved innlegging på tørkeanlegget. Urtene blir lagt på tørka uten fortørking og vannprosenten på våt basis kan være oppe på vel 80. Som ferdig tørket materiale er det ønskelig med lavere vannprosent enn i høy. Tørking ned til vannprosent på 10 tilsier oppvarming av tørkelufta i alle fall til sluttørkingen.

En del av urtene har tykke plantedeler. Disse trenger mer tid til tørkingen enn tynne plantedeler. Hele tørkeprosessen må kunne ta en del dager selv om det meste av vannet fjernes i løpet av det første døgnet. For å tørke tynne og tykke plantedeler sammen må ikke tørkelufta være alt for tørr. Da blir de tynne delene for sprø.

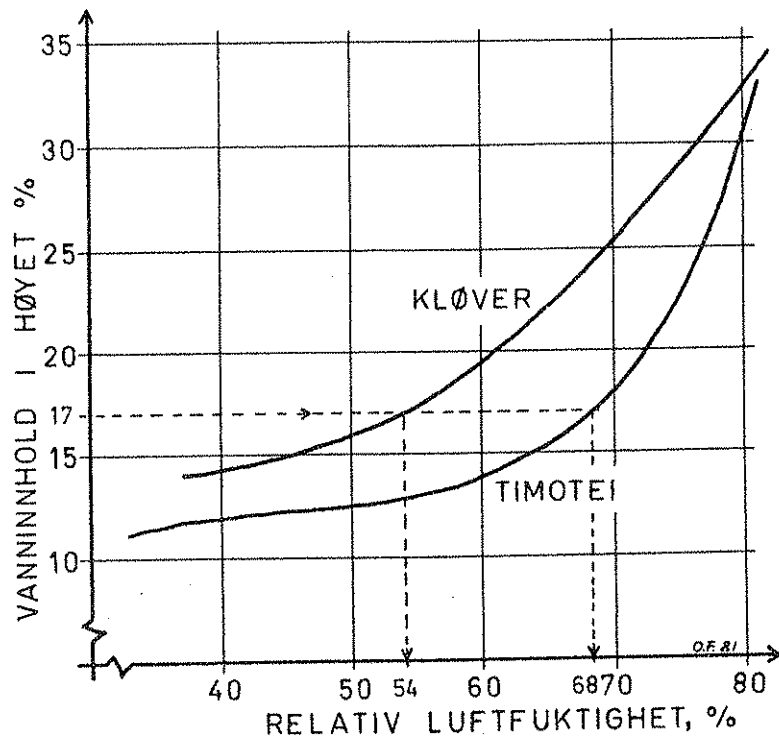


Fig 1. Likevektskurver for tørking av kløverhøy og timoteihøy Kilde: P. Finn-Kelcey og D. G. Hulbert, 1957.

3 TØRKEANLEGG I BRUK.

De tørkeanlegg jeg hittil har sett er en slags skap med mange hyller over hverandre. De er laget slik for at det skal bli liten eller ingen komprimering av massen. Det de forskjellige arter tåler vil nok variere og tørkene kan bli litt enklere om en kan legge tykkere lag.

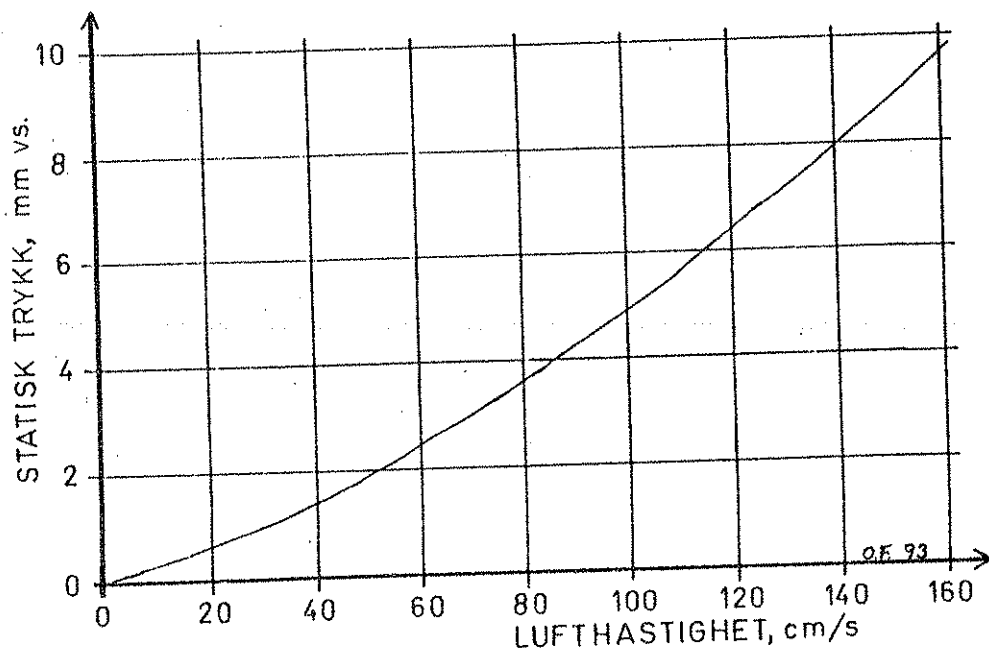


Fig. 2. Sammenhengen mellom lufthastighet og statisk trykk for en wireduk.

Motstanden mot luftstrøm kan være svært beskjeden. Flere av tørkeanleggene har vært kjørt med naturlig sirkulasjon av lufta på grunn av temperaturforskjeller. Ved å sette inn vifte til å drive luftstrømmen vil vi få jevnere og sikrere tørking.

For å finne ut av komponentene som gir motstand mot luftstrøm er det kjørt målinger på en wireduk som er aktuell bunn i tørkehylle og tørkekasser. Resultatet er vist i fig. 2.

Det ble videre utført målinger på ei tørke med 10 skuffer eller hyller. Lufta ble sugd ut av toppen på tørka. Døra på tørka eller skapet tettet dårlig mot skuffene slik at mye av lufta gikk utenom det som skulle tørkes. Ved å erstatte døra med en litt tykk plastfolie som ble sugd mot kanten på skuffene ble tettingen mye bedre samtidig som en fikk et visst innsyn i tørkeskapet.

Tørker med skuffer eller kasser over hverandre er en god løsning med tanke på å utnytte tørkelufta. Med luftstrøm nedenfra og opp blir det nyhøstede sattu på toppen, mens det som skal sluttørkes ligger nederst. Etter hvert som skuffer med ferdig tørket materiale tas ut nede flyttes skuffene nedover slik at det blir plass til nytt innlegg på toppen.

Sjikttykkelsen må tilpasses de urter som skal tørkes. For urter som tåler å ligge i tykke lag kan en lage tørkene så enkle som små bingetørker.

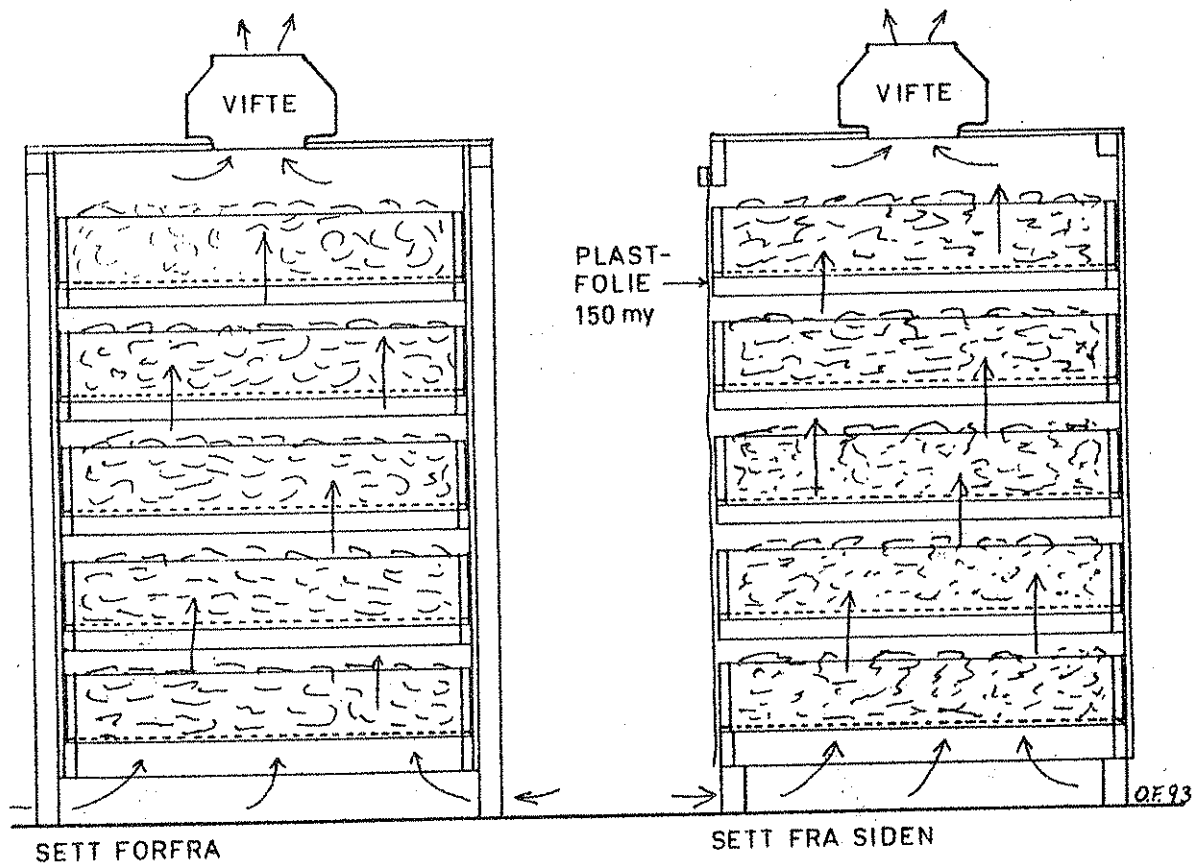


Fig. 3. Forslag til tørkeskap.

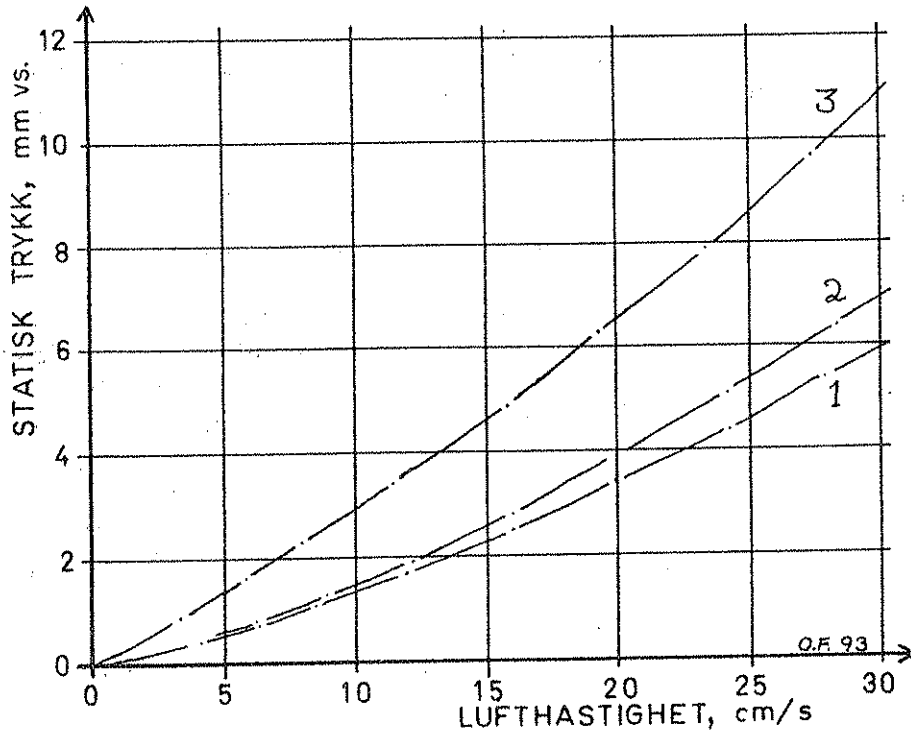


Fig. 4. Luftgjennomgang i et tørkeskap.

1. 10 hyller a ca. 4 cm nesten tørr sitrontimian.
2. Samme mengde sitrontimian, konsentrert på 4 hyller nederst. 4 hyller a ca. 10 cm regnvåt moneda over.
3. Som 2, men fronten tettet med plastfolie.

4 VIFTEVALG

De fleste av de anleggene som er bygd i Norge er små tørkeskap med luftgjennomstrømningsareal på 0.5 til 1.0 m². Propellvifter med trykkområde 100 til 200 Pa blir for store. Kanalvifter av type som vist på fig. 5 passer imidlertid godt til små tørkeskap. Det er bra utvalg av disse og de er enkle å montere.

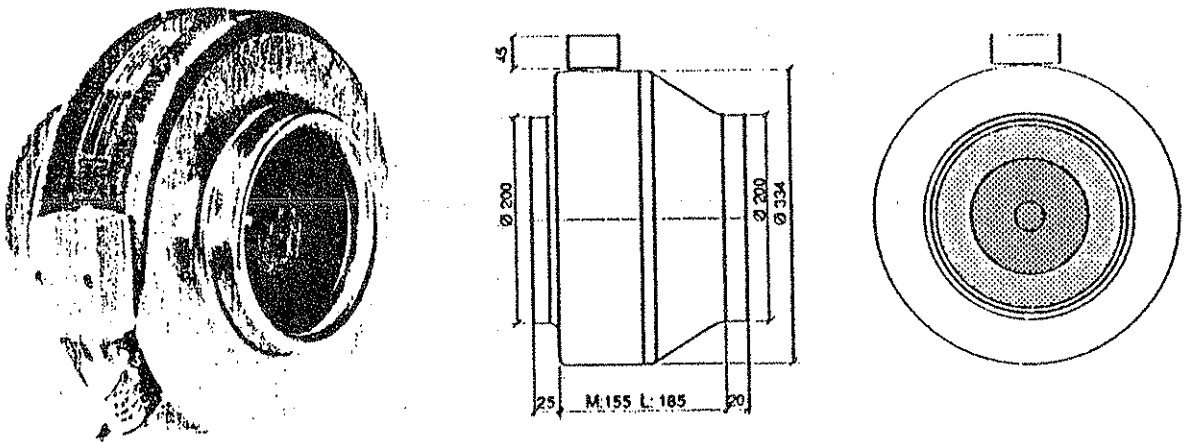


Fig. 5. Kanalvifte for 200 mm kanal.

5 OPPVARMING.

Til oppvarming av tørkelufta slik at vi kan få urtene tørre nok vil vanlige elektriske rørovnere være det billigste og enkleste. I Sveits blir avfuktere noe brukt i tørkeanlegg for urter, men det er lite aktuelt i Norge hvor strømprisen er mye lavere. Et tørkeanlegg med avfukter kan utformes som vist på fig 6. Står tørkeanlegget i et isolert rom kan avfukteren stå ute i rommet og vifta bare suge luft gjennom det som skal tørkes.

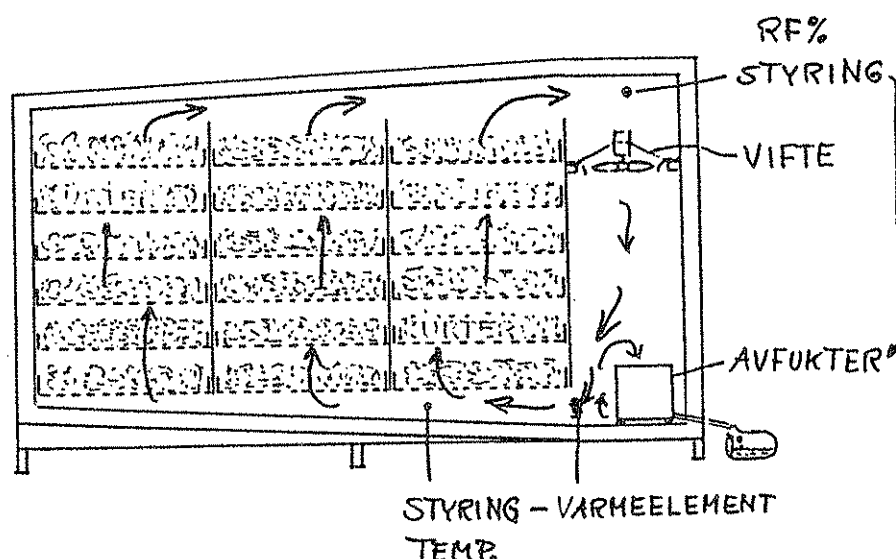


Fig. 6. Eksempel på tørkeanlegg med avfukter.

6 LAGRING AV URTER.

Urtene blir tørket til en vannprosent som er så lav at urtene vil kunne ta opp fuktighet fra lufta igjen. Det er derfor viktig med en tørr lagerplass, ca. 50 prosent relativ luftfuktighet, men ikke ønskelig med høy temperatur.

I kjølig vær holdes lav relativ luftfuktighet enklest ved å varme opp lagerrommet. I varmt og fuktig vær på sommeren er det ikke ønskelig å varme opp. Da må en prøve å begrense luftskiftet i lagerrommet.

Ved bruk av kjølerom vil en kunne styre både temperatur og relativ luftfuktighet. Ved en temperatur på 10 grader C i kjølerommet bør fordampere ha en temperatur på mellom 5 og 10 minusgrader for å fryse ut tilstrekkelig med fuktighet. For at det ikke skal bli for kaldt i rommet kan varme fra kjølemaskinen eller en varmeovn brukes til å holde temperaturen oppe.

Sven Olander
 Inst för lantbruksteknik
 Box 7033
 750 07 UPPSALA

Skörd av havtorn, nypon och andra ovanliga grödor.

1 Inledning

Arbetet med att introducera nya grödor i lantbruket började 1986 på institutionen för hortikulturell växtförädling på Balsgård utanför Kristianstad. Arbetet genomförs med insamling av växtmaterial, växtförädling och odlingstekniska försök. Bland de nya grödorna kan nämnas nypon, havtorn, aronia, rosenkvitten, blåtry, fläder, rönn, lingon och blåbär. Av dessa grödorna har hittills endast nypon och lingon börjat planteras i kommersiella odlingar.

Eftersom arbetet med nya grödor är relativt nystartat har det huvudsakliga arbetet gått ut på att utveckla sortmaterialet och att prova odlingsteknik i form av uppförökningsmetoder, planteringsavstånd, gödsling mm. Maskinell skörd har provats i ett fåtal grödor som nypon, havtorn och aronia. I vissa andra, som blåtry och rönn, har ännu ej provats maskinell skörd.

Introduktion av nya grödor är en del av verksamheten inom det fytokemiska centret som har byggts på Balsgård. Verksamheten är inriktad på att utveckla växtmaterial för industriell användning. Man är indelad på ett flertal olika verksamheter. Några av dessa är naturliga färgämnen, smaktillsatser, doftämnen, medicinalväxter och prestationskemikalier. Några exempel på användningsområden är att aronia och havtorn undersöks som färgämnen (gula och svarta) och rosenkvitten som källa till naturligt pektin.

2 Odlings- och skördeteknik

Balsgård provar ett antal olika uppförökningsmetoder. Vedartade växter uppförökas i allmänhet med sticklingar, örtartade eller vedartade. Meristemförökning provas i de flesta grödor, men har inte lyckats i alla.

De flesta vedartade växter, som denna artikel i första hand skall handla om, har planterats med stora radavstånd för att skötsel av typ ogräsbearbetning mellan raderna och liknande skall underlättas. Balsgård sköter försöksodlingarna så långt som möjligt utan kemikalier. Detta sker i huvudsak med mekanisk bearbetning. I trädgrödor används en Rosenquist rensare med roterande organ som bearbetar mellan träden och som svänger undan för stammarna.

Den helt dominerande skördemetoden vid maskinell skörd av bär är "shake and catch" dvs att skaka ner och fånga upp bären. Tidig utveckling av skördemaskiner skedde för bl a hallon och highbush blåbär i USA. Maskiner som skakade hela träd började utvecklas redan på 30-talet i Kalifornien där de främst användes för skörd av mandel.

Det är logiskt att i första hand prova skörd genom skakning vid försök med nya växtslag. Metoden är effektiv så till vida att man kan i vissa fall skörda ett helt träd genom att endast greppa stammen. Ett körsbärs eller äppleträd kan

skördas rent med ca tre sekunders skakning. Skörd med skakning är även oftast skonsamt mot produkten. Alternativet att repa loss frukter eller bär är betydligt långsammare, men kan även orsaka mer skador.

I Sverige finns skördemetoden med skakning endast representerad i form av vinbärsskördemaskiner. Av detta skäl har det varit naturligt att odlingsystemet för de flesta buskväxter har valts så att de kan skördas med vinbärsskördemaskin. I vissa fall fungerar detta utmärkt. En svårighet med domesticering av vilda växtslag är att de ofta är svårskördade eftersom de är anpassade till att sprida sina frön utan att bären släpper. Nypon, havtorn, aronia och rönn är exempel på bär som hänger kvar på busken under vintern och som i vissa fall sprider frön med hjälp av fåglar.

2.1 Nypon

Nypon har framgångsrikt skördats med vinbärsskördemaskin under de senaste fem åren. Det finns stora sortskillnader, men lättskördade sorter skördas med i stort sett samma inställning som för svarta vinbär. Svårskördade sorter kan kräva så står energiinsats att skotten skadas allvarligt.

Det skiljer sig en hel del i växtsätt mellan vinbär och nypon. Vinbär växer i idealfallet med skott som alla växer från marken och utan förgreningar. Vinbärsskördaren delar busken i mitten vid skörden och lutar skotten ut över uppfångningen. En nyponbuske är risig och rikt förgrenad med taggiga skott som fastnar i varandra. I vissa fall kan det innebära stora svårigheter för skördemaskinen. Här föreligger stora sortskillnader, och de sorter som väljs ut för odling har ett bättre växtsätt.

2.2 Aronia

Aronia är en annan växt som är lämpad för skörd med vinbärsskördare. Aronia påminner i växtsättet om vinbär, och har stora, mörkt svarta bär i klasar. Bären är lättskördade och hållbara. I Polen har man längre erfarenhet av odling och skörd av aronia, och man har där noterat vissa problem vid skörd av aronia. Busken bär skörd endast på tvåårsskott, och allteftersom busken växer förflyttas den fruktbärande zonen allt längre ut. Det kan med tiden innebära att bären hamnar utanför skakarna effektiva arbetsområde. Busken blir även grövre med stigande ålder och det kan innebära att skakningen dämpas allt för kraftigt.

2.3 Havtorn

En av de mest intressanta av de nya växtslagen är kanske havtorn. Havtorn är ett trevligt växtslag för växtförädlare, eftersom det finns stor variation i sortmaterialet. Buskens höjd kan vara låg som en vinbärbuske eller i form av ett fyra meter högt träd. Bären kan variera i färg från ljusst gula till mörkt röda. Smaken kan även variera från en relativt tråkig smak till sorter med inslag av mango eller passionsfruktsmak.

Havtorn är ett av de mer svårskördade bärslagen. Båret saknar släppningslager, och de sitter kvar på busken hela vintern i likhet med nypon och rönnbär. Vildväxande havtornssorter har ofta små bär med mycket kort stjälk. Bären är ofta mycket svåra att handplocka. När man drar i båret spricker ofta skalet och saften sprutar ut. Även här finns det stor variation. Förädlade sorter har stora bär med stjälkar på upp till en cm.

Vi har på Balsgård selekterat fram sorter som går att skörda med gott resultat vid inställning som för svarta vinbär. De första försöken gjordes med en tryckluftsdreven skakpistol som hålls i handen och skakar grenarna. Under 1992 och 1993 genomfördes även försök med en prototyp för skörd av svarta vinbär, där avklippta grenar placerades på en sållmatta och bären skakas loss med en nyutvecklad skakutrustning. I vissa sorter kunde mer än 95 % av bären sköras, medan i andra var resultatet under 20 %. I dessa försök kördes utrustningen med en amplitud på 40 mm och en frekvens på ca 15 Hz. Vi vet från kortvariga försök med högre frekvens, upp till 30 Hz att resultatet förbättras drastiskt, men den utrustning vi har kan inte under längre perioder köras vid så hög hastighet eftersom vibrationerna blir för kraftiga.

Det har även förekommit utveckling av havtornsskördemaskiner utomlands. I Potsdam i Tyskland har en prototyp utvecklats som har en skakutrustning av en typ som är snarlik svart vinbärsskördemaskinernas. Den består av en trumma med ett stort antal stålfingrar som bringas att oscillera i tangentiell riktning med hjälp av obalansvikter. Utrustningen kördes vid ca 30 Hz. Maskinen handmatades med avklippta grenar som matades förbi skakaren där bären separeras. Denna typ av skakutrustning kräver att grenarna placeras parallellt med skakarens axel, och när orienteringen är riktig, var även skörderesultatet bra.

I Ryssland, som är det land som har längst erfarenhet av att arbeta med havtorn i odling, har en snarlik maskin utvecklats. Man har även provat vinbärs- och vindruveskördemaskiner, samt maskiner som suger loss bären. Ett problem med vinbärs- och vindruveskördemaskinerna är att barkskadorna blir kraftiga. På Balsgård har vi noterat att grenar har dött efter skördeförsök.

2.4 Lingon

Lingon har planterats i provodlingar på några ställen i Sverige. Lingon kräver lågt pH. Lingon konkurrerar dåligt med ogräs och man har provat olika täckmaterial i odlingen, samt flamning.

I Sverige har man främst provat odling i heltäckande odling där plantorna tillåts sprida sig över ytan. I Tyskland har man kommersiella odlingar i upphöjda bäddar och där har man utvecklat en skördemaskin som borstar genom raderna och skördar bären. För skörd i heltäckande odling avser man att pröva någon typ av repande skördemaskin. I Kanada odlas lågväxande blåbär på skogsmark, och det finns ett antal olika repande skördemaskiner.

Erik Fløjgaard Kristensen
Statens Jordbrugstekniske Forsøg
Bygholm, 8700 Horsens
Danmark

HØST, HÅNDTERING OG ANVENDELSE AF ELEFANTGRÆS (MISCANTHUS SINENSIS "GIGANTEUS")

Sammendrag

Elefantgræs er en ny afgrøde med et højt udbyttepotentiale. Anvendelse af afgrøden i større omfang kræver indsats af maskinteknik. Det er en meget kraftig afgrøde, hvorfor der stilles store krav til høstmateriellet. Følgende løsningsmuligheder for høst beskrives:

- Finsnitter med rækkeafhængigt majsskærebord.
- Skårlægger med krimper og efterfølgende opsamling med storballepresser.
- Storballepresser, påmonteret snitter.

En af anvendelsesmulighederne for elefantgræs er forbrænding. Fyringstekniske undersøgelser vedrørende forbrænding i gårdfyriansanlæg beskrives.

I de seneste år har der inden for jordbrugserhvervet været interesse for at finde alternativer til de traditionelle landbrugsafgrøder. Fra politisk side ønskes der en reduktion af overskudsproduktionen af fødevarer inden for EF, og samtidig ønskes en opprioritering af anvendelsen af biomasseråvarer til non-food formål. Miscanthus sinensis "Giganteus" (elefantgræs) har et meget højt udbyttepotentiale, hvorfor planten er interessant som råvare til non-food produktion. Planten har ligeledes et lavt gødningsbehov samt en meget fordelagtig energibalance. Det er en flerårig afgrøde med et veludviklet rodnet, og vækstsæsonen er forholdsvis lang, hvilket ud fra miljømæssige betragtninger, herunder specielt afstrømning af kvælstof til omgivelserne, må betragtes som fordelagtigt. En elefantgræskultur behøver ikke årlig omlægning, den er ukrudtsundertrykkende og er i det hele taget en low-input afgrøde.

Anvendelsesmuligheder for elefantgræs

Elefantgræs kan eksempelvis anvendes som:

1. Råstof til energisektoren
 - direkte forbrænding i gårdfyriansanlæg, centrale varmeværker og kraftvarmeværker.
 - forgasning.
 - råstof til ethanol fremstilling.
2. Råstof i celluloseindustrien.
3. Råstof til forskellige typer bygningsplader.
4. Råstof til formstøbning (erstatning af plastprodukter).
5. Tækkemateriale (Miscanthus sinensis).
6. Landskabsplante.

Anvendelse af elefantgræs kræver imidlertid indsats af teknik, for at produktionen kan gennemføres i større omfang og gøres økonomisk rentabel.

Ved Sjf, Bygholm, er der gennemført forsøg med forskellige høstteknikker samt forbrændingsundersøgelser ved forbrænding i gårdfyngs anlæg. Høst blev foretaget om foråret, umiddelbart før plantens nyvækst startede. Resultaterne er offentliggjort i Sjf's beretningsserie (Beretning nr. 52).

Høst af elefantgræs

De anvendte høstteknikker har primært været baseret på anvendelse af eksisterende maskintyper og udstyr, som anvendes inden for jordbrugserhvervet. I flere tilfælde er der dog foretaget mindre modifikationer på maskinerne for at kunne håndtere elefantgræsset. Der er foretaget undersøgelser, herunder måling af kapacitet og effektbehov, ved høst med finsnitter, monteret med forskellige typer skærebord, ved høst med skårlægger, ved opsamling og presning med storballepresser samt ved høst og presning med en storballepreser, påmonteret en snitter til direkte høst.

En række forskellige variable har betydning for en maskines høstkapacitet. Ved høst og presning af elefantgræsstrå er udbytte pr. arealenhed, afgrødens vandindhold og den tilførte effekt af betydning. Ved høst med finsnitter er snitlængden af stråene ligeledes en variabel. Kapaciteten (K) for en høstmaskine kan således beskrives ved formlen:

$$K = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 y + \beta_3 z + \beta_4 u + \beta_5 v + \beta_6 yv + \varepsilon$$

hvor

- K = Ton pr. time.
- x = Indstillet snitlængde i mm (ved høst med finsnitter).
- y = Høstudbytte i ton pr. ha.
- z = Vandindhold i procent.
- u = Tilført effekt i kW.
- v = Fremkørselshastighed i m pr. sek. (ved skårlægning).

Høst med finsnitter

Ved høst i en veletableret elefantgræsafgrøde er kapaciteten med en finsnitter med traditionelt græsskærebord ca. 4 tons pr. time. Kapaciteten begrænses af maskinens indføringsmekanisme, hvor stråene kan ophobes og forårsage driftstop. Finsnitteren med et rækkeuafhængigt majsskærebord er bedre egnet til høst af elefantgræs. Høstkapaciteten er op til 10 tons pr. time ved et gennemsnitligt kraftudtagseffektbehov på ca. 40 kW.

Tabel 1. Høst af elefantgræs med bugseret finsnitter påmonteret rækkeuafhængigt majsskærebord.

| UDBYTTENIVEAU : 15 ton/ha MASKINE : FINSNITTER type TAARUP 605B med majsskærebord ARBEJDSBREDDE : 2,00 m | | | |
|--|------------|------------|------------|
| Fremkørselshastighed, m/s (km pr. time) | 0,69 (2,5) | 0,76 (2,7) | 0,95 (3,4) |
| Indstillet snitlængde, mm | 6 | 11 | 17 |
| Vandindhold, % | 20,4 | 27,6 | 25,2 |
| Effektbehov ¹ , gns. kW | 26,5 | 33,8 | 37,1 |
| Effektbehov ¹ , maks. kW | 71,1 | 94,9 | 101,5 |
| Kapacitet, ton/h | 4,0 | 6,4 | 10,4 |

¹ Det anførte effektbehov er kraftudtagseffekt.

Inden for det undersøgte interval kan høstkapaciteten (K) beregnes efter formlen:

$$K = -6,8 + 0,11x + 0,48y + 0,11z + 0,17u \quad (R^2 = 0,95)$$

Snitlængden og den tilførte effekt har væsentlig større betydning for maskinens høstkapacitet ved anvendelse af et majsskærebord end ved anvendelse af et traditionelt græsskærebord. Det skyldes, at maskinenkapaciteten ved anvendelse af majsskærebord i væsentlig grad begrænses af selve snitterudstyret.

De væsentligste *fordele* ved brug af finsnitter er, at høsten foretages i én arbejdsgang, at det er muligt at undgå de bladdele, der ligger på jorden (ofte har bladdele et højt vandindhold), og at det snittede materiale umiddelbart kan anvendes i et stokerfyrr.

Ulemperne er, at det snittede materiale kan være besværligt at håndtere og transportere. Er vandindholdet over 20 procent, vil der ofte være behov for ventilering under lagring for at undgå varmedannelse.

Skårlægning og efterfølgende presning med en storballepresse.

Skårlægning af elefantgræs kan uden tekniske problemer foretages med en traditionel skårlægger med krimperudstyr. Høstkapaciteten i en veletableret afgrøde er op til 35 tons pr. time for en skårlægger med en arbejdsbredde på 2,80 m. Det gennemsnitlige kraftudtagseffektbehov er her ca. 27 kW, dog periodisk op til 56 kW.

Presningen af den skårlagte elefantgræsafgrøde kan foretages med en rundballepresser, en presser for mellemstore baller eller en storballepresser. Kapaciteten med en storballepresser er op til 25 tons pr. time. Resultater fra målinger med en storballepresser er anført i tabel 2.

Tabel 2. Opsamling og presning af skårlagt elefantgræsafgrøde.

| MASKINE : UDBYTTENIVEAU: | HESSTON 4800 14 ton/ha | HESSTON 4800 11 ton/ha |
|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Fremkørselshastighed, m/s (km/h) | 0,99 (3,6) | 2,33 (8,4) |
| Vandindhold, % | 17,6 | 25,0 |
| Effektbehov ¹ , gns. kW | 21,3 | 23,6 |
| Effektbehov ¹ , maks. kW | 104,7 | 141,5 |
| Ballevegt, gns. kg | 555 | 575 |
| Kapacitet, ton/h | 15,0 | 24,6 |

¹ Det anførte effektbehov er kraftudtagseffektbehovet.

Til drift af storballepresseren blev der ved de anførte målinger anvendt en traktor med en maksimal kraftudtagseffekt på 109 kW. Ved den største kapacitet var kraftudtagseffektbehovet gennemsnitlig 23,6 kW. Momentant var effektbehovet dog væsentligt større.

Inden for det undersøgte interval kan kapaciteten (K) med Hesston 4800 beregnes efter formlerne:

$$K = -26,1 + 0,38y + 1,5z + 0,46u \quad (R^2 = 0,95)$$

Det fremgår, at presserens kapacitet øges med et større høstudbytte pr. arealenhed, et højere vandindhold og øget tilført effekt.

Opsamling og presning af det skårlagte elefantgræs kan foretages uden væsentlige tekniske problemer. Specielt ved anvendelse af presseren for mellemstore baller kan der dog forekomme driftsstop på grund af ophobning af elefantgræsstrå i maskinens pick-up. Problemet med ophobning er størst ved høj fremkørselshastighed og stor kapacitet.

Væsentlige *fordele* ved denne metode med skårlægning og efterfølgende opsamling med en storballepresser er, at der kan opnås en forholdsvis stor kapacitet, samt at den efterfølgende håndtering, transport og lagring kan foretages rationelt. Endvidere er der under gunstige vejrforhold mulighed for at opnå en tørring ved at lade afgrøden ligge på skår i en periode.

En *ulempe* ved metoden er, at det kan være vanskeligt at undgå spild under opsamling af det skårlagte materiale, specielt hvis den ofte fugtige bladmasse, som normalt ligger på jorden, ikke ønskes medtaget. Presserens pick-up kan vanskeligt opsamle rette strå, der ligger på jorden parallelt med kørselsretningen. Problemet kan reduceres ved anvendelse af en skårlægger med et effektivt krimperudstyr.

Storballepresser med påmonteret snitter.

Ved direkte høst med en storballepresser, påmonteret en snitter, foretages høsten i én arbejdsgang, og samtidig presses elefantgræsstrået i storballer. Snitteren skal monteres med en speciel type knive og modskær, således at der både kan foretages en afskæring af strået fra roden og en snitning eller knusning af materialet. Resultater fra målinger af kapacitet og effektbehov er anført i tabel 3.

Tabel 3. Høst af elefantgræs med storballepresser, påmonteret snitter.

| MASKINE : HESSTON 4800 og FERRI f200 SNITTER ARBEJDSBREDDE : 2,00 m | | | |
|--|------------|------------|------------|
| Udbyttensniveau, ton/ha | 17 | 6 | 3 |
| Vandindhold, % | 20,9 | 19,8 | 22,8 |
| Fremkørselshastighed, m/s (km pr. time) | 0,91 (3,3) | 0,89 (3,2) | 1,78 (6,4) |
| Effektbehov ¹ , gns. kW | 54,4 | 23,8 | 14,3 |
| Effektbehov ¹ , maks. kW | 119,1 | - | 96,5 |
| Ballevægt, gns. kg | 520 | 530 | 627 |
| Kapacitet, ton/h | 9,0 | 3,6 | 3,3 |

¹ Det anførte effektbehov er kraftudtagseffektbehovet.

Ved høst af en veletableret afgrøde er kapaciteten 9,0 tons pr. time ved et gennemsnitligt kraftudtagseffektbehov på 54,4 kW. Til drift af presser og snitter blev der anvendt en traktor med en maksimal kraftudtagseffekt på 109 kW.

Inden for det undersøgte interval kan kapaciteten (K) ved høst beregnes efter formlen:

$$K = -3,5 + 0,42y + 0,20z + 0,047u \quad (R^2 = 0,91)$$

Det fremgår, at kapaciteten øges med et større høstudbytte, et højere vandindhold og øget tilført effekt.

Ved denne høstmetode køres med traktoren ind gennem den uhøstede afgrøde. De lange og stive elefantgræsstrå bøjes under passagen af traktoren ned mod jorden, men bøjede eller knækkede strå giver i de fleste tilfælde ikke anledning til større spild ved opsamlingen med snitteren. Kun hvor traktorhjulene passerer direkte hen over stråene, forekommer der problemer med opsamling af strå, som på grund af overkørslen ligger helt fladt langs jorden. Ved anvendelse af denne høstmetode bør planteafstanden derfor tilpasses sporvidden på traktor og presser, således at hjulene ikke løber direkte hen over planterne. Under drift opbygges en kraftig sugning under snitteren, så der ved høst medtages en del af de løse blade, som ligger på jordoverfladen, hvilket kan medføre et forøget vandindhold i det pressede materiale. Selve snitningen forårsager en meget kraftig støvudvikling. Det er nødvendigt at foretage ekstra tætninger eller afdækninger ved pressens indføring, for at støv og fint snittet materiale ikke skal ophobes og forårsage driftsstop af presseren.

Fordele ved denne høstmetoden er, at det er muligt at foretage høsten i én arbejdsgang, ligesom den efterfølgende håndtering, transport og lagring af afgrøden kan ske rationelt.

Det kan være en *ulempe*, at den ofte fugtige bladmasse, som ligger på jorden, medtages. På grund af planternes vækst kan det i en gammel afgrøde være vanskeligt at bevare et rækkesystem.

Spild ved høst.

Ved flere af høstmetoderne forekommer der et ikke uvæsentligt spild i form stråmateriale, som ligger tilbage på jordoverfladen efter høsten. Resultater fra opgørelser af høstspildet er anført i tabel 4.

Tabel 4. Markspild ved forskellige høstmetoder.

| HØSTMETODE: | Vandindhold | Høstudbytte, ton/ha | Spild | |
|---|-------------|------------------------|-------------------|-------------------|
| | % | | Tørstof ton/ha | % |
| Skårlægger og storballepresser | 22,5 | 14,0 | 1,24 | 11,4 |
| | 17,6 | 14,2 | 0,74 | 6,3 |
| Finsnitter med række- uafhængigt majsskærebord | 25,2 | 14,3 | 1,32 ¹ | 12,3 ¹ |
| Storballepresser, påmonteret snitter (Direkte høst) | 20,9 | 17,3 | 0,84 | 6,2 |
| | 17,7 | 10,1 | 0,27 ² | 3,1 ² |

¹ I det registrerede spild indgår også de topkud, der var knækket af planterne i løbet af den forudgående vinter.

² Undersøgelser med forbedret maskine.

Elefantgræs som brændsel.

En af anvendelsesmulighederne for elefantgræs er som brændsel i fyringsanlæg. Elefantgræs kan anvendes i gårdfyringsanlæg af typen, som anvendes ved fyring med halm.

Brændværdi, askeindhold m.v. i elefantgræsmateriale, bjærgtet med forskellige teknikker, er anført i tabel 5.

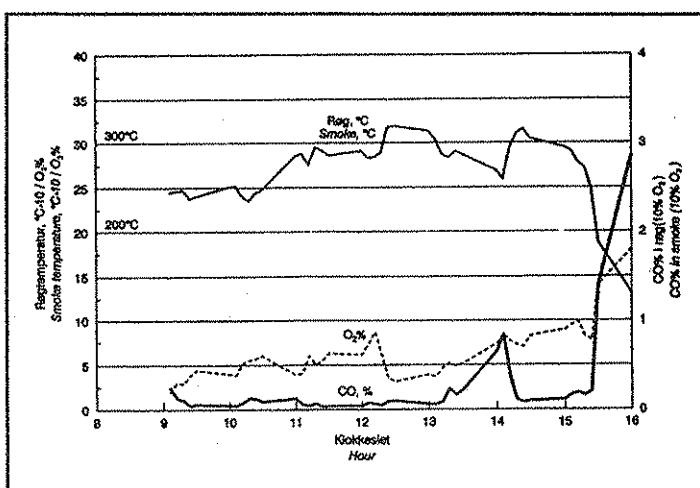
Tabel 5 : Brændselsanalyser af elefantgræs.

| Høstmetode | 1 | 2 | 3 | 2 | 4 | 5 | |
|-------------------------------------|------------------|------|------|------|------|------|------|
| Brændværdi (øvre), MJ/kg | 16,8 | 16,7 | 16,8 | 17,3 | 17,2 | 17,1 | |
| Brændværdi (effektive), MJ/kg | 15,5 | 15,4 | 15,5 | 16,0 | 15,9 | 15,8 | |
| Vandindhold, % | 5,4 | 5,7 | 5,4 | 9,6 | 10,0 | 12,1 | |
| Aske (tør basis), % | 1,9 | 2,6 | 2,0 | 2,5 | 2,0 | 2,6 | |
| Flygtige bestanddele (tør basis), % | 80,1 | 81,0 | 80,0 | 79,5 | 80,8 | 69,7 | |
| Svovl (tør basis), % | 0,11 | 0,09 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,11 | |
| Carbon, % | - | - | - | - | - | 41,5 | |
| Hydrogen, % | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 5,4 | 5,4 | 5,4 | |
| Nitrogen, % | - | - | - | - | - | 0,5 | |
| Askens smelteforløb, °C | Blødgøringstemp. | - | - | - | 980 | 1120 | 1020 |
| | Halvkugletemp. | - | - | - | 1170 | 1210 | 1090 |
| | Flydetemp. | - | - | - | 1190 | 1230 | 1120 |

- 1) Finsnitte med traditionelt græsskærebord.
- 2) Skårlagt og opsamlet med en storballepresser.
- 3) Finsnitte med rækkeafhængigt majsskærebord.
- 4) Prøve, bestående af strå uden bladele.
- 5) Direkte høst med storballepresser med påmonteret snitte.

Brændværdien af elefantgræsset er af samme størrelse som for halm. Askeindholdet og svovlindholdet er gennemgående lavere i elefantgræs end i halm, men i øvrigt er der ikke væsentlige forskelle.

Ved forbrændingen af elefantgræsstorballer i et storballefyrt opnåedes en virkningsgrad på ca. 80 procent, hvilket var ca. 5 procentenheder højere end ved forbrænding af hvedehalm i det pågældende fyrt. Den gennemsnitlige faststofemission blev målt til 240 mg pr. normal-m³ røggas med et iltindhold på 10 procent. Faststofemissionen ved forbrænding af hvedehalm i fyret var i gennemsnit 550 mg pr. normal-m³ røggas med et iltindhold på 10 procent. Forbrændingens forløb, herunder røgens CO-indhold under forbrænding af en balle (vægt 562 kg), er vist i figuren. Forbrændingen forløb mere roligt og rent, end hvad der opnås med halm. Dette skyldes sandsynligvis, at baller-



Figur 1. Røgtemperatur, røgens indhold af kulilte og ilt ved forbrænding af elefantgræsstorballer i portionsfyret kedel.

ne trods en høj rumvægt er ret porøse, så forbrændingsluften har let adgang mellem de kraftige stængler.

Forbrænding af elefantgræsstorballer i stokerfyr med opriver kræver, at anlægget er forsynet med opriver af forholdsvis kraftig konstruktion. Denne type fyringsanlæg er bedre egnet til forbrænding af snittet materiale. Elefantgræs materiale, høstet med finsnitte, er i forhold til snittet halm fra korn kompakt. Under forbrændingen kan forbrændingsluften derfor have svært ved at trænge tilstrækkeligt ind i det findelte materiale. Ekstra luftdyser for tilførsel af forbrændingsluft vil ofte være nødvendige for at sikre optimal forbrænding.

Afslutning.

Med udgangspunkt i den aktuelle debat om braklægning af landbrugsjord, non-food produktion og CO₂-neutral energiproduktion synes elefantgræs at være en interessant afgrøde på grund af såvel et højt udbyttepotentiale som flere anvendelsesmuligheder. Der er dog stor usikkerhed vedrørende produktionsøkonomi, herunder udbytte under forskellige vækstforhold, afsætningsmuligheder og pris m.m. Der er fortsat behov for undersøgelser vedrørende dyrkning, planteforædling og maskinteknik.

Litteraturliste:

1. Knoblauch, F. et al.:
Miscanthus sinensis "Giganteus" (elefantgræs). Dyrkningsvejledning.
Grøn viden nr. 85 (landbrug), Statens Planteavlsvforsøg 1991.
2. Vogel, G.:
Elefantgræs som brændsel. Nye plantekulturer.
ATV, 1988.
3. Kjærsgaard, S.:
Anvendelse af elefantgræs til produktion af cellulosefibre.
ATV, 1988.
4. Bjerre, G. K.; Hansen, S. K.:
Slamgødet elefantgræs.
AUC, 1988.
5. Nielsen, P. N.:
Produktiviteten af elefantgræs, Miscanthus sinensis "Giganteus" på forskellige jordtyper.
Beretning nr. 1908, Statens Planteavlsvforsøg 1987.
6. Hansen, L. A.:
Biomasseproduktion af "Elefantgræs", Miscanthus Sinensis 'Giganteus', 1992.
7. Jørgensen, U. et al.:
Produktion af elefantgræs.
Grøn viden nr 110 (landbrug), Statens Planteavlsvforsøg 1992.
8. Kristensen, E. F.; Høst, opbevaring og anvendelse af elefantgræs ((Miscanthus sinensis ("Giganteus"))) til fyringsformål, Beretning nr 52, Statens Jordbrugstekniske Forsøg 1992.

Bent S. Bennedsen,
Agricultural Engineering
The Royal Veterinary and
Agricultural University
Agrovej 10
DK 2630 Taastrup, Denmark

Peter Hagen
(Master student 1992)
Danish Forest and
Landscape Research Institute
Skovbrynet 16
DK 2800 Lyngby, Denmark

Henning Nielsen
Agricultural Engineering
The Royal Vet. and
Agricultural Univ.
Agrovej 10
DK 2630 Taastrup

Quality Evaluation of Decoration Greenery by image analyses

Abstract

This paper describes the development of a computer vision system for measuring certain parameters related to the quality of decoration greenery. The system was developed as a tool for evaluating and selecting breeding material for future production, and used in connection with a master thesis at the Section for Forestry at The Royal Veterinary and Agricultural University.

The Parameters involved in the analysis was the so called "cover ratio" and colour of branches. A system, capable of measuring the cover ratio was developed, and attempts were made to solve the problems around objective measurement of the colour of a fir branch.

1: Introduction

Until about 1950, the danish production of decoration greenery was modest. Since then the annual planting of trees for the purpose of decoration greenery have been growing almost every year (Gade-Larsen 1987).

In 1992 the export value of decoration greenery was around 160 million Danish Kroner for the registered export, to this should be added a considerable, un-registered export. The long term expectation in the trade is a steadily increasing export (Olsen, 1993).

The production of decoration greenery have vital significance for the Danish forestry in a time of low prices for the wood products.

2: Measuring quality of decoration greenery

In the past, scientist have used various parameters to measure quality of decoration greenery for evaluation of experiments. Examples of central parameters used are; angle of the needles, flexibility of the branch, colour and cover ratio (Anonymous 1991).

Cover ratio and colour are interesting parameters, since automatic and objective measurement can be achieved by using image processing.

The cover ratio is the relation between the area, actually covered by branch and needles, i.e. the projected area of the branch and needles, and the area of a polygon, defining the

perimeter of the branch, . So far this parameter has been measured by the derived values "length of shoot" and "number of twigs on the shoot", where short shoots and a many twigs generally means higher cover ratio, and hence are preferred. The problem of the method is, that these values are very indirect. They do not tell the whole truth about the cover ratio of the greenery. A direct measurement should be preferred (Hagen 1992).

The colour is what is perceived by the human eye, when looking at the branch. It depends on a number of factors, including angle of needles, thickness of wax layer etc. A blue colour is normally preferred. The colour has been measured by selecting a number of different coloured twigs and arranging them in order of colour, defining a scale of scores, highest for the most blue and lowest for the most green. Typically 5 different twigs are used, corresponding to values from 1 to 5. By comparing the material with the twigs, the material can be classified into categories according to the colour. The advantage of the method is that, it is easy to perform, do not depend on complicated and expensive equipment. The problem is that it is not reproducible (in a few days the twigs will dry and loose their colour). It is also depending on the light conditions and hence the weather. Also the angle in which the branch is held during evaluation, according to the source of light. Thus, different persons will interpret the same colours differently (Hagen, 1992).

Other methods tried with limited success is measuring under ultraviolet or blue light, still with twigs to compare.

3: Design and testing of image analyzing system

3.1 Illumination:

Lighting is probably the most important part of any image processing tasks, since proper illumination can solve many problems, just as poor light can create difficulties.

For this project,, an inspection-box was designed and build. It was a plywood box, 0.6 X 0.9 X 1.75 m, with mounting for camera and lamps at the top. As a first approach, a combination of direct and indirect light was established by using diffusing, white plexiglass plates to cover the lamps, and painting the inside of the box white. The idea was to eliminate shadows, but the result was not encouraging. In stead, two 1000 W photo-lamps were employed. The lamps had a build-in lens-system to ensure parallel beams, and the result was a very uniform illumination of the fir-branches, with a minimum of shadows.

3.2. Measuring cover ratio:

This task involves three parts; 1 - Segmentation in order to achieve a binary image with the fir branch clearly identified, 2 - defining the polygon, circumscribing the branch. 3 - Measuring the area of this polygon and the area covered by the branch itself.

For measurement, the branch was placed on a white surface, under the camera. Segmentation was achieved by a simple thresholding. The pixel values of the white surface were measures in a square of 50 X 50 pixels in the top left corner of the image. It was assumed, that all pixels with lower values than the minimum of the pixels in the

square would be part of the branch. This was the simplest possible segmentation algorithm, but its function was found to be adequate, and hence it was accepted.

The polygon defining the perimeter of the branch was created by a routine using the mouse cursor to define the polygon corners. "Clicking" the mouse button fixed the polygon corners one by one until the polygon was closed around the branch.

To measure the area of the polygon and the covered area, a special flood-fill routine was made. This was initiated from a point inside the polygon, defined by means of the mouse. After that, the filling was performed by scanning up and down between the borders. During this process, it identified the pixels as belonging either to the branch or to the background. The cover ratio was calculated as the ratio between the number of pixels identified as branch, to the total number of pixels inside the polygon.

3.3. Measuring the colour.

The colour measuring was a more complex matter and was never solved to complete satisfaction. As mentioned above, the value to be measured is closely related to the colour perceived by the customers. Experiments made in connection with these measurements showed, that the apparent colour depended on the angle of the needles and the distance between them. Also the angle between the branch, the lamp and the eyes of the observer influenced on the perception of colour. This is due to the fact, that different angles and spacing of the needles gives different exposure to the light, and hence an impression of a lighter or darker colour.

Several solutions to these problems were suggested; among others, to measure the thickness of the wax-layer on the needles, since this seemed to be responsible for the blue colour, also, it was suggested to peel off the needles and measure the colour when they were fully exposed to light. However, none of these indirect methods could be employed, since the value needed is in fact the value perceived by a customer. Hence, it was decided to proceed with attempts to measure the colour of the branch in its original shape.

A black background was used for the colour measuring. This was established by using two mat black cardboard plates, mounted opposite to each other in a 45° angle to vertical. Above these, the measured branch was placed on a net of suspended, black sewing thread. Thus, provided the light was properly adjusted, the background would consist of pixels with values very near to 0, and could thus be identified.

Having thus established a reasonable image, the next problem was, how to analyze it. Since the value aimed at was closely related to the overall impression of the entire branch by the human eye, the simplest possible method was to take the average values in red, green and blue, respectively, of all the pixel-values of the branch. This would provide a three-coordinate (RGB) value for the "average" pixel. Since this would obviously be a rather coarse approximation, some modifications were attempted. The first one was to use HIS-coordinates (Hue, Intensity, Saturation).

However, before solving the problems related to the proper calculation of the colour, some technical drawbacks of the system had to be eliminated. These problems came from the camera, which was equipped with an automatic adjustment of the aperture and of the

white balance. This feature could not be locked, and hence it was not possible to fix the system in such a way, that uniform values could be obtained for different shaped samples of the same colour.

Although some measurements were made, and a reasonable relationship with the human perception established, some development has still to be undertaken before computer vision measurements of ornamental greenery colour can be performed with greater accuracy. However, the task involves a number of interesting, basic features in image analyses and colour perception, and will form an excellent basis for further research.

4: Future use of image analyses in decoration greenery breeding and production

There seems to be a considerable potential for the use of image analyses in the different aspects of the production of decoration greenery. One aspect is the development of tools for measuring, evaluating and registering results of experiments in for instance breeding, fertilizing etc. Here, there is a need for objective and accurate methods for measuring, but the prize and ease of use are less important.

The other aspect deals with using computer vision as part of the actual production and marketing of decoration greenery. At present, much time is spent in the forests, collecting information about the various plantings. These information could be gathered using aerial photography and subsequent image analyses. The most obvious application of this would be evaluation of quality, as described in this paper, but developed further in order to be performed on pictures taken from a reasonable altitude over the actual planting. Thus, a potential buyer could analyze pictures and select the desired quality. Further, an estimate on the potential production of a particular planting could also be derived from the pictures. (Dralle 1993).

Other applications of aerial inspection coupled with image analyses is the detection of plant diseases. Experiment has shown, that near-infrared-radiation reflection can be used to detect abnormal conditions caused by plant diseases, water stress etc, but both the techniques and the equipments will have to be developed further. (Dralle 1993).

Literature.

Anonymous (1991): Sorteringsvejledning for Nobilis klippegrønt of Nordmannsgrantræer. Dansk Skovforenings Pyntegrøntsektion, 1991.

Gade-Larsen, Brian (1987): Pyntegrøntproduktion, træarts- og proveniensvalg. Skovskolen 1987.

Dralle, Kim (1993): Personal information.

Hagen, Peter (1992): Objektive målemetoder af kvalitative egenskaber i nobilis. Projekt opgave i skovdyrkning, Sektion for skovbrug, den Kongelige Veterinær og Landbohøjskole. 1992.

Olsen, Asger (1992): Eksporten 1992. PS Nåledrys 17/1993, Dansk Skovforenings pyntegrøntsektion 1993.

Hannu Haapala, Lic. (Agr. Eng)
e-mail: hhaapala@cc.helsinki.fi
Markku Hirvenoja, Agr. Eng. Stud.
email: mhirvenoja@cc.helsinki.fi
Univ. of Helsinki
Dept. Agric. Engng and Household Technology

Suitability of DGPS for Positioning of Agricultural Machines

GPS- and DGPS-navigation have been tested and researched since 1989 in University of Helsinki Department of Agricultural Engineering and Household Technology. Results show that GPS is a very potential technique for spatially selective field operations, such as fertilizing and crop protection works.

What is GPS/DGPS?

NAVSTAR GPS is a shortcut of words (Navigation System with Time and Ranging Global Positioning System). It is a satellite-based global navigation system initially designed for military purposes of U.S. Dept. of Defence (DoD). Civilian users have a limited access to GPS. For civilians the GPS's positioning accuracy is limited through the use of Selective Availability (SA-) technique. GPS-positioning is currently free of charge - users just have to buy a receiver to begin to use it. The price of the receiver is in the order of that of a common microcomputer. The smallest receivers are about the size of a credit card. GPS is widely used on dry land and maritime. In the future air traffic will probably use it too. Using GPS in the airplanes was not possible due to safety reasons until this year because of the incomplete satellite constellation. This year the constellation is fully realized consisting of 21 active satellites and 3 spares.

For positioning the receiver needs an unblocked line-of-sight to the satellites. For three-dimensional positioning it is necessary for the receiver to have access to four satellites (SVs, Space Vehicles) and two-dimensional positioning is possible with three visible ones. The SVs send with a fixed frequency (in fact with two frequencies) a wide bandwidth radio frequency signal which includes information of the SVs position in the space and a very precise time. There are also some correction parameters for signal speed which are due to e.g. ionospheric conditions. In 3D-positioning the receiver calculates distances (=pseudo distances) to three SVs. The fourth SV is needed for receiver's time correction. The pseudo distances are corrected iteratively to minimize clock error and thus to get a precise position.

The accuracy of civilian GPS-positioning can be significantly improved by the use of differential-GPS (DGPS). In DGPS there is a fixed GPS-receiver the position of which is accurately known. Because the fixed receiver is not moving it can continuously calculate corrections to the positioning results. The corrections can be fed to one or several moving receivers if they are equipped for it. Normally the transmission is done through radio beacons. DGPS is a local system because it is necessary that both the moving receiver and the fixed one use same SVs. DGPS can reduce the positioning error to a couple of metres. In Finland, and in most European countries the government marine department has built public differential correction stations to the coast areas. They can be used for DGPS within some hundreds of kilometres, on land not so far as on the sea. To use this service you only have to purchase a special DGPS-radio receiver to be plugged in the moving differential GPS-receiver. This is less expensive than to build an own differential station. In Finland the service is still free of charge.

Why GPS?

When using GPS all the components of the positioning system can be put inside the vehicle. The positioning is globally available. There is no need to put transponders or prisms in the corners of the field. GPS is a very user-friendly positioning system. After powering the receiver on, it starts to give coordinates. It does not need calibration because its full digital. The basic receiver is not expensive. It is small: hand-held receivers are about the size of a pocket telephone and a six-channel 'black box' receiver with an antenna fits into a packet of cigarettes. Today almost all units are designed to work with a computer.

An ordinary GPS receiver is not suitable for general agricultural use because of its inaccuracy. A typical value is around 100..150 metres (RMS). A DGPS system is quite expensive but it still is cheaper than those optical or radio beacon systems which are on the market. Accuracies of a DGPS-sets are quite varying, mostly depending on make and version. Best versions are capable to a sub-metre accuracy in kinematic mode. This is still not usable when trying to guide autonomous robot-tractors but it seems to be a realistic option when talking about spatially selective field operations. (AUERNHAMMER 1990, BUSCHMEIER 1990, 1991, STAFFORD & AMBLER 1991, 1992)

Tests with DGPS

DGPS was tested first time in the winter 1990..91 at the former dept. of Agricultural Engineering (now its name is much longer). That time the problem was the incomplete satellite constellation. There were large 'holes' in the coverage. The building of the system was started according to the strategic needs of U.S. DoD. So the accuracy was not very good in Finland, even though the accuracy was not corrupted with SA because of the Gulf War.

The tests were made with Astech M XII geodetic receivers, the first one being fixed and the other fitted in a Land Rover. The data were collected into the receiver's RAM. Differential corrections were calculated afterwards from the downloaded data in an office computer. Accuracies were calculated separately in driving direction and in a right angle to it. A resolution of 100..200 m² was reached, depending on satellite geometry and coverage. The system was very sensitive to sight blocking obstacles such as buildings or trees. On open field (>30 m from nearest obstacle) it was working fine. (HAAPALA et. al. 1992)

In summer 1993 GPS and DGPS were tested. DGPS was operating in real time mode using the public reference stations for corrections. The receiver was Trimble Placer GPS/DR connected to Trimble NavBeacon XL differential receiver. The system also had a backup system, a so called DR- (Dead Reckoning) module, which consisted of a fiber optic gyro and an odometer. The system was installed in a Valmet 805 tractor. A resolution of 10..20 m² was reached in DGPS mode. This system was not very sensitive to obstacles. Though there were quite a few missing points and points where the receiver gave same coordinates many times. When there was a thunder storm the receiver lost its connection to the base station. This is commonly reported by maritime users as well. Number of missing points is dependent on sight obstacles. In bad conditions every second or every third coordinate may be missing. The reason for this can be the GDOP-mask used in the receivers. GDOP (Geometric Dilution of Precision) is a measure for geometric quality of positioning result. The user can set the quality limit for geometry of positioning by the GDOP-mask. During the tests the mask was set to a reasonably high quality limit (12). This led to 0..15% of missing points even in good receiving conditions.

Missing points reduce the accuracy in the direction of driving. During the tests this error was 1.5 metres maximum. This could also be explained by delays in receiving differential corrections. According to BÄCKSTRÖM (1993) SA can change at a speed of 0,5 m/s. Receiving positioning information, calculating the corrections and sending them can take some seconds altogether. The 95% accuracy was 0.9..1.1 metres calculated in right angle to the travelling direction. In driving direction it was some 2 to 4 times larger.

Suitability for agricultural navigation

The positioning system is an important part of Computer Aided Farming (CAF, BUSCHMEIER 1990, 1991) where Spatially Selective Field Operations (STAFFORD & AMBLER 1991, 1992) are done. Operations are planned and controlled with computers.

A resolution of 15 metres means that the diameter of positioning accuracy circle or ellipse is less than 5 metres. It is not economically justified to map field variability with such a high resolution. In our project at the Dept. of Agric. Engineering and Household Technology we set our target level of resolution to be around 100 m². This is also the resolution of the database (GIS, Geographical Information System) of the fields. DGPS is accurate enough to be used to navigate on this kind of a map and help to control fertilizer and pesticides application. It is not suitable for guiding autonomous vehicles.

When using DGPS it is necessary to have backup systems such as DR. In the presence of sight obstacles the contact to satellites can be lost for several seconds. Positioning can be difficult when working nearby the edge of a forest or near houses, specially during bad satellite constellation. Besides DR, also tramlines which are in known positions could be used for reference. The so called Map Matching technique could be applied to the field work. Map Matching is used in vehicle navigation systems installed in cars. If the positioning error exceeds a certain limit the Map Matching algorithm corrects the car's location to a known road (MORISUE. & IKEDA 1989).

Local information such as weed and pest contaminations can easily be located using a portable GPS receiver. Selective application of chemicals can then be realized using DGPS positioning of implements. Feedback of selective operations can be monitored from yield mapping. Yield mapping is realized through positioning of the combine harvester and measuring grain output. (STAFFORD & AMBLER 1992) DGPS is accurate enough for this purpose, too. There are several techniques for yield measurement on a combine (DEMMELE et. al. 1992, REITZ & KUTZBACH 1992).

Acknowledgements:

Thanks to involved firms Navdata Oy and Geopolar Oy for the equipment. Special thanks to eng.stud. Kalle Lindell for valuable work in GPS installations. Thanks to the staff of Dept of Agric. Engng and Household Techn. for assistance.

References:

- AUERNHAMMER, H. 1990. Landtechnische Entwicklungen für eine umwelt- und ertragsorientierte Düngung. Landtechnik 7+8:
- BUSCHMEIER, R. 1990. CAF with Satellite Navigation System GPS. AgEng '90. Technical papers and posters. Abstracts. pp. 88..89.
- BUSCHMEIER, R. 1991. Was ist CAF? Agrartechnik 4:103..104
- DEMMELE, M., MUHR, T, v. BERGER, P. & AUERNHAMMER, H. 1992. Ortung und Ertragsermittlung beim Mähdrusch in den Erntejahren 1990 und 1991. Ortung und Navigation Landwirtschaftliche Fahrzeuge. VDI/MEG Kolloquium Agrartechnik. 14:107..122.
- HAAPALA, H., HIRVENOJA, M. & PESONEN, L. 1991. In Finnish: Kolmiulotteinen paikantamismenetelmä säätötekniikan perustaksi peltoviljelyyn. [3-Dimensional Positioning System for Basis of Control of Crop Production]. Helsingin yliopisto. Maa- ja kotitalousteknologian laitos. Väli raportti. 56 s.
- MORISUE, F. & IKEDA, K. 1989. Evaluation of Map-Matching Techniques. IEEE.PLANs '89. IEEE cat. nr CH2789-6:23..28.
- REITZ, P. & KUTZBACH, H. D. 1992. Technische Komponenten für die Erstellung von Ertragskarten während der Getreideernte mit dem Mähdrescher.
- STAFFORD, J. & AMBLER, B. 1991. Dynamic Location for Spatially Selective Field Operations. ASAE Paper 91-3528. 10 p.
- STAFFORD, J. & AMBLER, B. 1992. Mapping Grain Yield for Spatially Selective Field Operations. AgEng '92. Paper No 9205-117. 12 p.
- TOFT, H. 1987. GPS Satellite Navigation. Shipmate. Aalborg. 123 p.

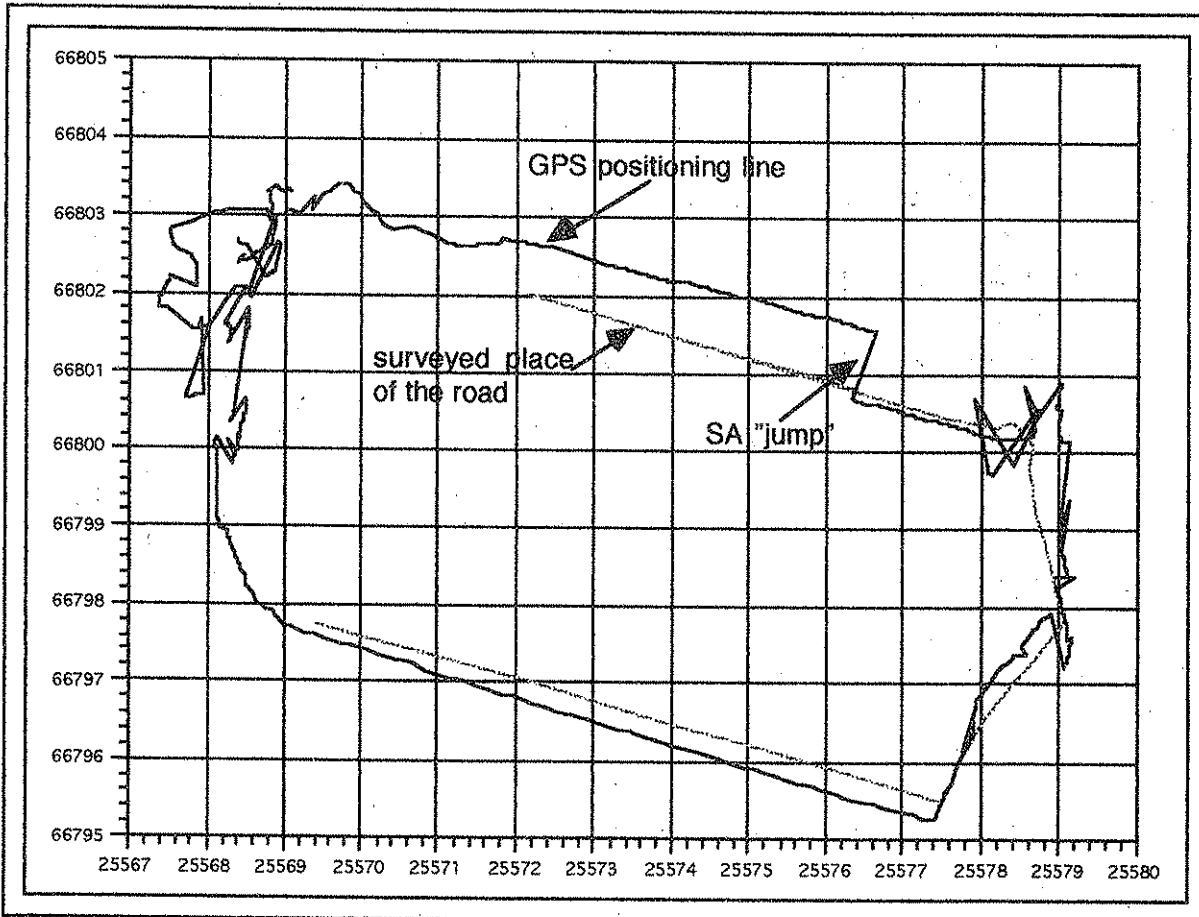


Fig. 1. Normal GPS positioning. Part of the used road was surveyed and the road line is added to figure. The grid is 100 m.

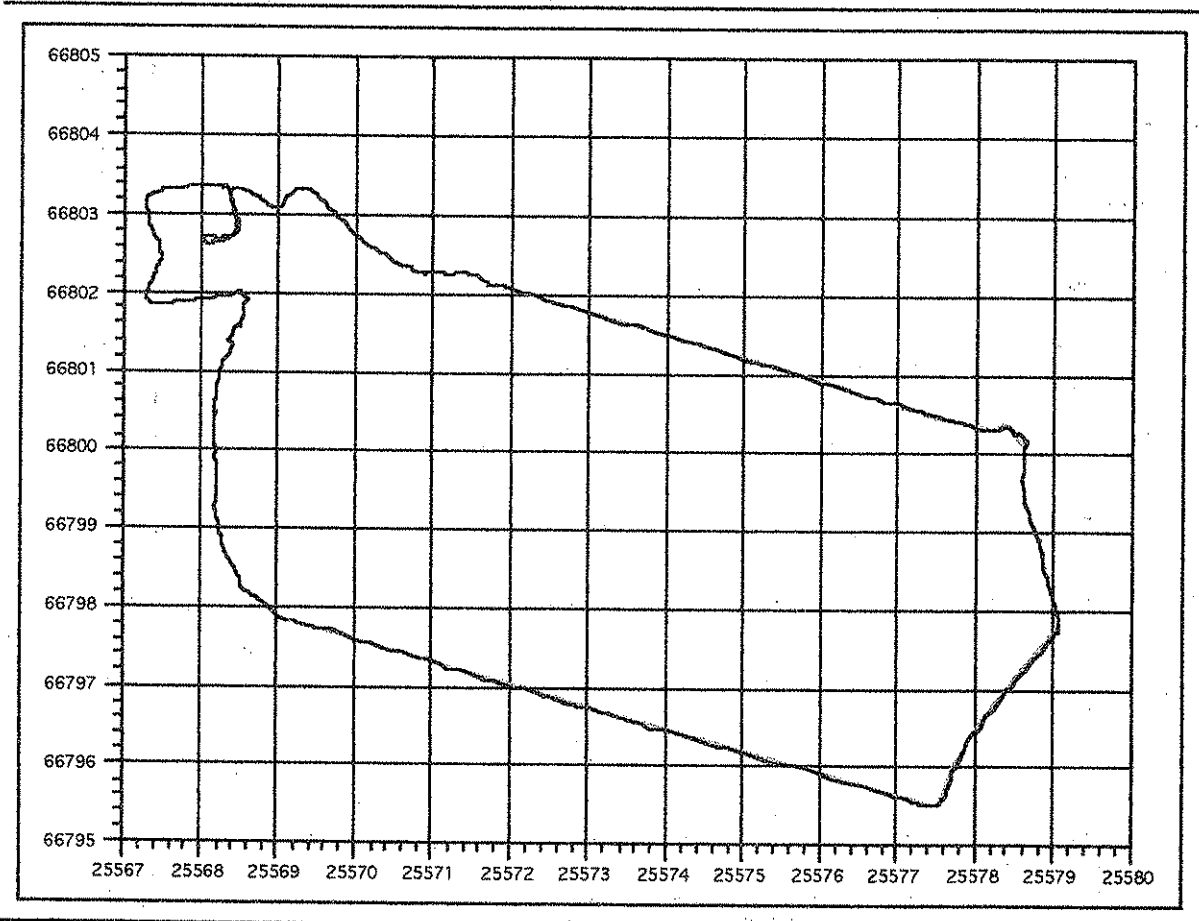


Fig. 2. The same route by DGPS positioning. The road line can hardly be distinguished.

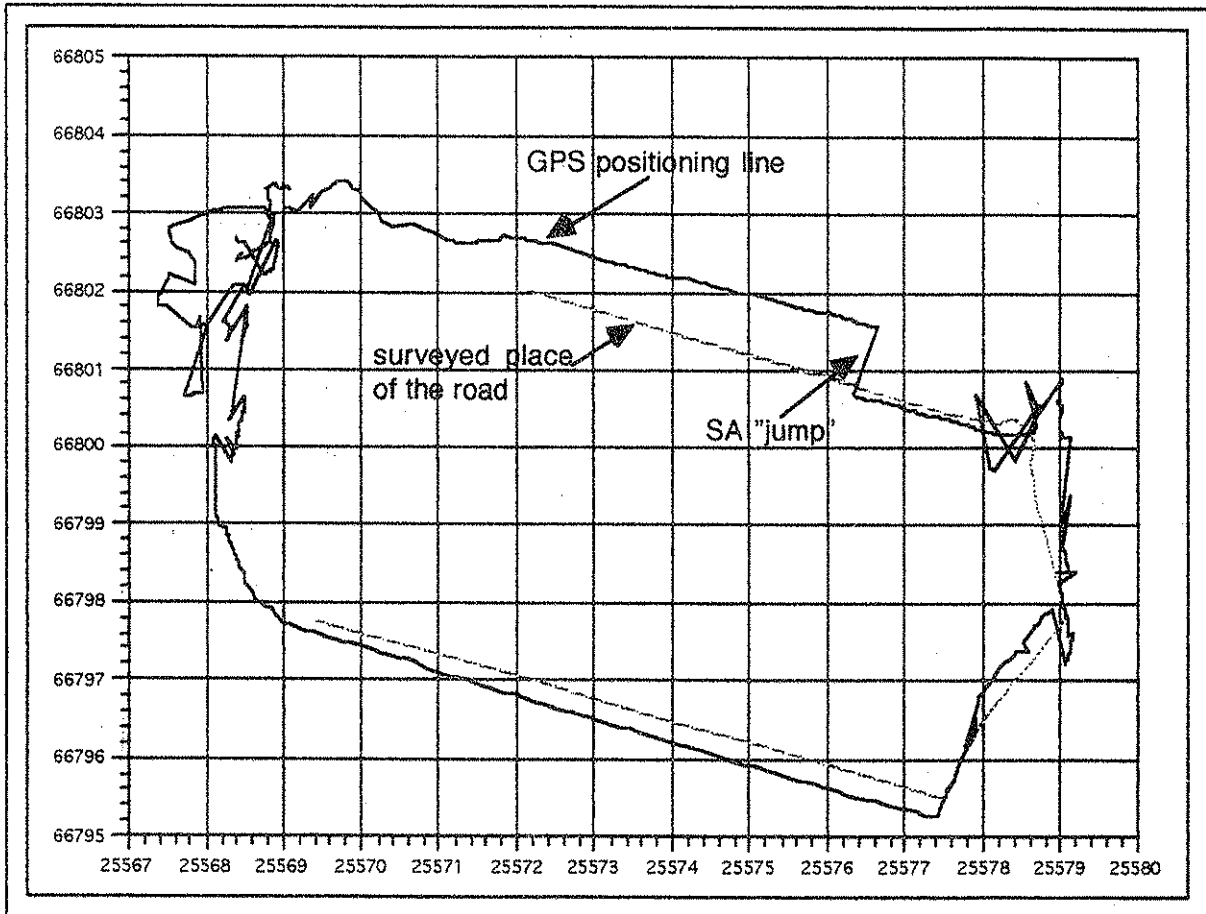


Fig. 1. Normal GPS positioning. Part of the used road was surveyed and the road line is added to figure. The grid is 100 m.

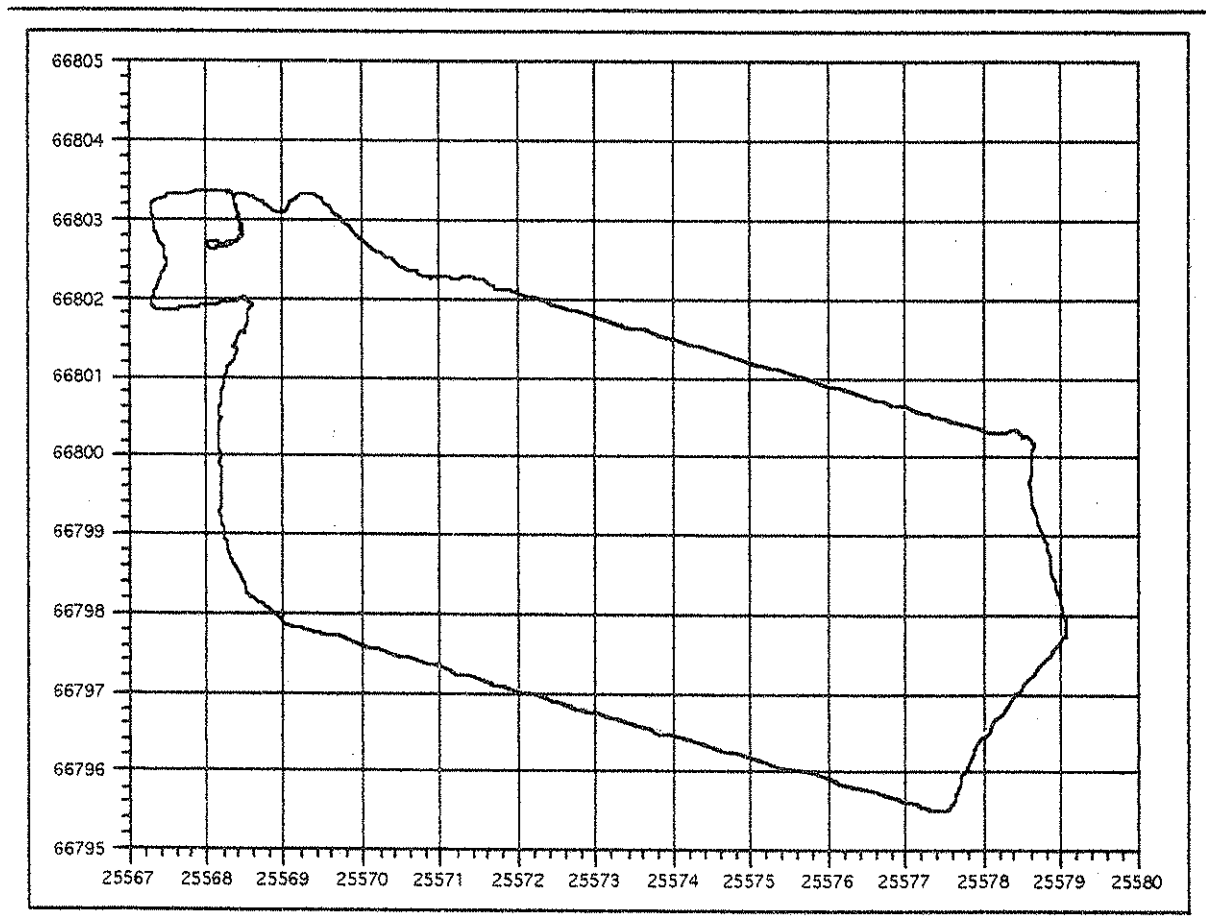


Fig. 2. The same route by DGPS positioning. The road line can hardly be distinguished.

Lennart Mattson
Försöksavd. för växtnäringslära
Inst. för markvetenskap SLU
Box 7014
750 07 UPPSALA

Lars Thylén
JTI
Box 7033
750 07 UPPSALA

Möjligheter att styra gödsling efter bördighetsvariationer inom fält

Bakgrund

Under den senaste femårsperioden har ett flertal projekt inom områden som skördekartering och mark- och skörderelaterad gödsling påbörjats i Europa. Den tekniska utvecklingen har bidragit till att det idag finns kommersiellt tillgängliga system som mäter skörden momentant, liksom system för positionsbestämning.

Den optimala N-givan varierar på olika fält, beroende bland annat på förfrukt, jordart, årsmån etc. Även inom fält är variationerna stora, vilket medför att stora delar av ett fält ej erhåller optimala givor av insatsmedel. Med en differentierad giva av insatsmedel kan miljöbelastningen från jordbruket reduceras. Under förutsättning att N-givan tidigare varit optimal för fältet, så kommer skörden att öka med differentierad gödsling. Med ett komplett system bör även andra insatsmedel kunna styras.

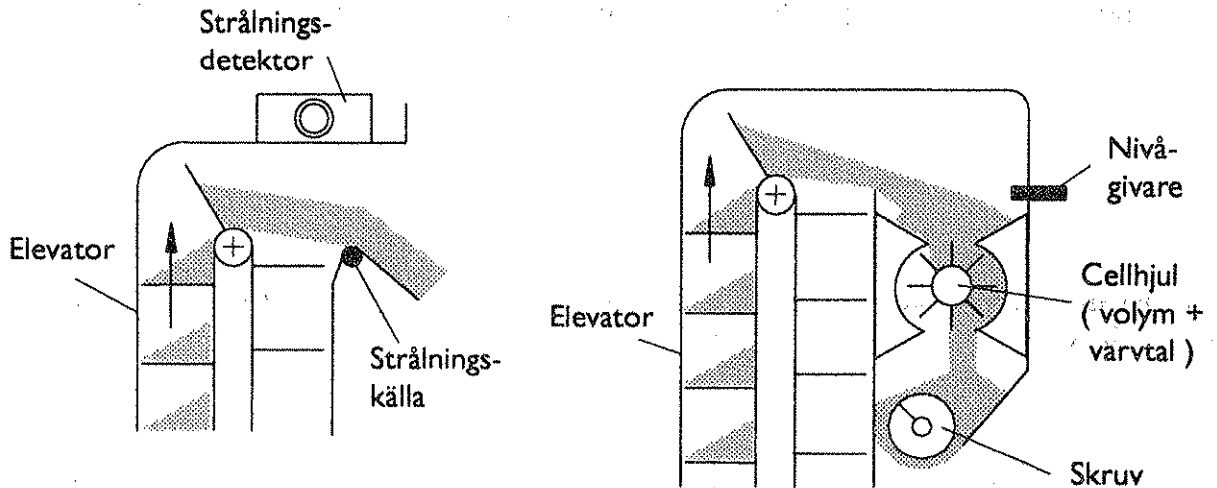
Med ett intensitetsförsök kan man i efterhand beräkna den optimala N-givan för året, denna giva gäller dock bara på platsen där bestämningen är genomförd. Ett system med ett flertal intensitetsförsök över fältet blir alltför dyrt och ohanterligt i praktiken.

Med kännedom om nollskörd (avkastning vid N-giva = 0 kg/ha) samt avkastning vid maximal N-giva kan den optimala skörden beräknas med en Mitscherlich ekvation (Gunnarsson, 1986). En undersökning av Holstmark & Nilsson (1989) har pekat på möjligheten att styra N-givan efter nollskörd och skörd vid normal N-giva. I den undersökningen arbetade man med ett andragradspolynom. Ett tredjegradspolynom ger erfarenhetsmässigt ett betydligt bättre resultat.

1991 inleddes en undersökning, vars syfte var att kartlägga skördevariationerna inom enskilda fält och att identifiera markparametrar, som kunde förklara variationerna. Arbetet har bedrivits efter hypotesen att jordart, mullhalt, pH osv. på olika delar av fältet påverkar skördens storlek och kvävegödslingseffekten på ett regelbundet sätt. Hittills har fyra fält studerats i detta avseende och i det följande ges exempel på hur skörd och markparametrar kan variera inom enskilda fält.

Skördevariationer inom fält

Utrustning för att mäta skörd momentant finns numera monterat på vissa skördetröskor. Två mätsystem dominerar marknaden nämligen Foldmeter som monteras som tillbehör i Massey Ferguson tröskor, samt Claydon Yieldometer, vilken kan monteras i efterhand på olika tröskor, dock med relativt stora ingrepp. Mätsystemens funktion visas överskådligt i figur 1.



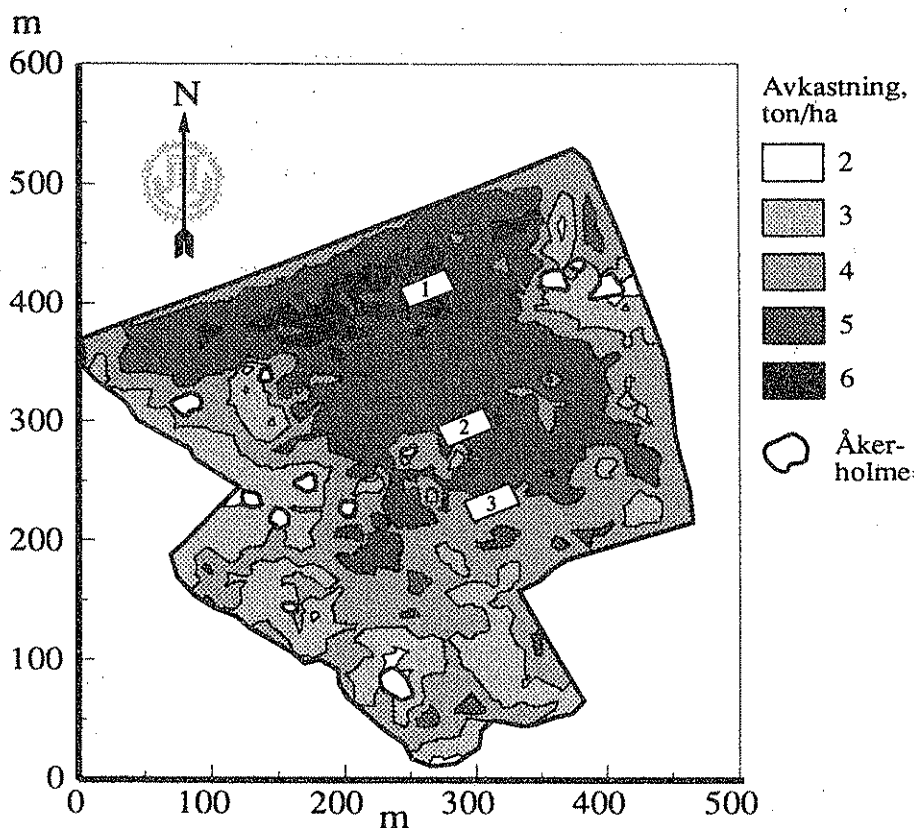
Figur 1. Till vänster visas en skiss av en Fold-meter, vilken känner av skördens storlek som en reduktion av strålningen. Massan som registreras är inklusive vatten. Till höger Claydon Yieldometer som registrerar skördad volym. Spannmålets rymdvikt mäts för hand.

Under 1992 gjorde vi våra första skördekartor på Kvarnbo gård. Positionsbestämningen gjordes med död räkning och krävde därför fält med raka kanter. Till -93 års skörd ersattes detta enkla positionsbestämningssystem med ett GPS-system, vilket gör att skörden även på oregelbundna fält kan registreras. Ett exempel visas i figur 2. Inom fältet finns även tre intensitetsförsök (0, 50, 100 och 150 kg N/ha) samt åtta stycken ogödslade parceller. De optimala N-givorna i de tre försöken redovisas i tabell 1.

Tabell 1. Den optimala N-givan för de olika intensitetsförsöken varierar ganska mycket. Förhållandet mellan N-kostnad och spannmålspris är satt till fem. Optimal N-giva för tredjegradspolynomet i intensitetsförsök ett går ej att beräkna, det hade krävts ytterligare N-steg.

| Försök | Optimal N-giva (kg/ha) | |
|--------|------------------------|---------------------|
| | Andragsgrads polynom | Tredjegrads polynom |
| 1 | 137 | > 150 |
| 2 | 101 | 104 |
| 3 | 99 | 75 |

Starkt förenklat kan sägas att vid en hög skörd ökar den optimala N-givan. Med en differentierad N-giva kommer alltså skördevariationerna inom enskilda fält att öka.



Figur 2. Skördekartan från Kvarnbo 1993. Grödan var vårkorn. Skuggade partier utgörs av åkerholmar etc. Kvävestegarnas position är utmärkt med rektanglar med en siffra i. Variationer i de markkemiska egenskaperna på detta fält är trots skördevariationerna mycket ringa.

Markfysikaliska och markkemiska variationer

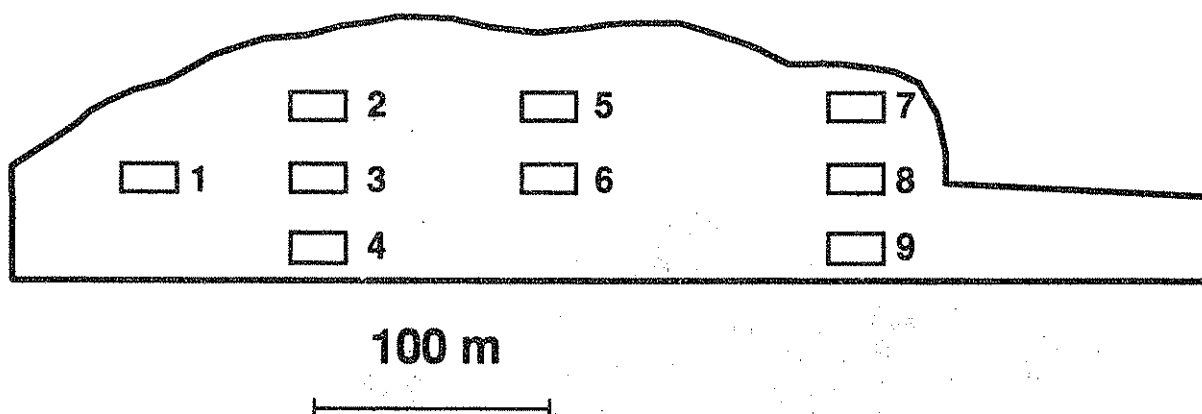
På nio punkter i ett ungefärligt rutnät inom varje fält fastläggs försöksrutor, som inte kvävegödslades men för övrigt brukas som vanligt. I direkt anslutning till var och en av de gödslade rutorna fastläggs ytterligare nio rutor som erhåller fältets kvävegiva.

På jordprover uttagna i nollrutorna i både matjord (0 - 20 cm) och alv (40 - 60 cm) bestäms jordart, mullhalt, pH-värde samt lättlösliga P och K. Vidare bestäms mineraliskt kväve som NH_4 - och NO_3 -kväve, kg / ha, i skikten 0 - 30, 30 - 60 samt 60 - 90 cm. På volymsäkra prover från skikten 7,5 - 17,5 och 45 - 55 cm bestäms porvolym, densitet och skrymdensitet samt vattenhållande förmåga vid ett undertryck av 0,5, 1,0 och 150 m vattenpelare.

Skörd av kärna och halm samt respektive skördeprodukts kvävehalt bestäms både i nollrutorna och de fullgödslade rutorna.

För att identifiera parametrar som påverkar skördevariationer utnyttjas PROC STEPWISE i SAS.

Provplatsernas placering och registrerade värden på några av parametrarna på ett av fälten i 1992 års undersökningar visas i figur 3 och tabell 2. Fältets storlek är ≈ 5 ha och lutar uppifrån och ner i figuren så att rutorna fyra och nio ligger lägst.



Figur 3. Ytternäs 1992. Nollrutornas placering. Fältet lutar uppifrån och ner i figuren.

Tabell 2. Ytternäs 1992. Exempel på variation inom ett fält för några fysikaliska och kemiska markparametrar i matjord (m) och alv (a).

| Ruta | Lerhalt | | Mullhalt | | pH | | Porvolym | | Mineral N kg / ha 0 - 90 cm |
|--------------------|---------|------|----------|-----|-----|-----|----------|------|-----------------------------------|
| | m | a | m | a | m | a | m | a | |
| 1 | 25,7 | 31,7 | 2,0 | 1,5 | 6,3 | 6,8 | 46,4 | 41,6 | 62 |
| 2 | 31,6 | 63,6 | 2,3 | 1,6 | 6,1 | 6,9 | 45,9 | 47,5 | 44 |
| 3 | 31,3 | 52,8 | 1,9 | 1,5 | 6,3 | 7,0 | 48,3 | 49,0 | 37 |
| 4 | 36,9 | 39,5 | 3,6 | 2,1 | 6,2 | 6,7 | 46,6 | 47,6 | 60 |
| 5 | 45,8 | 56,8 | 2,5 | 1,3 | 6,3 | 7,1 | 47,8 | 51,3 | 47 |
| 6 | 33,0 | 42,9 | 2,0 | 1,6 | 6,5 | 7,1 | 43,0 | 43,0 | 27 |
| 7 | 38,7 | 57,6 | 6,3 | 1,4 | 7,0 | 7,3 | 44,0 | 51,1 | 94 |
| 8 | 28,2 | 27,2 | 6,4 | 1,8 | 6,8 | 7,1 | 55,2 | 43,2 | 91 |
| 9 | - | 47,6 | 3,1 | 2,4 | 6,0 | 6,7 | 52,5 | 56,3 | 63 |
| LSD _{0,5} | 2,0 | 4,8 | 0,3 | 0,4 | 0,1 | 0,1 | 4,3 | 1,6 | e.b |

Porvolymen i alven varierar mellan 41,6 och 56,3 dvs en skillnad mellan lägsta och högsta värde på 35%. För pH i matjorden uppmättes en differens av på en pH-enhet, motsvarande 17 % skillnad.

Två av rutorna (nr 7 och 8) visade sig ligga i en del av fältet som tidigare använts som köksträdgård. Mullhalten på dessa delar av fältet är två till tre gånger så hög som på övriga delar. Här kan kväve mineralisering och skörd förväntas skilja sig från övriga delar av fältet.

Kärnskördens kväveeffekt, y_d , beräknades som skillnad i avkastning mellan fullgödslade rutor och nollrutor i kg / ha med 15 % vattenhalt. Följande principiella funktionssamband undersöktes

$$y_d = f(\text{lerhalt, porvolym, pH, mullhalt, mineralN})$$

och den kombination av tre variabler som bäst beskrev kväveeffektens variation inom fältet valdes ut. Värden för både matjord och alv utnyttjades utom för mineral N där summan i skiktet 0 - 90 cm utnyttjades istället.

Den skattade regressionsekvationen med tre oberoende variabler blev:

$$y_d = -3108 - 26 * \text{mineral N} + 86 * \text{porvolym i alv} + 746 * \text{mullhalt i alv}$$

$$R^2 = 0,88 \quad n = 9$$

Likadana beräkningar har gjorts på övriga fält i undersökningen. Någon gemensam nämnare, som acceptabelt beskriver N effektens variation har dessvärre ej hittats. Att mineraliskt kväve skulle ha stort inflytande är logiskt och var väntat. Nackdelen med denna parameter är att den växlar avsevärt från år till år, vilket kan exemplifieras med värden från ett av fälten, som analyserats både 1992 och 1993 på korresponderande punkter (tabell 3). I motsats till mineralkvävet skulle vissa av de markfysikaliska parametrarna vara lika från år till år och därmed skulle kommande analyser kunna begränsas avsevärt.

Tabell 3. I tabellen redovisas variationer i mineraliskt N på korresponderande platser mellan olika år. I rutorna 1 och två var uppkomsten och skörden mycket dålig 1992, vilket kan ha bidragit till de höga halterna av mineraliskt N under 1993.

| År | Ruta, mineraliskt N (kg / ha) | | | | | | | | |
|------|-------------------------------|----|-----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1992 | 51 | 40 | 106 | 63 | 60 | 61 | 63 | 43 | 53 |
| 1993 | 141 | 84 | 90 | 62 | 71 | 94 | 72 | 73 | - |

Diskussion

Teknikutveckling avseende skördekartering och differentiering av insatsmedel har gått fort framåt under det senaste decenniet. Idag är det möjligt att köpa system som mäter skörden momentant, skapar avkastningskartor, samt differentiera gödselgivor i fält.

Ett fungerande system för att bestämma den optimala kvävegivan finns dock ej. System där föregående års avkastning används som styrparameter kräver att skördevariationerna är kontinuerliga.

Litteratur

Gunnarsson O., 1986. Mark- och skörderelaterad kvävegödsling. Supra AB. Kompendium.

Holstmark K. & Nilsson E., 1989. Mark- och skörderelaterad gödsling vid odling av stråsäd. JTI-rapport 106. Uppsala.