

(481)N

L

Norsk landbruksforskning

Norwegian Agricultural Research

14 AUG. 1990

Supplement No. 7 1990

FRED HÅKON JOHNSEN

Norsk institutt for skogforskning
Biblioteket
P.B. 61 - 1432 ÅS-NLH

Økonomiske analyser
av tiltak mot
fosforavrenning
fra dyrket mark

*Economic analyses of
measures against phosphorus
runoff from nonpoint
agricultural sources*



Statens fagtjeneste for landbruket, Ås, Norge
Norwegian Agricultural Advisory Centre, Ås, Norway

NORSK LANDBRUKSFORSKING / NORWEGIAN AGRICULTURAL RESEARCH

Norsk landbruksforskning er en fortsettelse av Meldinger fra Norges landbrukshøgskole og Forskning og forsøk i landbruket og dekker et publiseringsbehov for norske forskningsresultater innenfor fagområdene: Akvakultur/*Aquaculture*, Husdyrbruk/*Animal Science*, Jordfag/*Soil Science*, Landbruksteknikk/*Agricultural Engineering and Technology*. Naturgrunnlag og miljø/*Natural Resources and Environment*, Næringsmiddelteknologi og hygiene/*Food Technology*, Plantedyrking jord- og hagebruk/*Crop Science*, Skogbruk/*Forestry*, Økonomi og samfunnsplanlegging/*Economics and Society Planning*,

Tidsskriftet har abstrakt, figur- og tabelltekster, overskrift samt nøkkelord på engelsk.

Articles published in the journal will always contain titles, abstracts, key words and figures and tables legends in English.

Ansvarlig redaktør/*Managing Editor*, Jan A. Breian

Fagredaktører/*Subject Editors*

Even Bratberg	Unni Dahl Grue	Atle Kvåle	Jon Stene
Rolf Enge	Knut Heie	Fridtjov Sannan	Steinar Tveitnes
Ketil Gravir	Arne Hermansen	Trygve Skjevdal	

Redaksjonsråd/*Editorial Board*

Sigmund Christensen, Norges landbrukshøgskole, Institutt for tekniske fag

Birger Halvorsen, Norsk institutt for skogforskning

Sigmund Huse, Norges landbrukshøgskole, Institutt for biologi og naturforvaltning

Ådne Håland, Særheim forskingsstasjon

Åshild Krogdahl, Institutt for akvakulturforskning

Karl Alf Løken, Norges landbrukshøgskole, Institutt for tekniske fag

Toralv Matre, Norges landbrukshøgskole, Institutt for husdyrfag

Einar Myhr, Norges landbrukshøgskole, Institutt for tekniske fag

Nils K. Nesheim, Norges landbrukshøgskole, Institutt for økonomi og samfunnsfag

Kjell Bjarte Ringøy, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning

Ragnar Salte, Institutt for akvakulturforskning

Martin Sandvik, Norsk institutt for skogforskning

Hans Sevatdal, Norges landbrukshøgskole, Institutt for planfag og rettslære

Bal Ram Singh, Norges landbrukshøgskole, Institutt for jordfag

Arne Oddvar Skjelvåg, Norges landbrukshøgskole, Institutt for plantekultur

Anders Skrede, Norges landbrukshøgskole, Institutt for husdyrfag

Grete Skrede, Norsk Institutt for næringsmiddelforskning

Kjell Steinholt, Norges landbrukshøgskole, Institutt for meieri- og næringsmiddelfag

Arne H. Strand, Norges landbrukshøgskole, Institutt for meieri- og næringsmiddelfag

Hans Staaland, Norges landbrukshøgskole, Institutt for biologi og naturforvaltning

Asbjørn Svensrud, Norges landbrukshøgskole, Institutt for skogfag

Geir Tutturen, Norges landbrukshøgskole, Institutt for tekniske fag

Odd Vangen, Norges landbrukshøgskole, Institutt for husdyrfag

Sigbjørn Vestrheim, Norges landbrukshøgskole, Institutt for hagebruk

Kåre Årsvoll, Statens plantevern

UTGIVER/*PUBLISHER*

Statens fag tjeneste for landbruket/*Norwegian Agricultural Advisory Centre*, Moerveien 12, 1430 Ås, Norway. Norsk landbruksforskning/*Norwegian Agricultural Research* (ISSN 0801-5333) blir utgitt med fire hefter pr. år som utgjør et volum. Hvert hefte skal være på ca. 100 sider. Abonnementsprisen er NOK 400,- pr. år. Eventuelle supplementer vil bli sendt gratis til abonnenter, men kan bestilles separat hos utgiveren.

KORRESPONDANSE/*CORRESPONDENCE*

All korrespondanse av redaksjonell eller forretningsmessig karakter skal sendes til Statens fag tjeneste for landbruket/*Norwegian Agricultural Advisory Centre*.

Norsk landbruksforskning

Norwegian Agricultural Research

14 AUG. 1990

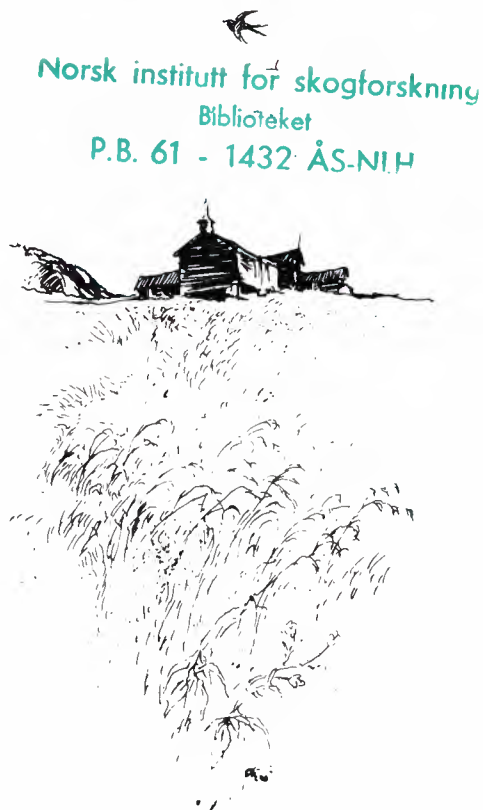
Supplement No. 7 1990

FRED HÅKON JOHNSEN

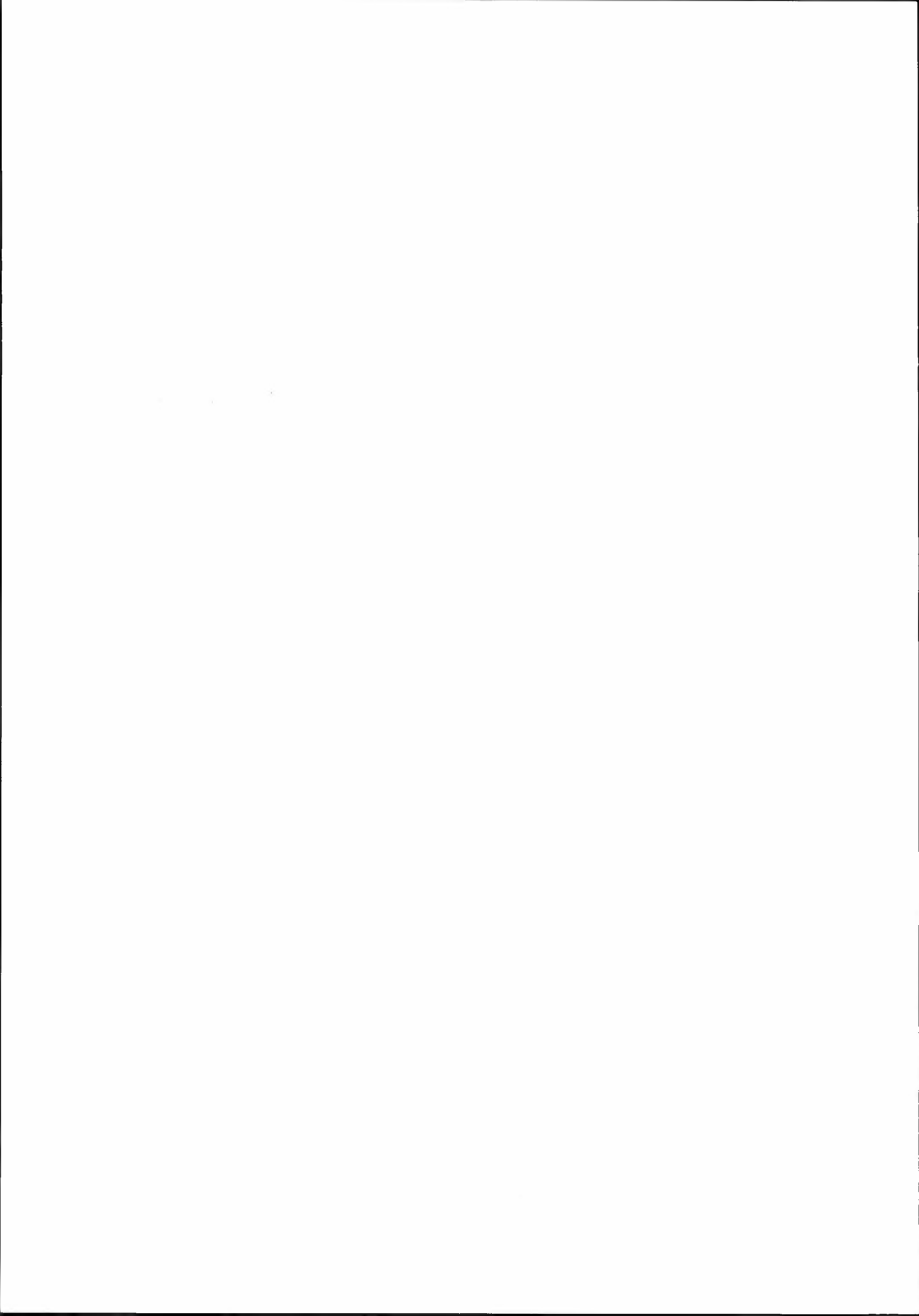
Økonomiske analyser
av tiltak mot
fosforavrenning
fra dyrket mark

*Economic analyses of
measures against phosphorus
runoff from nonpoint
agricultural sources*

Statens fagtjeneste for landbruket, Ås, Norge
Norwegian Agricultural Advisory Centre, Ås, Norway



Norsk institutt for skogforskning
Biblioteket
P.B. 61 - 1432 ÅS-NIH



Abstract

Johnsen, F.H. 1990. Economic analyses of measures against phosphorus runoff from nonpoint agricultural sources. Norsk landbruksforskning suppl. 1. ISSN 0801-5333.

Economic analyses have been carried out of different measures against phosphorus runoff from nonpoint agricultural sources. The analyses of the business economics include the effect on profitability and liquidity, whereas the socio-economic analyses examine the cost-effectiveness of reducing algae-accessible phosphorus. In both the business economic and socio-economic analyses the uncertainty factor is quantified by Monte Carlo simulation.

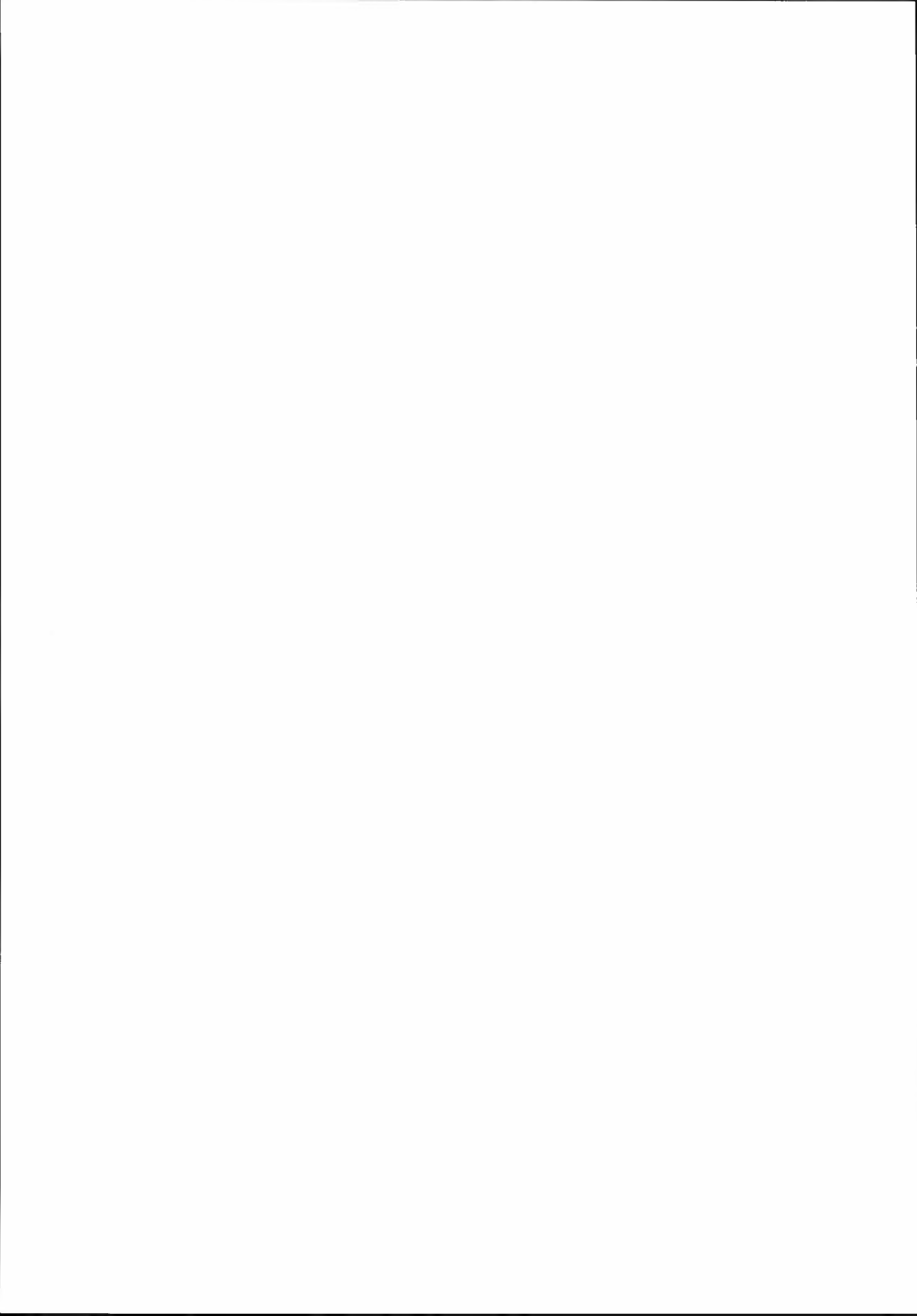
A number of measures against runoff are mentioned, and nine of these have been selected for economic analysis: Planned fertilizing, tax on phosphorus in fertilizers, all manure spreading during the growing season, contour ploughing, grassed waterways, spring ploughing, direct sowing, spring harrowing as the only form of tillage and the conversion of cropland to woodland.

Planned fertilizing pays off both in terms of business economics and social economics. A tax on phosphorus in fertilizers in the region of 150 % of the price of the phosphorus means an extra expense for the individual farmer, but pays off in socio-economic terms when agricultural products are valued at world-market prices. All spreading of manure in the growing season involves considerable expense for the farmers if extra storage rooms have to be built for the manure. The socio-economic cost is reasonable in view of the reduction in phosphorus runoff, which is very substantial. Contour ploughing and grassed waterways do not provide enough reduction in phosphorus runoff, and the unit costs of reduction in phosphorus runoff are relatively high. Spring ploughing, direct sowing and spring harrowing as the only form of tillage are all measures which lead to a great reduction in phosphorus runoff at a moderate price, for both society and the individual farmer. Conversion of cropland to woodland involves a very high expense for the farmers. In socio-economic terms the measure pays off if the agricultural products are valued at world-market prices, but is relatively expensive if the products are valued at domestic prices. This measure will come into conflict with important goals in the Norwegian agricultural policy, such as employment in outlying districts and the national food reserve policies.

Planned fertilizing and a tax on phosphorus in the range of 150 % of the price of phosphorus are recommended as steps to be taken nationwide. Measures against the spreading of manure outside the growing season and against autumn tilling are recommended in catchment areas with waters in which overfertilizing with phosphorus is a problem.

Key words: Phosphorus, pollution from agriculture, economic analysis, cost-effectiveness, stochastic analysis, reduced fertilizing, manuring practices, grassed waterways, reduced tillage, conversion of cropland.

Fred Håkon Johnsen
Norwegian Agricultural Economics Research Institute
Box 8024 Dep.
N-0030 Oslo 1



Forord

Landbruket har vært sterkt fokusert som forureningskilde de senere årene. En rekke tiltak mot landbruksforurensninger har vært diskutert. En del av disse vil ha betydelige økonomiske konsekvenser, både for den enkelte gårdbruker og for samfunnet. Dette er bakgrunnen for at Norges landbruksøkonomiske institutt i 1984 søkte Norges landbruksvitenskapelige forskningsråd om midler til prosjektet «Økonomisk analyse ved forurensning fra landbruket». Søknaden ble innvilget, og undertegnede ble ansatt som forskningsassistent på prosjektet. Det foreliggende arbeid er det vesentligste resultatet av dette prosjektet.

Arbeidet ble levert som dr. scient.-avhandling ved Norges landbrukshøgskole i oktober 1989 og disputas ble holdt 8. desember 1989. I tillegg til det stoffet som er presentert i det foreliggende supplementsheftet til «Norsk Landbruksforskning», inneholdt avhandlingen 3 vedlegg. Vedlegg 1 oppsummerer resultatene av en spørreundersøkelse blant gårdbrukere. Vedlegg 2 inneholder utskrifter av simuleringsforsøkene i den foretaksøkonomiske analysen, mens vedlegg 3 inneholder tilsvarende utskrifter for den samfunnsøkonomiske analysen. Disse vedleggene er kopiert i et beskjedent opplag og kan skaffes ved henvendelse til Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning.

Jeg vil spesielt takke min hovedveileder, Birger Solberg ved Institutt for skogøkonomi ved Norges landbrukshøgskole og stedlig veileder, Håkon Romarheim ved Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning. Begge har bidratt med gode råd og verdifulle kommentarer underveis i arbeidet. I tillegg vil jeg takke pro-

sjektets referansegruppe, som i tillegg til de to veilederne har bestått av:

Harald Giæver, Institutt for landbruksøkonomi, Norges landbrukshøgskole.

Jon Strand, Sosialøkonomisk institutt, Universitetet i Oslo.

Solveig Glomsrød, Økonomisk analyseavdeling, Statistisk Sentralbyrå.

Karl-Ivar Kumm, Institutionen för ekonomi, Sveriges lantbruksuniversitet.

Bengt Rognerud/Reidun Aaker, Institutt for geossurs- og forureningsforskning.

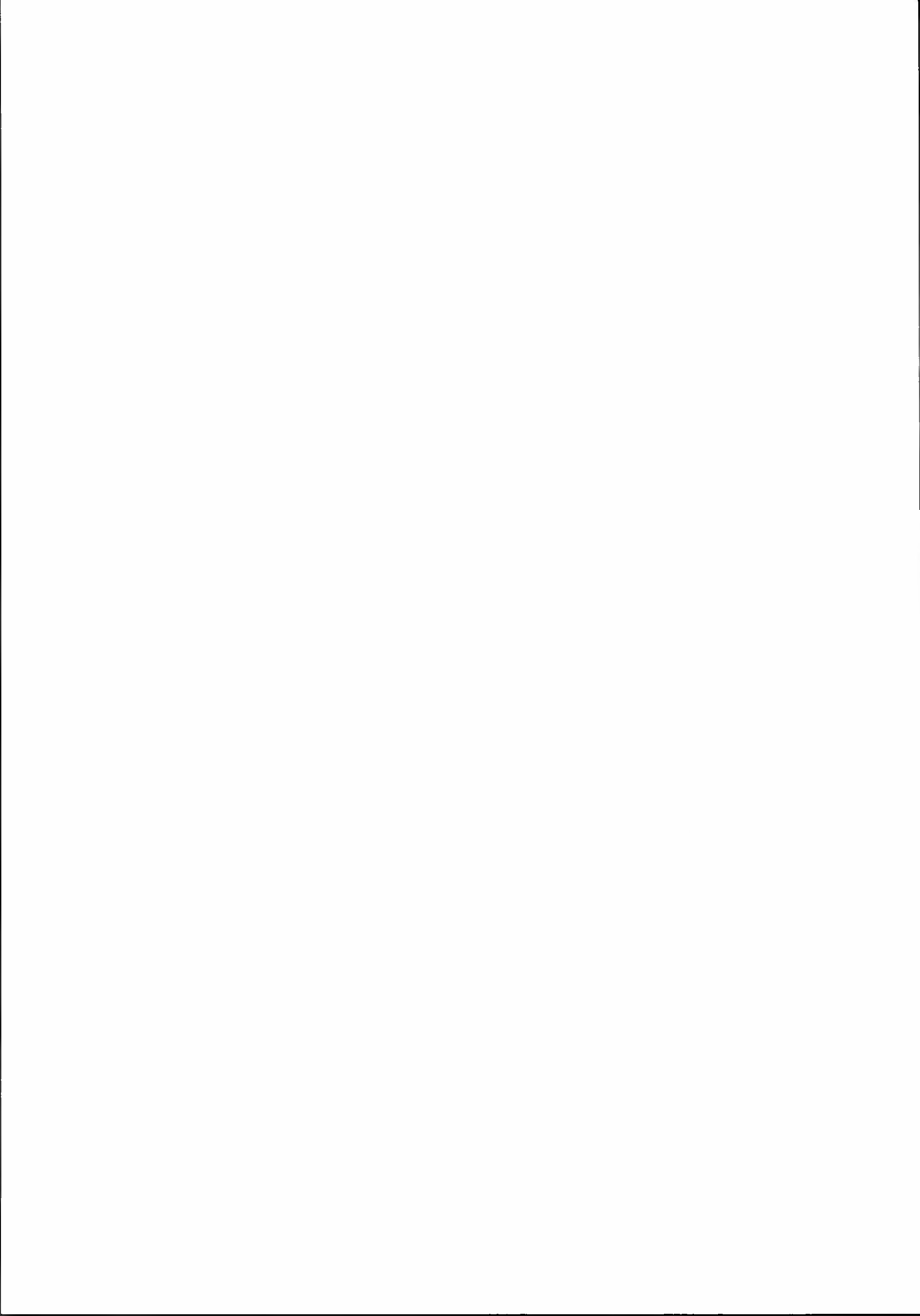
Øystein Lid Larsen/Morten Svelle, Statens forureningsstilsyn.

Bjørn Huso, Landbruksdepartementet.

Pål Mikkelsen har vært ansatt på prosjektet for kortere tid i to perioder, og blant annet utført det praktiske arbeidet med spørreundersøkelsen som er referert i vedlegg 1 i den opprinnelige avhandlingen. Marit Sophie Berger har sammen med meg gjennomført et oppdrag for Statens forureningsstilsyn, hvor vi vurderte kostnader ved ulike tiltak mot landbruksforurensninger i nedbørfeltene til Mjøsa og Indre Oslofjord. Samarbeidet med Pål Mikkelsen og Marit Sophie Berger har i stor grad bidratt til datagrunnlaget for det foreliggende arbeidet. Berit Grimsrud har tegnet figurene og skrevet tabellene i meldingen.

Til slutt vil jeg takke Norges landbruksvitenskapelige forskningsråd som har finansiert arbeidet og Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning som har lagt forholdene til rette slik at jeg fikk bruke prosjektet til en forskerutdanning.

Oslo, januar 1990
Fred Håkon Johnsen



Innhold

1	INNLEDNING	9
1.1	Bakgrunn	9
1.2	Problemstillinger	10
1.3	Tidligere undersøkelser	11
1.3.1	Utenlandske undersøkelser	11
1.3.2	Norske undersøkelser	15
1.4	Valg av tiltak for analyse	16
1.4.1	Tiltak som er analysert	18
1.4.2	Tiltak som ikke er analysert	18
2	METODE OG DATAGRUNNLAG	23
2.1	Metode for foretaksøkonomisk analyse	23
2.1.1	Teoretisk drøfting	23
2.1.2	Framgangsmåte ved beregninger	24
2.2	Metode for samfunnsøkonomisk analyse	29
2.2.1	Teoretisk drøfting	29
2.2.2	Framgangsmåte ved beregninger	35
2.3	Generelle data	39
2.3.1	Kalkulasjonsrentefot	39
2.3.2	Verdien av arbeidsinnsats	40
2.3.3	Verdien av dyrkingsjord	42
2.3.4	Levetid og utrangeringsverdi for investeringer	42
2.3.5	Priser	43
2.3.6	Fosforavrenning fra landbruksarealer	44
2.4	Data for det enkelte tiltak	44
3	FORETAKSØKONOMISKE ANALYSER	47
3.1	Redusert bruk av handelsgjødsel-fosfor	47
3.1.1	Gjødselplanlegging	47
3.1.2	Avgift på fosfor i handelsgjødsel	48
3.2	All spredning av husdyrgjødsel i vekstsesongen	52
3.3	Pløying på tvers av fallretningen	56
3.4	Grasdekte vannveier	59
3.5	Vårpløying	61
3.6	Redusert eller ingen jordarbeiding	62
3.6.1	Direktesåing	62
3.6.2	Vårharving som eneste jordarbeiding	65
3.7	Omdisponering av åker	67

4	SAMFUNNSØKONOMISKE ANALYSER	71
4.1	Redusert bruk av handelsgjødseL-fosfor	71
4.1.1	Gjødselplanlegging	71
4.1.2	Avgift på fosfor i handelsgjødseL	72
4.2	All spredning av husdyrgjødsel i vekstsesongen	76
4.3	Pløying på tvers av fallretningen	77
4.4	Grasdekte vannveier	82
4.5	Vårpløying	84
4.6	Redusert eller ingen jordarbeiding	85
4.6.1	Direktesåing	85
4.6.2	Vårharving som eneste jordarbeiding	87
4.7	Omdisponering av åker	87
5	DISKUSJON	91
5.1	Drøfting av forutsetninger	91
5.2	Drøfting av resultater	92
5.2.1	Økonomiske virkninger for den enkelte gårdbruker	92
5.2.2	Samfunnsøkonomisk effektivitet av tiltak mot arealavrenning	93
5.2.3	Kostnadseffektivitet ved tiltak mot avrenning fra landbruksarealer sammenlignet med kostnadseffektivitet ved tiltak mot andre forurensningskilder	94
5.3	Forhold som ikke er kvantifisert i analysene	95
5.4	Anbefalinger om valg og utforming av tiltak	95
5.5	Oppgaver for videre forskning	97
6	KONKLUSJONER	99
7	SAMMENDRAG	101
8	SUMMARY	107
9	LITTERATUR	113

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

De siste årene har landbruket kommet stadig sterkere inn i diskusjonen om forurensningsproblemer. Landbrukets bidrag til forurensningen av naturmiljøet hevdes å være stort og økende. Det er flere grunner til at landbruket representerer en langt større fare for forurensning nå enn i tidligere tider:

- Husdyrene er konsentrert om færre gårdsbruk og husdyrtettheten har blitt særlig stor i visse distrikter. Det innebærer at husdyrgjødsla fordeles på et mindre areal enn før, slik at doseringen lett blir høyere enn det planteveksten kan utnytte.
- På grunn av endret føring er mengden gjødsel pr. dyr økt, samtidig som gjødsla er blitt bløtere og derfor renner lettere av.
- Åkerarealet er utvidet, særlig i korndistriktenene. Dette har ført til at større mengder fosforrike jordpartikler eroderes ut i vannet.
- Bruken av handelsgjødsel har økt. Dette fører både til økt utvasking av nitrogen og til økt fosforinnhold i jordpartikler som eroderes ut til vannforekomster.
- Tyngre maskiner enn før til jordarbeiding fører til pakking i dypere jordlag, noe som øker forurensningsfaren.
- Høstpløying legger arealene åpne for erosjon i høstregnet og vårfloppen.
- Bruken av surfôr har økt. Silopressaft som kommer ut i vassdrag, gir lett tilgjengelig næring for algevekst.
- Bruken av kjemiske plantevernmidler har økt.

Det området hvor forurensningene fra norsk landbruk er mest merkbare, gjelder utslipp av

næringsstoffer til ferskvann. Nitrogen og fosfor har størst betydning som forurensende næringsstoffer. I Norge har vi vært lite opptatt av nitrogen som forurensningskilde, men desto mer av fosfor. Årsaken til dette er at fosfor regnes som minimumsfaktor for algevekst i ferskvann. Når algene råtner, forbrukes oksygen. Ved høy konsentrasjon av alger, kan oksygenforbruket bli så stort at det blir for lite oksygen til fisk og bunndyr. Dermed oppstår fiskedød. Samtidig opptrer en rekke andre negative økologiske forandringer i vannmassene. Misfarging av vannet, dårlig lukt og redusert siktedyp viser at vassdraget er kommet inn i en usunn tilstand. Denne utviklingen kalles eutrofiering, som betyr at vannet blir mer rikt på plantenæring.

Ved ekstrem eutrofiering, kan man få oppblomstring av giftproduserende blågrønnalger.

I saltvann kan nitrogen være minimumsfaktor for algevekst. Algekatastrofen i norske kystfarvann sommeren 1988 har derfor medført at nitrogen har kommet sterkere inn i diskusjonen om landbruksforurensninger.

Landbruket kom for alvor inn i forurensningsdiskusjonen i begynnelsen av 1970-årene. På denne tiden oppsto akutt fiskedød i en del bekker på Jæren. Det viste seg at hovedårsaken var utslipp av silopressaft.

De hittil sterkeste tiltakene mot landbruksforurensninger ble innført ved Mjøs-aksjonene. På grunn av kraftig algeoppblomstring i Mjøsa ble det foretatt en storstilet opprydning i forurensningskilder i Mjøs-området. Dette omfattet industri, boligkloakk og landbruk. Tiltakene i landbrukssektoren rettet seg hovedsakelig mot gjødsellagre, melkerom og siloanlegg. Resultatene av aksjonene var på kort sikt svært positive, idet situasjonen i Mjøsa ble betydelig for-

bedret i løpet av den store Mjøs-aksjonen fra 1977 til 1982. Fem år senere var Mjøsa igjen inne i en negativ trend, med økte tilførsler av næringsstoffer. Dette førte til at nye tiltak ble utredet, og denne gangen sto avrenning fra landbruksarealer sentralt (jfr. BERGER & JOHNSEN 1988).

Vi har i dag egne forskrifter for henholdsvis silopressaft, lagring og spredning av husdyrgjødsel, utslipp av skyllevann og svartlut fra halm-lutingsanlegg og bakkeplanering. Fylkesmannens miljøvernavdeling fører tilsyn med at forskriftene blir overholdt. Det er også etablert en låne- og tilskottsordning for utbedring av gjødselkjellere.

De fleste tiltakene som er gjennomført hittil, retter seg mot såkalte punktkilder, mens det foreløpig er gjort lite for å redusere den diffuse avrenningen. Med punktkilder menes faste anlegg som kan gi forurensninger. De viktigste er gjødselkjellere, siloanlegg, melkerom og halm-lutingsanlegg. Diffuse kilder er arealavrenning og avrenning fra bakgrunnen. Arealavrenning er forurensning fra dyrkede arealer. Bakgrunnen er skog og annen utmark. De næringsstoffene som tilføres fra bakgrunnen, skyldes i stor grad naturlige jordsmonnsprosesser.

I dette arbeidet vil oppmerksomheten bli konsentrert om tiltak mot arealavrenning. Grunnen til dette er at det allerede foreligger en del undersøkelser som klarlegger økonomiske forhold ved tiltak mot punktkilder (jfr. kap. 1.2), mens det hittil er gjort lite her i landet på området arealavrenning.

1.2 Problemstillinger

Formålet med denne undersøkelsen er å klarlegge økonomiske konsekvenser av tiltak mot forurensninger fra landbruksarealer.

Økonomiske konsekvenser kan måles på ulike nivåer. De vanligste nivåene betegnes gjerne som foretaksøkonomi, regionaløkonomi, samfunnsøkonomi og internasjonal økonomi. I denne undersøkelsen har jeg tatt sikte på å måle virkningene for den enkelte gårdbruker (foretaksøkonomi) og for det norske samfunn som helhet (samfunnsøkonomi).

De forurensningene som omtales, er de som

fører til eutrofiering, algevekst og derpå følgende oksygentap i vann. Jeg har ikke tatt for meg tiltak mot luftforurensninger eller utslipp av pesticider. Imidlertid har det vært nødvendig å ta for seg slike problemer når de har sammenheng med tiltak mot algevekst. Dette illustreres best ved et eksempel:

Direktesåing kan forhindre forurensninger som fører til algevekst (jfr. kap. 4.6.1). Imidlertid må man ved direktesåing regne med å bruke glyfosat for å bekjempe kveke. Dermed må miljøvirkningene av glyfosat trekkes inn i vurderingen av dette tiltaket. Forhold av denne typen er drøftet summarisk i kap. 5.3.

Landbruk vil i denne sammenhengen bety jordbruk. Det vil si at hagebruk, skogbruk og binæringer er holdt utenom. Siden prosjektet er avgrenset til arealavrenning, er det forurensninger fra plantedyrking i jordbruket jeg har befattet meg med.

Oppgaven er dermed å sammenlikne den økonomiske effektiviteten av ulike tiltak mot tap av næringsstoffer fra jordbruksarealer til vannforekomster. Dette sammenlikningsgrunnlaget er forsøkt utformet på en slik måte at det også gir grunnlag for å sammenlikne tiltak mot arealavrenning med tiltak mot andre forurensningskilder.

Med bakgrunn i disse vurderingene, har jeg valgt å stille opp følgende problemstillinger:

- A. Hva er de økonomiske virkningene av hvert enkelt tiltak for den enkelte gårdbruker?
- B. Hvor økonomisk effektivt er hvert enkelt tiltak, sett fra samfunnets side?
- C. Hvor økonomisk effektivt er bekjempelse av arealavrenning i forhold til bekjempelse av andre forurensningskilder?

I den foretaksøkonomiske analysen har jeg først og fremst tatt sikte på å beregne virkninger på lønnsomheten for den enkelte gårdbruker. Hensynet til skatt og likviditet er trukket inn i analysen. Jeg har også forsøkt å gi kvantitativt uttrykk for usikkerheten i beregningene.

I den samfunnsøkonomiske analysen er det i tillegg til de monetære virkninger som følger direkte av tiltaket, tatt hensyn til kostnadene ved bruk av nødvendige virkemidler for å få tiltaket

gjennomført og størrelsen av forurensningsreduksjonen. Virkninger som det ikke har lyktes å verdsette monetært er omtalt uten kvantifisering. Også i den samfunnsøkonomiske delen er det lagt vekt på å kvantifisere usikkerheten i beregningene.

Sammenlikningen med andre forurensningskilder antas å være verdifull ved forvaltning av vannressursene. I konkrete tilfeller hvor det er påkrevd med en moderat reduksjon av tilførselen av næringsstoffer til et vassdrag, står man overfor spørsmålet om hvilke forurensningskilder som bør angripes. De mest aktuelle forurensningskilder i denne sammenheng er arealavrenning, punktkilder i landbruket, boligkloakk og industri. I slike tilfeller vil det være riktig å rette tiltakene mot den eller de forurensningskilder hvor man kan oppnå tilstrekkelig reduksjon av det totale utslippet til vassdraget til lavest mulig samfunnsøkonomisk kostnad.

1.3 Tidligere undersøkelser

En del undersøkelser omkring økonomiske forhold ved tiltak mot landbruksforurensninger vil kort bli gjennomgått. Hensikten er å gi et bilde av hvor forskningen står på dette området, som en bakgrunn for å se hvilket kunnskapsmessig «hull» det foreliggende arbeid er ment å skulle fylle.

Gjennomgangen av utenlandske arbeider er strengt begrenset til økonomiske undersøkelser av tiltak mot arealavrenning. Blant de norske undersøkelserne har jeg også tatt med arbeider som behandler økonomiske forhold ved tiltak mot utslipp av næringsstoffer til vannforekomster mer generelt.

1.3.1 Utenlandske undersøkelser

Tiltak mot nitrogenutslipp

Nitrogenutslipp fra jordbruket har skapt bekymring mange steder, hovedsakelig på grunn av drikkevannsforurensninger. Nitrat i drikkevann kan forårsake methemoglobinemia, en livstruende sykdom som rammer spedbarn og som består i at hemoglobinet i blodet oksyderes til methemoglobin, slik at oksygentransporten hemmes (KUMM 1976). Det fryktes også at nitrat er kreftframkallende. Når disse pro-

blemstillingene har vært lite framme i Norge, skyldes det at nitratinnholdet i norsk drikkevann normalt ligger langt under faregrensene.

Ved et prosjekt i Illinois, har man analysert de økonomiske konsekvensene av maksimalgrenser for N-gjødsling (TAYLOR & SWANSON 1974, TAYLOR & SWANSON 1975). I tillegg til null-alternativet uten begrensning, er tre alternative maksimalgrenser analysert ved hjelp av lineær programmering: 150 lb/acre (16.8 kg/daa), 100 lb/acre (11.2 kg/daa) og 50 lb/acre (5.6 kg/daa). Restriksjonene vil føre til at dyrkingsarealet i USA øker. Virkningene på produktprisene er varierende. Avlingene pr. arealenhet reduseres lite ved den mildeste restriksjonen, men opptil 10-15 % for den laveste grensen.

KUMM (1976) beregner kostnader for redusert nitrogen gjødsling og for forbedret husdyrgjødselhåndtering i Sverige. Beregningene er basert på dekningsbidragskalkyler. Reduksjon av N-gjødsling for korn med 30-35 % gir «noen titall kroner» lavere dekningsbidrag pr. hektar. For å oppnå en slik reduksjon, er det imidlertid nødvendig å øke prisen på N i handelsgjødsel med ca. 70 %. Forfatteren analyserer også hvorvidt høyere pris på kunstgjødsel kan føre til forbedret husdyrgjødselhåndtering. Konklusjonen er at prisøkningen i så fall må være meget stor.

BREZONIK et al. (1978) gjør en del nytte – kostnadsbetraktninger omkring nitrogenutslipp. I tillegg til vannforurensninger, behandles også skadevirkninger av nitrogenutslipp i luft. De sistnevnte består av sur nedbør og påvirkninger på ozon-laget.

HAEN (1982) analyserer problemet med nitratforurensning av drikkevann generelt, men med spesiell referanse til EF-området. Forfatteren går ut fra en fastsatt grense på 50 mg nitrat pr. liter drikkevann og beregner kostnadene for å komme ned til denne grensen ved redusert gjødsling. Ved bruk av en modellstudie, kommer han fram til en reduksjon i fortjenesten på 33,50 DM/ha for bygg. Det er bare for mais gjødslingen må reduseres kraftig, her blir også inntektstapet langt større. I en senere artikkel (HAEN 1984) går forfatteren inn for å fjerne

subsidiene på matvarer i EF-området. Det betyr i så fall å redusere forurensningene ved å redusere produksjonen.

ANDREASSON (1988) fant at nitrogenavrenningen må reduseres med 50 % for å restaurere sjøbunnen i Laholmsbukta. Storparten av reduksjonspotensialet finnes i jordbruket. Resultatene viser meget stor sprik mellom laveste og høyeste kostnad for det enkelte tiltak. Som et eksempel vil redusert husdyrhold gi en kostnad på 44-2265 kr pr. kg N. Andre vurderte tiltak er vårspredning av husdyrgjødsel, fangvekster, eng i stedet for åpen åker, energiskog og redusert bruk av handelsgjødsel.

DOSI & STELLIN (1988) har bygd en lineær programmeringsmodell for å analysere ulike måter å redusere nitrogenutslippet fra landbruket på. Det viser seg at 30 % reduksjon av nitrogenavrenningen kan oppnås ved geografisk reallokering av jordbruksvekster. 50 % reduksjon kan oppnås ved geografisk reallokering og redusert overforbruk av husdyrgjødsel til sammen. Dosi og Stellin planlegger å tilpasse modellen for å bruke den lokalt i Venezia-lagunen.

BECKER (1988) dokumenterer at teknisk framgang har ført til spesialisering, intensivering og miljøproblemer. En modell for økonomisk optimalisering av husdyrhold viser at redusert nitrogenforurensning fra blautgjødsel ikke oppnås ved hjelp av markedskreftene. Forskrifter er derfor nødvendig.

Tiltak mot erosjon

Tiltak mot jorderosjon vil samtidig redusere forurensningene, spesielt avrenningen av fosfor. Dette skyldes at en stor del av fosforet som kommer ut i vassdragene, er bundet til jordpartikler. Dette betyr at undersøkelser som behandler erosjon er relevante i sammenheng med forurensninger, selv om problemstillingen i undersøkelsen kan ha vært mer rettet mot tap av dyrkingsjord enn mot virkninger i vassdragene.

En framgangsmåte som er brukt i flere amerikanske undersøkelser, er å fastsette en maksimalgrense for tap av jord pr. arealenhet. Deretter analyseres økonomiske konsekvenser av nødvendige tiltak for å komme ned til en slik grense. Ved en slik studie i Iowa, ble det fast-

satt grenser for erosjon på henholdsvis 10, 5 og 3 t/acre (ALT et al. 1979). Disse grensene ville ifølge modellen redusere utslippet av sedimenter med henholdsvis 68 %, 83 % og 92 %, men kostnadene i planteproduksjonen ville stige med henholdsvis 2,5 %, 8 % og 22 %. Kostnadene ved å redusere utslippene viste seg å øke eksponensielt med størrelsen av utslippsreduksjonen.

En liknende undersøkelse ble gjort for Wisconsin, hvor utslippsgrensen ble satt til henholdsvis 5, 3 og 2 t/acre (SHARP & BERKOWITZ 1979). HEADY et al. (1976) har gjort en studie som omfatter hele USA. Det ble satt grenser på henholdsvis 10, 5 og 3 t/acre. Grensene på 5 t og 3 t ga betydelige virkninger på matvareprisene.

WADE & HEADY (1977) kombinerer en modell for erosjon med en makroøkonomisk modell som angir behov og produksjonskostnader for landbruksprodukter fram til år 2000. Fem strategier er analysert:

1. Ingen tiltak mot erosjon.
2. Ytterliggående tiltak, minimalisering av erosjonen.
3. Restriksjoner på jordtap med differensierte normer for ulike områder og jordarter.
4. Hvert gårdsbruk pålegges å redusere sedimentavrenningen med 20 %.
5. Kravet om 20 % reduksjon settes for hvert vassdrag som helhet, ikke for hvert enkelt gårdsbruk.

Strategi 1 og 2 fungerer som referanser. Av strategiene 3-5 ga 3 noe større reduksjon i erosjonen enn 4 og 5. Økningen i produksjonskostnader for strategi 3, 4 og 5 sammenliknet med 1 var henholdsvis 2.9 %, 0.3 % og 0.1 %.

DEMPSTER & STIERNA (1979) behandler framgangsmåten ved økonomiske vurderinger av «tiltaks pakker» mot erosjon. De anbefaler å behandle de monetære virkningene som ved en nytte-kostnadsanalyse. De negative virkningene består av direkte utgifter samt inntektstap på grunn av redusert avling. De positive miljøvirkningene anbefales vurdert ved hjelp av et poengsystem i stedet for å måle resultatene i t/acre som i de tidligere omtalte undersøkelsene.

WHITE & PARTENHEIMER (1979) har vurdert to alternative planer mot erosjon, med en vanlig driftsplan uten erosjonsforebyggende tiltak som null-alternativ. Kostnadene ved gjennomføring av planene er beregnet for 12 gårdsbruk i Michigan.

SEITZ et al. (1979) har brukt en modell bygd på lineær programmering for å analysere samfunnsøkonomiske kostnader ved tiltak mot erosjon i maisbeltet. Analysene viser at kostnadene er relativt små. En liknende studie er utført i Texas (RENEAU & TAYLOR 1979).

ENGLISH, HEADY & ALT (1985) har bygd en lineær programmeringsmodell med 28 markedsregioner og 105 produsentregioner. Videre er det brukt tre alternative scenarier for år 2000 og to scenarier for år 2030 med forskjellig etter-spørsel etter landbruksvarer. Ved hvert scenario er 29 løsninger analysert. Konklusjonen er at tiltak mot erosjon er lønnsomt på lang sikt, fordi jordas produktivitet vil bli bedre enn om erosjonen får fortsette. Aktuelle tiltak i denne rapporten er omdisponering av åker, redusert jordarbeiding, terrassering, omløp framfor ensidig dyrking og endret fordeling av vekster mellom regioner.

Tiltak mot fosforutslipp

Fosfor er det stoffet som er viet størst oppmerksomhet når det gjelder vannforurensninger i Norge. Dette skyldes at fosfor normalt er minimumsfaktoren for algevekst i ferskvann. Imidlertid har fosfor fått relativt liten plass i den internasjonale litteraturen om forurensninger.

JACOBS & CASLER (1979) tar for seg nedbørfeltet til Fall Creek, et område som omfatter 130 bruk med melkeproduksjon. Kostnadene ved ulike grader av redusert fosforutslipp blir beregnet ved hjelp av lineær programmering. Forurensningene måles som lettløselig fosfor, ikke total fosfor. Forfatterne har gått ut fra at det lettløselige fosforet er minimumsfaktoren for algevekst.

Ved hjelp av modellen er kostnadene ved utslippsreduksjon fra 10 % til 60 % beregnet. Analysen viser at en avgiftsløsning er samfunnsøkonomisk billigere enn en reguleringsløsning hvor alle blir pålagt å redusere fosforbruken pro-

sentvis like mye. Den samfunnsøkonomiske kostnad består av redusert fôravling som følge av mindre gjødsling. Kostnadene for gårdbrukerne er størst ved avgift, på grunn av avgiftsbeløpet som må betales.

Forfatterne mener at det høye avgiftsbeløpet som er nødvendig for å oppnå sterk reduksjon av utslippene, har store virkninger for inntektsfordelingen og er lite politisk akseptabelt. Derfor forkaster forfatterne den opprinnelige avgiftsløsningen, selv om de samfunnsøkonomiske kostnadene er lavere enn ved direkte regulering. Det utformes deretter en alternativ avgiftspolitik som skal gi lave samfunnsøkonomiske kostnader uten å føre til alvorlig økonomisk belastning for gårdbrukerne. Denne løsningen går ut på å la utslippene være avgiftsfrie opp til et visst nivå som anses for akseptabelt, hvorefter avgiften settes inn. Det vises at denne løsningen gir like godt samfunnsøkonomisk resultat som den «vanlige» avgiftsløsningen, men til langt lavere kostnad for den enkelte gårdbruker.

Undersøkelser rettet mot

to eller flere forurensningsparametre

Noen forfattere omtaler mer enn en forurensningsparameter eller behandler tiltak mot forurensninger generelt. Felles for mange av disse undersøkelsene er at de konsentrerer oppmerksomheten om kostnadene ved ulike tiltak. Virkningene av tiltakene er ofte lite diskutert.

JACOBS & TIMMONS (1974) har ved hjelp av lineær programmering analysert hvordan landbruksforurensningene kan bringes ned til et akseptabelt nivå på billigst mulig måte (kostnadseffektivitetsanalyse). Deretter går forfatterne et skritt i retning nyttekostnadsanalyse ved delvis å verdsette nytten. Forfatterne går ut fra at nytten av reduserte forurensninger består av to elementer: Økt rekreasjonsverdi og reduserte kostnader til rensing av drikkevann. Av disse finner forfatterne å kunne verdsette reduserte rensekostnader. Denne virkningen viser seg å være neglisjerbar i forhold til kostnadene ved begrensning av forurensningene.

VOCKE et al. (1977) bygger opp en omfattende lineær programmeringsmodell hvor USA deles inn i 105 produsentområder og 28 mar-

kedsregioner. 4 tiltakspakker analyseres i tillegg til basisalternativet som er uten miljøvern-tiltak. De 4 gjelder henholdsvis jordvern, begrensning av nitrogen, begrensning av insekticider og kontroll med husdyrgjødsel. To alternativer for endret eksport er trukket inn for å analysere i hvilken grad miljøvernrestriksjoner kan hemme USA's eksportmuligheter.

Det er utført en rekke liknende modellstudier. PALMINI et al. (1977) har analysert samme typer tiltakspakker som VOCKE et al. (1977), men har begrenset undersøkelsen til to kommuner i Illinois. TAYLOR & FROHBERG (1977) har beregnet kostnadene ved tiltak med hovedvekt på avlingsreduksjon. HOCHMAN et al. (1977) har brukt to modeller. Den ene tar for seg det tilfellet at en elv renner gjennom et bysenter som påvirkes av landbruksvirksomhet ovenfor byen. Den andre behandler generelt virkninger av forurensninger i vassdrag på produsenter nedenfor forurensningskilden.

GRANN & MEYER (1979) har beregnet foretaksøkonomiske konsekvenser av tiltak mot erosjon og forurensninger etter følgende framgangsmåte:

1. Representative bruk ble valgt ut for hver aktuell jordart.
2. Tiltak ble utformet.
3. For hver vekst og for hver jordart ble forholdet input – output spesifisert.
4. For hver produksjon ble det satt opp et budsjett for dyrking uten restriksjoner og et budsjett for dyrking med miljøvernrestriksjoner.
5. Kostnadene ved tiltakene ble beregnet.
6. Lineære programmeringsmodeller ble utarbeidet for hvert representativt bruk.
7. Modellene ble brukt til å analysere konsekvenser av tiltakene, spesielt med henblikk på inntektstap og avlingsreduksjon.

ANDERSSON (1985) har gjort analyser av 6 tiltak mot landbruksforurensninger. Hensikten var å finne ut hvilke tiltak som forbedrer, eller i det minste ikke forverrer gårdbrukerens økonomi. Dernest gir analysen svar på hvor store konsekvensene blir hvis også de foretaksøkonomisk ulønnsomme tiltakene blir gjennomført ved hjelp av forskrifter. Tilpassning av gjødselmeng-

de var foretaksøkonomisk lønnsomt. Økt vårspredning av husdyrgjødsel krevde utvidelse av gjødsellagrene og ga derfor en betydelig foretaksøkonomisk nettokostnad. Handel med husdyrgjødsel var lønnsomt hvis transportavstanden ikke oversteg 7,5 km for fast husdyrgjødsel og 4,6 km for land. Fangvekster kunne i heldigste fall gi foretaksøkonomisk lønnsomhet hvis fangveksten kunne brukes som fôr. Å unngå oppbevaring av fast gjødsel i hauger på jor-det viste seg lønnsomt. Fosfatfattige vaskemidler i melkerom viste seg lønnsomt, mens rensing av avløpsvann fra melkerom var en kostbar løsning.

DRAKE (1988) har bygd en økonometrisk modell med 4 regioner og 8 jordbruksvarer. Modellen maksimerer netto samfunnsøkonomisk nåverdi. Miljøgoder er kvantifisert og omregnet til kroner ved hjelp av en betalingsvillighetsundersøkelse. For de ulike jordbruksvarene er det utarbeidet Cobb-Douglas produktfunksjoner basert på 3-4 driftsmidler. Det er meningen å analysere 3-5 alternativer for landbrukspolitikken med bakgrunn i denne modellen.

WERNER (1988) har analysert gårdbrukerens tap pr. enhet reduksjon av forurensningene ved ulike tiltak. Denne formen for kostnadseffektivitetsbetraktning (basert på gårdbrukerens kostnader og ikke på samfunnsøkonomiske kostnader) ga rimeligst reduksjon av nitrogenavrenning ved dobling til tredobling av prisen på nitrogengjødsel, mens det mest kostnadseffektive tiltaket mot fosforavrenning var en kombinasjon av fangvekster og redusert jordarbeiding.

DUBGAARD (1988) har funnet at reduserte produktpriser ikke i særlig grad fører til reduksjon av intensiteten i jordbruksproduksjonen, men i stedet fører til at dårligere jord tas ut av produksjon. Derimot er avgift på N-gjødsel og pesticider en effektiv måte å redusere bruken av disse innsatsfaktorene på. Det er beregnet at en avgift på 150 % av nåværende N-pris ville redusere N-bruken i handelsgjødsel med ca. 30 %. Det er videre beregnet at en avgift på 120 % av gjennomsnittlig pris på plantevernmidler ville redusere bruken av plantevernmidler med ca. 40 %.

1.3.2 Norske undersøkelser

Generelt om økonomiske konsekvenser av tiltak mot næringsstoffutslipp

FØRSUND (1978) og FØRSUND & STRØM (1980) analyserer forurensningsproblemer ut fra sosialøkonomisk velferdsteori. I sistnevnte publikasjon utvikles bl.a. en utvidet kryssløpsmodell hvor forurensninger trekkes inn i den tradisjonelle makroøkonomiske analysen.

NYBAKKEN (1983) har utarbeidet en teknisk-økonomisk analyse av tiltakene som ble gjennomført under Mjøs-aksjonen. Analysen omfatter hovedsakelig tiltak mot boligkloakk og punktkilder i landbruket.

MILJØVERNDEPARTEMENTET (1985) omtaler blant annet problemet med overgjødning (dvs. for stor tilførsel av næringsstoffer) i vassdragene. Det gis en oversikt over de oftestliges kostnader til tiltak mot forurensninger. For landbrukets del gjelder dette hovedsakelig tilskudd til utbedring av gjødsellagre. Meldingen oppsummerer en del erfaringer som er gjort i forbindelse med kontroller og gjennomføring av tiltak mot punktkilder i landbruket. Landbruksforurensninger utpekes som «ett av de områdene hvor innsatsen bør trappes opp». Dette gjelder også arealavrenning, hvor det påpekes at kunnskapene foreløpig er mangelfulle.

SVELLE (1988) omtaler tiltaksanalysen for Indre Oslofjord, som blant andre NILF har vært med på. På grunnlag av en spørreundersøkelse samt vannforskeres vurderinger, har SFT kommet fram til en fordeling av «nytteenheter» mellom 4 fjordbasseng og mellom de 4 forurensningsparametrene siktedyp, dypvann, miljøgifter og søppel/olje. Utredningen omfatter i alt rundt 150 mulige tiltak fordelt på samtlige sektorer som bidrar til forurensningene. Disse tiltakene er rangert etter kostnad pr. nytteenheter. Mange av landbrukstiltakene kom svært gunstig ut i denne undersøkelsen.

Spesielt om økonomiske konsekvenser av tiltak mot landbruksforurensninger

SUNDSBØ (1970) har skrevet en problemavklaring omkring forurensninger fra landbruket og påpekt behovet for økonomisk forskning.

Rapporten presenteres som «første ledd i et større forskningsprosjekt ved Institutt for driftslære og landbruksøkonomi om økonomiske sider ved forurensninger fra jordbruket». Prosjektet ble imidlertid ikke videreført.

HOLDHUS (1981) har undersøkt kostnadseffektiviteten for tiltak i forbindelse med Mjøs-aksjonen. Kostnader pr. kg redusert avrenning er beregnet for tetting av gjødsellager, melkeromsavløp, utvidelse av lager for å unngå vinterspredning og for gjennomsnittet av alle tiltak.

MIKKELSEN (1986) har gjort en foretaksøkonomisk og samfunnsøkonomisk analyse av overgang til vårspredning av husdyrgjødsel som tiltak mot arealavrenning. Rapporten inneholder også en samfunnsøkonomisk analyse av nedmolding av husdyrgjødsel.

FAGERÅS (1986) har gjort økonomiske analyser av tiltak mot forurensninger fra erosjon, husdyrgjødsel, handelsgjødsel og silopressaft. Arbeidet er et grunnlagsmateriale for LANDBRUKSDEPARTEMENTET (1986). Selv om analysene omfatter arealavrenning, presiserer forfatteren at resultatene er basert på til dels utilstrekkelig grunnlagsmateriale og derfor ikke må tillegges for stor vekt. Forfatteren påpeker dessuten behovet for videre økonomisk forskning på området.

En gruppe nedsatt av Landbruksdepartementet for å vurdere forurensningene fra jordbruket, har avgitt 2 delutredninger (LANDBRUKSDEPARTEMENTET 1984, LANDBRUKSDEPARTEMENTET 1986). Den første delutredningen gir en oversikt over landbruksforurensningenes omfang og de virkemidler som brukes for å begrense forurensningene. Delutredning II er i stor grad bygd på FAGERÅS (1986). Her er det gitt en oversikt over kostnadene ved å begrense forurensninger fra jordbruket. Dessuten er det fremmet forslag om nye virkemidler og endringer i eksisterende virkemidler.

LANDBRUKSDEPARTEMENTET (1986) har gjort kostnadseffektivitetsanalyser med hensyn på fosforutslippet. Arbeidsgruppa bak utredningen har skilt mellom tekniske virkemidler og administrative virkemidler. De administrati-

ve virkemidlene betraktes som måter å realisere de tekniske løsninger på.

Det er beregnet en gjennomsnittskostnad pr. kg redusert fosforutslipp i kommunal sektor på fra 1000 kr i mindre belastede vassdrag til 3000 kr i sterkt belastede vassdrag. Disse tallene er oppfattet som mål på «forurensningskostnadene». Reduserte «forurensningskostnader» er brukt som mål på nytten ved tiltak mot landbruksforurensninger, slik at nytten ved slike tiltak settes til 1000-3000 kr pr. kg redusert fosforutslipp, avhengig av forurensningssituasjonen i vassdraget.

Ut fra nevnte forutsetning samt en antagelse om fosfortap på 0,1 kg/daa ved dyrking av vårkorn, finner arbeidsgruppa at tiltak som reduserer fosforavrenningen til samme nivå som naturlig bakgrunnsavrenning er kostnadseffektive dersom utgiftene er mindre enn 100-300 kr pr. daa og år. Arbeidsgruppa har imidlertid ikke forsøkt å tallfeste kostnadene ved ulike tiltak mot erosjon.

Erosjonen er vanligvis langt større på bakkeplanerte arealer enn ellers. Arbeidsgruppa foreslår derfor at tilskuddene til bakkeplanering tas bort, og at det innføres forskrifter og tekniske retningslinjer for bakkeplanering. Disse forslagene er senere gjennomført.

Arbeidsgruppa diskuterer ordningen med støtte til utbedring av gjødsellagre. Det tas utgangspunkt i at husdyrgjødsel som hovedregel bør spres om våren. Ut fra dette behøves tilstrekkelig lagringskapasitet for 8-12 måneder. Gylle og våtkompostert gjødsel framheves som forurensningsmessig gunstige former for gjødsel.

Det legges vekt på at spredearealet for husdyrgjødsel må være tilstrekkelig stort. Minimumsnormen i retningslinjene for bruksutbygging foreslås hevet fra 3 til 4 daa pr. gjødseldyreenhet (tilsvarende 1 melkeku). Arbeidsgruppa finner for øvrig god sammenheng mellom den foretaksøkonomisk mest lønnsomme gjødsling og den gjødsling som gir minst mulig utvasking pr. enhet planteprodukter.

BERGER & JOHNSEN (1988) har gjort enkle økonomiske analyser av en del tiltak mot landbruksforurensninger i nedbørfeltene til

Mjøsa og Indre Oslofjord. Bruken av virkemidler er trukket inn i kalkylene. De analyserte tiltakene er utbedring av lekkasjer i gjødselporter, utvidelse av husdyrgjødsellagre, tiltak mot pressaftavrenning, direktesåing, plogfri jordarbeiding, vårpløying, pløying på tvers av fallet, grasdekte vannveier, alternative dyrkingsformer på utsatte åkerarealer, vegetasjonssoner langs vassdrag, intensiv drenering, flomforbygning og gjødselplanlegging.

SØDAL (1988) refererer til et igangværende prosjekt som tar utgangspunkt i det forurensningsmessig uheldige i at husdyrproduksjonen i Norge i stor grad er konsentrert til visse distrikter som dermed får for små spredearealer i forhold til mengden av husdyrgjødsel. I dette prosjektet drøftes konsekvenser av å «rekanalisere» husdyrproduksjonen slik at den blir mer jevnt fordelt mellom landsdeler og distrikter.

SIMONSEN (1989) analyserer miljøavgifter på nitrogen, fosfor og plantevernmidler. Omfattende kvantitative analyser er gjort for nitrogen. Avgift på fosfor og på plantevernmidler er bare behandlet verbalt. Fosforavgift er bare omtalt «på toppen av» eller i kombinasjon med nitrogenavgift. For nitrogen er virkningen av ulike avgiftsnivåer på kunstgjødselbruk, nitrogenavrenning, avlinger og dekningsbidrag analysert.

Kostnader ved tiltak mot andre forurensningskilder enn arealavrenning

I tabell 1 er en del tall for kostnadseffektivitet med hensyn på fosforutslipp presentert. Samtlige tall som er referert er hentet fra eksisterende norske undersøkelser og gjelder andre forurensningskilder enn arealavrenning fra jordbruket. Kostnadseffektivitetsanalyse som metode er nærmere drøftet i kap. 2.2.1.

1.4 Valg av tiltak for analyse

Tiltakene mot landbruksforurensning kan deles inn i praktiske tiltak og styringstiltak (virkemidler). Et praktisk tiltak skal virke direkte på forurensningstilførselen. For å oppnå at gårdbrukerne tar i bruk et slikt tiltak, kan det offentlige sette inn ett eller flere styringstiltak.

Forholdet mellom styringstiltak og praktiske

Tabell 1. Kostnad i kroner pr. gram redusert fosforutslipp ved noen tidligere norske undersøkelser. Tall i parentes angir laveste og høyeste verdi.

Sektor	Tiltak/Sted	Kostnad	Kilde ¹⁾
Kommunal kloakk	Generelt	(1/3)	1
	Kommunale anlegg, Mjøsaksjonen	1,6	1
	Spredd bebyggelse, Mjøsaksjonen	2,1	1
	Renseanlegg, Tyrifjorden	(0,5/7,7)	1
	Ledningsnett + renseanlegg, hele landet	3,6	1
	Renseanlegg forutsatt eksisterende ledningsnett	1,0	1
	Ledningsnett forutsatt kapasitet ved eksisterende renseanlegg	(0,2/0,5)	1
	Ledningsnett, Mjøsa	4,0	2
	Renseanlegg, Mjøsa	1,9	2
	Spredd bebyggelse, Mjøs-området	3,1	2
Punktkilder	Tetting av portlekkasje	(÷0,1/1,1)	1
	Utvidelse av lager, unngå vinterspr.	(0,2/0,9)	1
	Tetting av gjødsellager, Mjøsaksjonen	(0,5/0,7)	1
	Melkeromsavløp, Mjøsaksjonen	(0,5/0,7)	1
	Lagerutvidelse, Mjøsaksjonen	(0,8/3,2)	1
Industri	Punktkilder generelt, Mjøsa	1,73	2
	Follum	2,3	1
Andre sektorer	Industri, Mjøs-området	2,7	2
	Turistbedrifter, Mjøs-området	1,2	2
	Fiskeoppdrett	1,4	2

tiltak kan illustreres ved den enkle modellen i figur 1. Metodikken i denne meldingen, slik den vil bli beskrevet i kapittel 2, tilsier at utgangspunktet vil være det enkelte praktiske tiltak. Styringstiltak vil komme inn som samfunnsøkonomiske kostnader ved gjennomføring av de praktiske tiltakene.

Et stort antall tiltak har vært debattert i forbindelse med landbruksforurensninger. For å holde oppgaven på et rimelig nivå, har det vært nødvendig å gjøre et utvalg. De tiltakene som er analysert, er de man på forhånd regnet med vil ha følgende egenskaper:

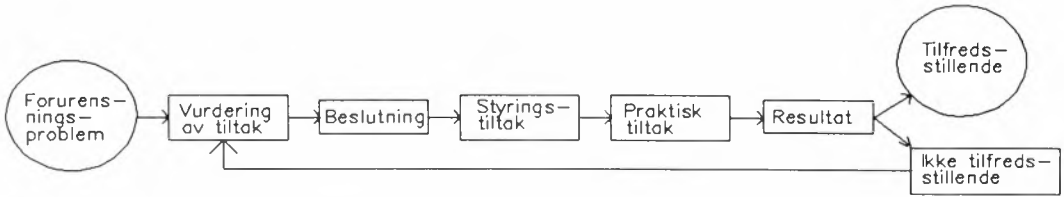
- Betydelig virkning på fosforutslippet (prioriteringen av fosfor er begrunnet i 2.2.1).

- Mulighet for gjennomføring i stor skala.
- Mulighet for framskaffing av tilstrekkelige data til å gjøre analyser.

Disse vurderingene er i betydelig grad koordinert med prioriteringene til GEFO (Institutt for georessurs- og forurensnings-forskning) i forbindelse med «Handlingsplan mot landbruksforurensninger». Spesielt når det gjelder tiltakenes antatte virkning, har jeg i stor grad basert meg på ekspertisen i tilknytning til GEFO. Likevel finner jeg det på sin plass å gi en kort omtale av de tiltakene som er valgt ut for økonomisk analyse, og en begrunnelse for at noen av de tiltakene som har vært diskutert ikke er kommet med i analysene.

¹⁾ Kilder:

1. LANDBRUKSDEPARTEMENTET (1986), som oppsummerer fra flere tidligere undersøkelser.
2. Upublisert materiale utarbeidet av Statens forurensningstilsyn i 1988 i tilknytning til tiltaksanalyse for Mjøsa.



Figur 1. Modell for tiltak mot forurensninger.

1.4.1 Tiltak som er analysert

Redusert bruk av handelsgjødsel-fosfor

Det er faglig dokumentert at fosforinnholdet i norsk kulturjord i mange tilfeller er unødvendig høyt, og at dette gir forurensningsproblemer fordi erosjonsmaterialet som kommer ut i vassdragene blir svært fosforrikt (UHLEN 1984). Det synes derfor å være et interessant tiltak å redusere fosfortilgangen til jorda. I det foreliggende arbeidet er dette vurdert gjort ved innføring av EDB-baserte gjødselplaner og ved en avgift på fosfor i handelsgjødsel.

All spredning av husdyrgjødsel i vekstsesongen

Ved å spre gjødsel om våren unngår man gjødselavrenning i høstregnet og vårfloppen, det vil si de perioder da faren for forurensninger er størst. UNDHEIM (1988) har dokumentert store økninger i forurensningene ved gjødselspredning utenom vekstsesongen.

Pløying på tvers av fallretningen

Ved å pløye på tvers av fallretningen, oppnår man at hver plogfår utgjør en «demning» som bremser overflatevannet, i stedet for en «bekk» som gir overflatevannet økt kraft. Undersøkelser fra USA tyder på betydelig effekt av tiltaket (ROBILLARD et al. 1979, fig. 4).

Grasdekte vannveier

Hensikten med grasdekte vannveier er å kontrollere overflatevannet. Vannveier vil samle opp og bremse vannet, og deretter lede det til inntakskummer for overflatevann. LOGAN & FORSTER (1982) fant en reduksjon av totalfosfor på 50 % ved gjennomføring av dette tiltaket. Men i denne undersøkelsen var vannveiene langt mer omfattende enn det som er utprøvd av GEFO.

Vårpløying

Ved å pløye om våren, unngår man at jorda blir liggende åpen for erosjon i høstregnet og vårfloppen. Tiltaket bør dermed medføre betydelige reduksjoner i næringsstoffavrenningen i de perioder av året hvor avrenningen er størst.

Redusert eller ingen jordarbeiding

Ved at pløyinga sløyfes, kan man unngå å utsette jorda for alvorlig erosjon den tida det ikke er plantevekst. Jordarbeidinga for øvrig kan utføres på ulike måter. Virkningen av tiltaket vil avhenge av hvilke andre jordarbeidingsoperasjoner som utføres og av hvilken tid på året de blir gjort. Direktesåing er en ytterlighet av plogfri drift, i og med at det ikke drives noen jordarbeiding. Metoden er svært effektiv med hensyn til å unngå erosjon, LOGAN & FORSTER (1982 s. 38) kom fram til 80 % reduksjon av jordtapet og 60 % reduksjon av total fosfor ved direktesåing.

Omdisponering av åker

Fosforavrenningen er normalt langt større fra åpen åker enn fra arealer som utnyttes på andre måter. Omdisponering av åker til andre bruksformål vil derfor innebære en drastisk reduksjon av forurensningen.

1.4.2 Tiltak som ikke er analysert

Nedmolding av husdyrgjødsel

Ved at gjødsel nedmoldes umiddelbart etter spredning, vil mindre av plantenæringsstoffene oppløses i overflatevannet. UHLEN (1978) har registrert stor forskjell i fosforavrenning mellom nedmoldet og ikke nedmoldet husdyrgjødsel.

sel. Økonomisk kan tiltaket bety en del ekstra arbeids- og maskinkostnader, men samtidig vil man oppnå en bedre utnyttelse av husdyrgjøds-la.

Årsaken til at tiltaket ikke er prioritert i denne undersøkelsen, er at det er liten eller ingen tvil om at nedmolding av husdyrgjødsel bør gjennomføres der hvor husdyrgjødsel spres i åpen åker. Det synes å være full enighet om dette både fra et forurensningsmessig, økonomisk og agronomisk synspunkt. Krav om nedmolding av husdyrgjødsel som spres i åpen åker er tatt med i de nye gjødselsforskriftene (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1989). Siden hensikten med det foreliggende arbeidet er å analysere nye tiltak, ikke å evaluere tiltak som er gjennomført eller under gjennomføring, er dette tiltaket utelatt.

Behandlet husdyrgjødsel

Varmebehandling og våtkompostering går ut på å blåse luft inn i blautgjødsla for å få i gang en aerob prosess. Gjødsla får derved en tyntflytende konsistens. Prosessen kalles varmebehandling når den foregår i gjødsellageret og temperaturen holder seg under 40 grader. Våtkompostering foregår i særskilte lukkede beholdere hvor temperaturen kan komme adskillig høyere. Separering går ut på å skille blautgjødsla i en fast og en tyntflytende fraksjon. Ved gyllebehandling blandes gjødsla med vann før den spres.

Alle de fire nevnte metodene gir en lettflytende gjødsel som antas å ha større infiltrasjonskapasitet enn vanlig blautgjødsla. Dette må antas å føre til redusert overflateavrenning av næringsstoffer, spesielt på eng hvor man ikke kan nedmolde gjødsla. Kostnadene er først og fremst knyttet til anskaffelse av utstyr for å gjennomføre slik behandling. Ved våtkompostering er det dessuten dokumentert et betydelig nitrogentap fra gjødsla (TVEITNES & TJERNSHAUGEN 1984).

I utgangspunktet var det meningen å prøve ut varmebehandlet gjødsel i GEFO's forsøksfelt på Jæren. Praktiske vanskeligheter ført til at dette forsøksleddet måtte sløyfes. Samtidig ble det i NILF satt i gang økonomiforsøk for å sam-

le inn økonomiske data hos gårdbrukere som praktiserer varmebehandling. Et sammendrag av disse dataene fra 12 bruk finnes i NILF (1988c s. 24). Siden det ikke foreligger data som bekrefter at behandlet gjødsel gir mindre forurensning enn vanlig blautgjødsla, er tiltaket utelatt i det foreliggende arbeidet.

Redusert bruk av husdyrgjødsel i husdyrtette områder

En del gårdsbruk har for stort antall husdyr i forhold til spredningsarealet (LANDBRUKSDEPARTEMENTET 1984 s. 37). Dette vil medføre overdosering med fosfor selv uten bruk av handelsgjødsel med fosfor. Redusert bruk av husdyrgjødsel i disse områdene antas derfor å være viktig, enten en slik reduksjon skjer ved å redusere husdyrtallet eller ved å transportere gjødsla til områder med ledige spredearealer. Dette tiltaket ble forsøkt analysert. Det viste seg å være betydelige problemer både med å gjøre realistiske forutsetninger for hvordan brukerne vil tilpasse seg et slikt krav og å finne data for i hvor stor grad tiltaket vil virke på forurensningssituasjonen. Ved de nye husdyrgjødselsforskriftene er dette tiltaket innført gjennom krav om spredeareal (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1989). Dette gjør det mindre aktuelt å vurdere tiltaket i sammenheng med nye tiltak mot arealavrenning.

Regional omfordeling av husdyrproduksjonen

Dette tiltaket er i nær slekt med det foregående. Hvis man flytter en del av husdyrproduksjonen fra husdyrtette områder på Vestlandet til kornområdene på Østlandet, er det sannsynlig at forurensningene blir redusert. Dette skyldes dels at man unngår overdosering av gjødsel på Vestlandet, dels at mer eng i kornområdene på Østlandet vil redusere erosjonsproblemene.

Ved starten av prosjektet ble dette tiltaket vurdert. Man fant at oppgaven ville bli for omfattende om man skulle gå inn på dette tiltaket i tillegg til de andre som er analysert. Dette tiltaket undersøkes nå grundig ved Institutt for landbruksøkonomi ved Norges landbrukshøgskole.

Høstsed

Ved å benytte høstsed av hvete og rug, etablerer man et erosjonsdempende plantedekke før høstregnet setter inn (STATENS FORURENSNINGSTILSYN 1984, LANDBRUKSDEPARTEMENTET 1984). Imidlertid kan tiltaket virke mot sin hensikt hvis et kraftig høstregn setter inn før såkornet har rukket å spire. Dessuten er det betydelig skepsis på faglig hold til hvorvidt de relativt beskjedne plantene som rekker å utvikle seg før vinteren har noen særlig virkning. Ut fra en totalvurdering ble dette tiltaket ikke prioritert for utprøving i GEFO's felter, og vi har dermed heller ingen klare indikasjoner på om tiltaket har vesentlig virkning på forurensningssituasjonen.

Fangvekster

Fangvekster skal vokse etter at hovedgrøden er høstet, for å utnytte gjenværende gjødselstoffer og dempe erosjonen. Imidlertid er det tvil om hvorvidt fangvekster vil være vellykket under norske forhold, med en kort og relativt kjølig periode fra kornet treskes og fram til vinteren. Undersøkelser fra USA tyder på at tiltaket har liten virkning på fosforutslippet (LOGAN & FORSTER 1982). Tiltaket er først og fremst brukt for å begrense utvaskingen av nitrogen. Siden virkningen på fosforavrenningen sannsynligvis er liten, ble dette tiltaket ikke prioritert.

Halm som erosjonsdempende medium

Man kan la halmen ligge over vinteren for å få et erosjonsdempende «teppe» over jorda. Dette tiltaket ble sløffet på grunn av stor skepsis fra produksjonsfaglig hold. Halmen vil kunne spre sykdomssmitte og utvikle veksthemmende stoffer. STRAND²⁾ (1985 pers. medd.) anslår at tiltaket kan gi et avlingstap på opptil 10 %.

Vegetasjonssoner langs vassdrag

Vegetasjon mellom vassdraget og kanten av jorden kan samle opp erosjonsmateriale og ta opp noe av den næringen som ikke nyttiggjøres av

åkervektene. De viktigste kostnadselementene antas å være at jordbruksareal går tapt, samt at man kan få redusert avling på tilgrensende arealer på grunn av skyggevirksomhet, dyretråkk og beitende skogsdyr. Tiltaket er ikke prioritert for utprøving i GEFO's forsøk. Det foreligger heller ikke andre data som kan belyse virkningen av tiltaket ut fra norske forhold. Derimot forsøkes det nå igangsatt et eget prosjekt om vegetasjonssoner i regi av SEFO (Senter for forskningsoppdrag) på Ås.

Vanning

Riktig utført vil vanning begrense tapet av næringsstoffer fordi plantene blir i stand til å ta opp næring også i tørkeperioder. Imidlertid er virkningen usikker fordi overdosering av vann lett kan gi overflateavrenning. Dessuten viser en studie fra Georgia at vanning kan medføre økt bruk av kunstgjødsel (ZIEMER, MUSSER & CLIFTON 1978).

Intensiv grøfting

Økt grøfteintensitet øker jordas evne til å ta inn overflatevann og antas dermed å redusere erosjonsfaren. Den økonomiske virkningen består på den ene side av kostnader ved investering i nytt grøftesystem, på den andre side kan man forvente avlingsøkning. Økonomien ved intensiv grøfting er undersøkt av JERVEN & RINGØY (1985).

Tiltaket ble i utgangspunktet prioritert for utprøving av GEFO. Det viste seg imidlertid at grøfting på kort sikt ga økt fosforutslipp. Forklaringen på dette må være at gravingen i forbindelse med grøftearbeidet førte til økt erosjon. Det anses fortsatt som sannsynlig at grøfting på lang sikt vil redusere fosforavrenningen. På bakgrunn av de nevnte forsøksresultatene, har jeg imidlertid ikke funnet grunn til å ta med dette tiltaket i de økonomiske analysene.

Gjenlegging av bekker

Ved gjenlegging av bekker, reduseres faren for tilførsel av næringsstoffer til bekkene betydelig.

²⁾ Professor Erling Strand v/Norges landbrukshøgskole.

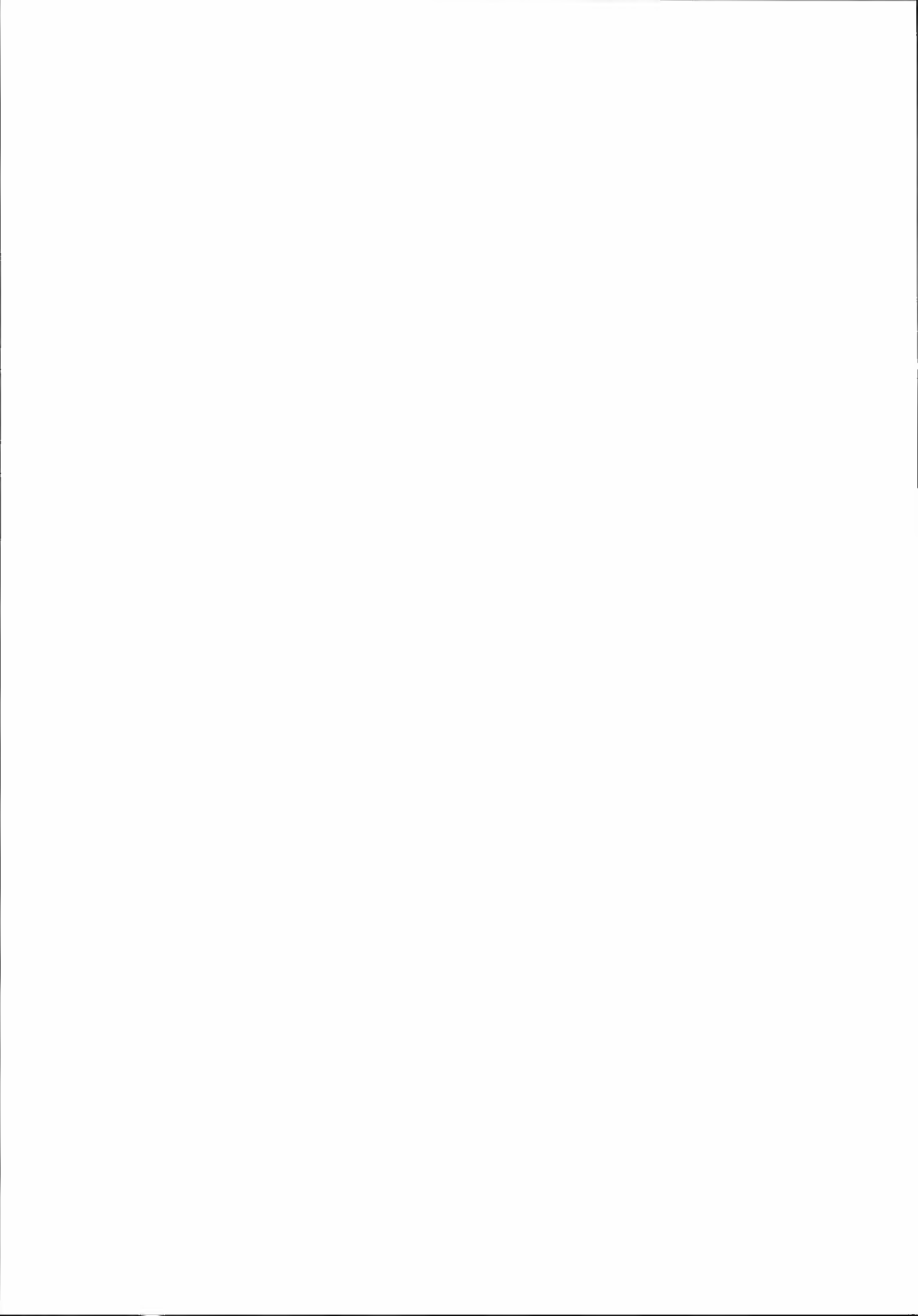
Imidlertid vil et slikt tiltak støte kraftig mot hensyn til landskapsvern og viltinteresser. Tiltaket er av den grunn ikke tatt med i GEFO's prosjektplan. Det finnes heller ingen andre data som kan gi tilstrekkelig grunnlag for en analyse av dette tiltaket.

Spesielle tiltak ved bakkeplanering

I de tidligere tilskottsreglene for bakkeplanering ble det forutsatt at det skulle gjennomføres visse erosjonshindrende tiltak for at tilskuddet skulle kunne utbetales. Dette gjaldt bl.a. inntakskummer for overflatevann, tilsåing av fyllingskant og maksimalgrense med hensyn til helning for arealet som helhet og for fyllingskanten. Etter at tilskott til bakkeplanering falt bort, er tiltakene påbudt i form av forskrift. Jeg har vurdert dette som tiltak som allerede er gjennomført og derfor ikke prioritert tiltakene for analyse.

Terrassering

Terrassering er et mye brukt tiltak mot erosjon i andre deler av verden. LOGAN & FORSTER (1982) regner med en 50 % reduksjon av fosforavrenningen ved gjennomføring av tiltaket. Imidlertid vil tiltaket sannsynligvis være relativt kostbart å gjennomføre. Det kunne ha vært interessant å vurdere terrassering i tilknytning til bakkeplanering. Ekstrakostnadene ved terrassering behøver kanskje ikke være så store når man likevel skal foreta betydelige forflytninger av jorda. Dessverre finnes det ikke datamateriale som kan belyse slike spørsmål ut fra norske forhold.



2 Metode og datagrunnlag

2.1 Metode for foretaksøkonomisk analyse

2.1.1 Teoretisk drøfting

Lønnsomhetsmål

GLÆVER (1982) har oppsummert de vanlige lønnsomhetsmål i jordbruket: Driftsoverskott, familiens arbeidsfortjeneste, fortjeneste, forrentning og lønnsevne. Sammenhengen mellom de ulike lønnsomhetsmålene er vist i figur 2.

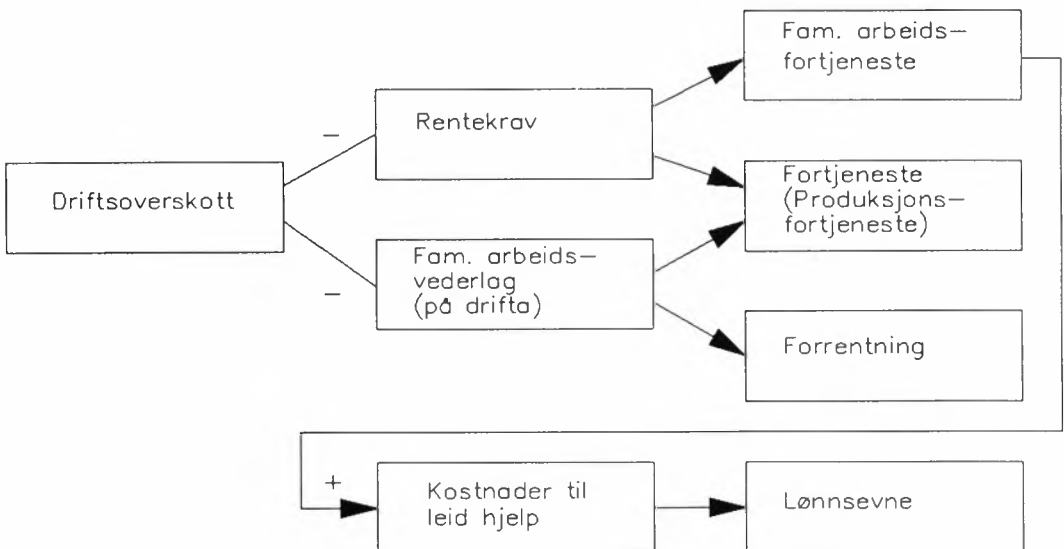
Driftsoverskottet er differansen mellom samlede produksjonsinntekter på den ene siden og alle kostnader unntatt familiens arbeidsinnsats og rentekrav på den andre siden. Ved å trekke rentekravet for all innsatt kapital fra driftsoverskottet, får vi familiens arbeidsfortjeneste. Hvis vi i stedet trekker familiens arbeidsvederlag fra driftsoverskottet, får vi forrentning. Hvis vi

trekker både rentekrav og familiens arbeidsvederlag fra driftsoverskottet, kommer vi til fortjeneste. Lønnsevne er summen av familiens arbeidsfortjeneste og kostnader til leid hjelp.

Hensikten med den foretaksøkonomiske analysen i dette prosjektet, er å beregne summen av alle virkninger av et tiltak mot landbruksforurensninger for den enkelte gårdbruker. Det er derfor ingen grunn til å se bort fra verken rentekravet eller familiens arbeidsvederlag. Valget faller derfor på fortjeneste som lønnsomhetsmål. Analysen vil vise hvordan fortjenesten påvirkes som følge av at et tiltak mot landbruksforurensninger blir innført.

Usikkerhet

I litteraturen har det vært vanlig å skille mellom



Figur 2. Foretaksøkonomiske resultatmål i jordbruket. Kilde: GLÆVER (1982).

risiko og usikkerhet. Ifølge MATTSSON (1979, s. 144), brukes risiko om situasjoner hvor man på objektivt grunnlag kan fastsette sannsynligheter for ulike utfall. Hvis slike sannsynligheter bare kan fastsettes subjektivt, foreligger det usikkerhet.

NORUM (1971) refererer til ulike teoretikere som ikke har villet skille mellom risiko og usikkerhet og konkluderer med å bruke betegnelsen usikkerhet om «all mangelfull viten om fremtidige utfall av handlinger».

I denne undersøkelsen har jeg unngått å skille mellom risiko og usikkerhet, kanskje mest ut fra et pragmatisk utgangspunkt: De fleste usikre data i denne undersøkelsen er slik at man har visse objektive holdepunkter for hvordan utfallene kan variere, likevel har jeg ikke kommet utenom et element av subjektiv vurdering for å «oversette» objektive enkeltobservasjoner til en sannsynlighetsfordeling. I de fleste tilfeller foreligger det med andre ord verken ren usikkerhet eller ren risiko. Det er derfor neppe mulig å bringe inn et skille mellom usikkerhet og risiko i analysene på en konstruktiv måte.

Usikkerheten ved det enkelte tiltak kan analyseres ved hjelp av følsomhetsanalyser. Hensikten med en følsomhetsanalyse er å vise hvor følsomt et tiltaks beregnede positive og negative virkninger er for endringer i de forutsetninger beregningene bygger på (FINANS-DEPARTEMENTET 1979). En følsomhetsanalyse kan utføres etter ulike prinsipper. De to vanligste er:

1. Man regner ut hvor langt en enkelt faktor kan endres i ugunstig retning før analysens konklusjon endres, f.eks. ved at prosjektet ikke lenger er lønnsomt eller at rangeringen mellom alternative prosjekter endres.
2. Man gjennomfører beregningene med alternative anslag for usikre faktorer hvor en eller flere faktorer varieres om gangen.

Monte Carlo-simulering kan være et alternativ til denne typen følsomhetsanalyser (SOLBERG 1984, LUNNAN 1988). Ved Monte Carlo-metoden setter man inn antatte sannsynlighetsfordelinger i stedet for eksakte tall der hvor dataene er usikre. Når utregningene gjennomføres, foretar man en «loddtrekning» ut fra den gitte sannsynlighetsfordelingen. Ved å foreta utregningen mange (100-1000) ganger, vil man få en sannsynlighetsfordeling for resultatet. Ved hjelp av datateknikk, er det blitt forholdsvis enkelt å gjennomføre slike beregninger.

Jeg har valgt Monte Carlo-simulering framfor tradisjonelle følsomhetsanalyser. Årsaken er at simulering etter min oppfatning gir langt mer informasjon om størrelsen av usikkerheten enn tradisjonelle følsomhetsanalyser. Det er spesielt fordelaktig at man får uttrykk for virkningen av den samlede usikkerhet når flere faktorer er usikre.

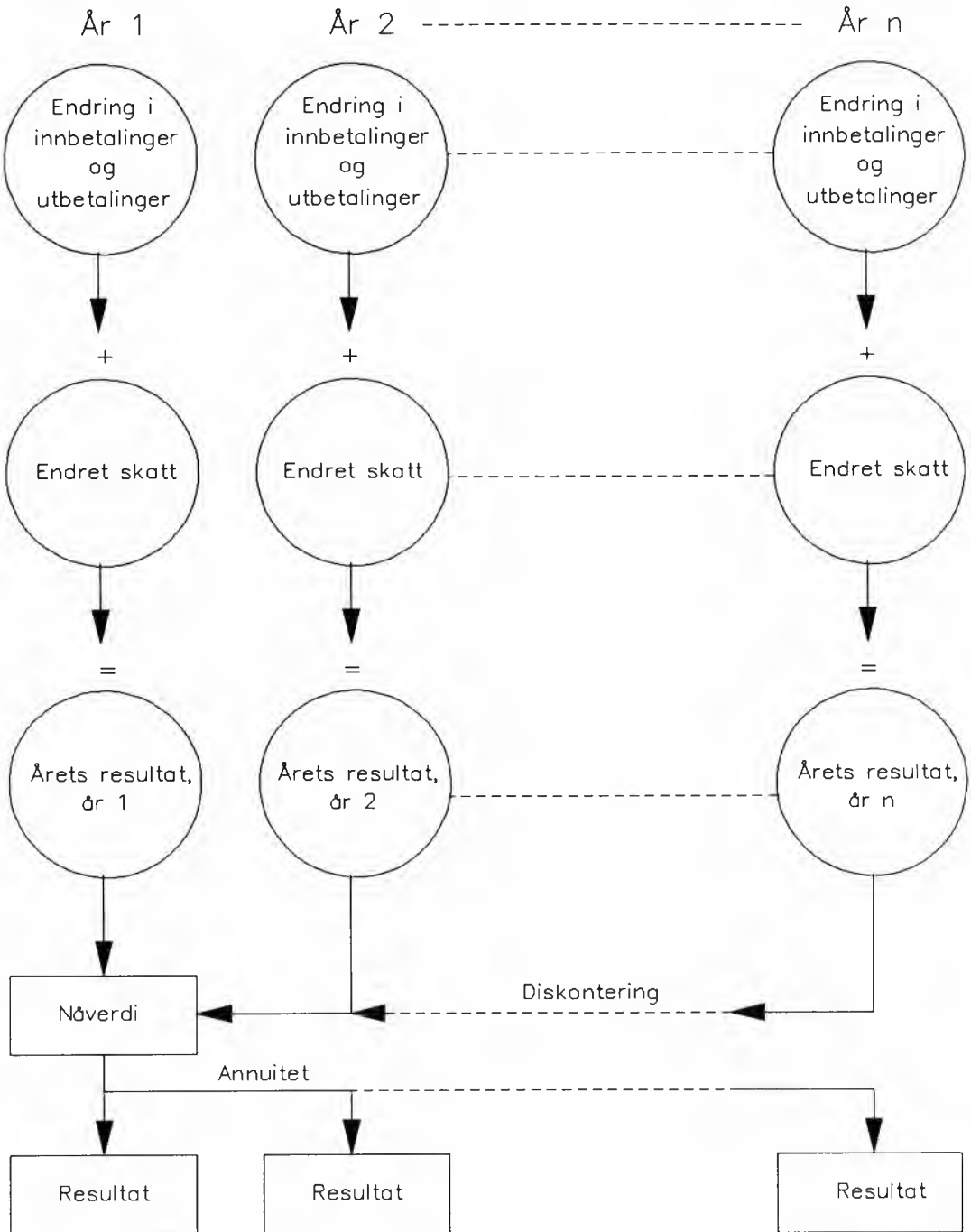
2.1.2 Framgangsmåte ved beregninger

Målet med den foretaksøkonomiske analysen er først og fremst å beregne virkninger på forventet lønnsomhet. I tillegg er det ønskelig å vurdere usikkerhet, følsomhet og virkninger på likviditet.

Først beregnes endringer i innbetalinger og utbetalinger som følge av tiltaket for det enkelte år. Disse kan f.eks. bestå av endringer i utgifter til gjødsel eller variable maskinkostnader. De kan også bestå av renter og avdrag på lån til investeringer eller av investert egenkapital. Alle innbetalinger og utbetalinger behandles i denne omgang likt, enten det gjelder kjøp av forbruksvarer eller varige driftsmidler.

I neste omgang beregnes endret skatt som følge av endringene i innbetalinger og utbetalinger. Jeg har gjort beregninger med henholdsvis 0, 30% og 60% marginalsatt. Dermed framkommer et «årets resultat»³⁾ etter skatt. Dette tallet angir netto betalingsstrøm for det enkelte år.

³⁾ Det kan diskuteres hvorvidt begrepet «årets resultat» er heldig valgt, i og med at tallet ikke gir noe egentlig resultatmål.



Figur 3. Skisse av framgangsmåte for foretaksøkonomiske analyser.

Deretter diskonteres årets resultat for samtlige år i kalkylen. Antall år i kalkylen er lik antatt levetid for det aktuelle driftsmidlet. Det endelige resultat er annuiteten av denne nåverdien, beregnet over antall år i kalkylen. Denne framgangsmåten er illustrert i figur 3.

En del tiltak har ikke investeringspreg. Da er det ikke nødvendig å regne virkninger for mer enn ett år, og resultatet framkommer direkte uten diskontering og annuitetsberegning.

Mens den størrelsen som er kalt «resultat» i figur 3 er et lønnsomhetsmål, vil «Årets resultat» for det enkelte år gi et uttrykk for i hvilken grad tiltaket påvirker gårdbrukerens likviditet.

Framgangsmåten kan beskrives mer eksakt på matematisk form. Jeg bruker følgende symboler:

C	= investering som følge av tiltaket.
c	= årlig investeringskostnad (annuitet av investering)
c_{ri}	= rentedel av annuitet i år i
c_{ai}	= avdragsdel av annuitet i år i
p	= prisstigning
r_f	= nominell rente før skatt
r_e	= nominell rente etter skatt
r_r	= realrente etter skatt
n_L	= Tilbakebetalingstid på lån til investering
n	= antall år i kalkylen = investeringens levetid
k_i	= økte utbetalinger eller reduserte innbetalinger som følge av tiltaket i år i før skatt i nominelle priser, investeringskostnader unntatt
b_i	= økte innbetalinger eller reduserte utbetalinger som følge av tiltaket i år i før skatt i nominelle priser
g_i	= avskrivningsgrunnlag, år i
p_d	= avskrivningsprosent
d_i	= avskrivning, år i
m	= marginalsatt
s_i	= tiltakets virkning på skatt i år i
\hat{a}_i	= «årets resultat» = netto endring i innbetalinger og utbetalinger, år i
N	= nåverdi av alle inn- og utbetalinger etter skatt
a	= resultat = annuitet av nåverdien av alle inn- og utbetalinger etter skatt

Først fordeles investeringen i annuiteter over lånets løpetid:

$$c = \frac{C \cdot r_f (1 + r_f)^{nL}}{(1 + r_f)^{nL} - 1}$$

Annuiteten er fordelt mellom en rentedel og en avdragsdel slik at:

$$c_{ri} + c_{ai} = c$$

$$i = 1 \dots n$$

Avskrivningsgrunnlag og avskrivning beregnes:⁴⁾

$$\begin{aligned} g_i &= C & i &= 1 \\ g_i &= g_{i-1}(1 - p_d) & i &= 2 \dots n \\ d_i &= g_i \cdot p_d & i &= 1 \dots n \end{aligned}$$

Virkningen av tiltaket på skatt regnes ut:

$$s_i = (b_i - k_i - c_{it} - d_i) \cdot m \quad i = 1 \dots n$$

Årets resultat regnes ut:

$$\dot{a}_i = b_i - k_i - c - s_i \quad i = 1 \dots n$$

Årets resultat for alle år diskonteres til nåverdi:

$$r_c = r_f (1 - m)$$

$$N = \sum_{i=1}^n \frac{\dot{a}_i}{(1 + r_c)^i}$$

Nåverdien regnes om til annuitet:

$$r_r = \frac{r_c - p}{1 + p}$$

$$a = \frac{N \cdot r_r (1 + r_r)^n}{(1 + r_r)^n - 1}$$

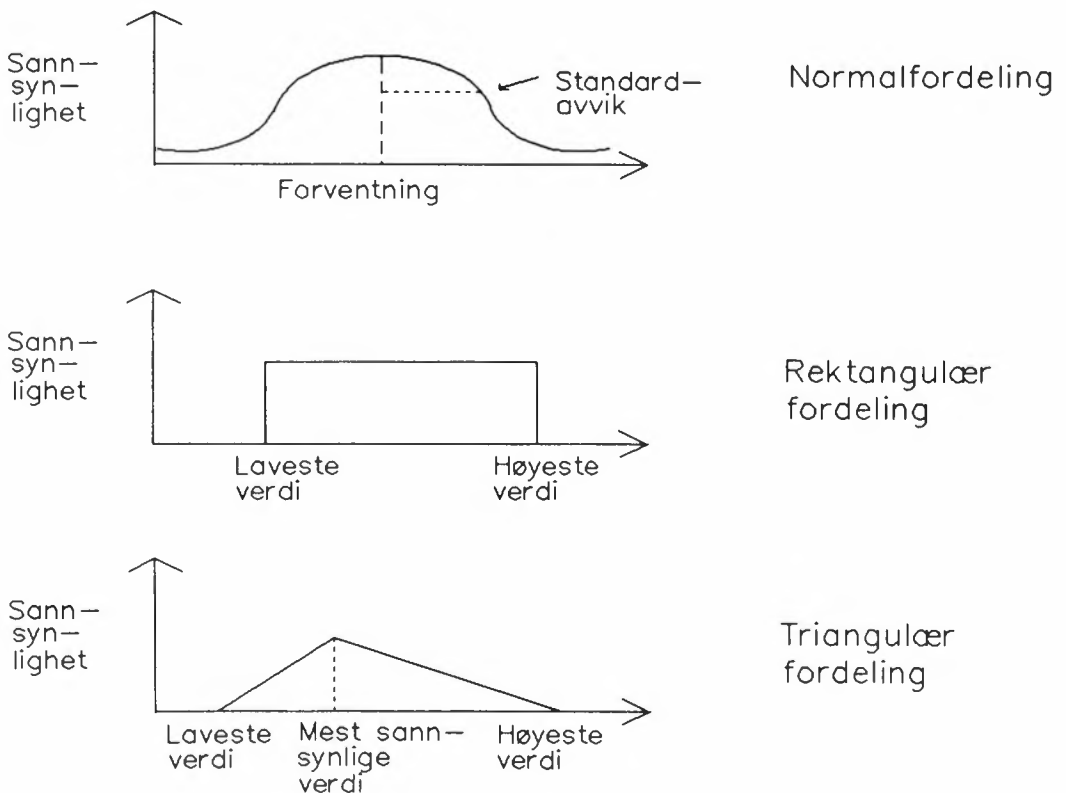
⁴⁾ Strengt talt skal det regnes en restavskrivning ved utløpet av investeringens levetid. Denne vil imidlertid bli så liten at jeg har valgt å se bort fra den.

For de inngangsdataene som er vurdert som usikre, er det lagt inn en sannsynlighetsfordeling i stedet for et eksakt tall. I dataprogrammet IFPS (Interactive Financial Planning System) som er brukt til utregningene, kan man velge mellom tre ulike sannsynlighetsfordelinger som vist i figur 4.

En normalfordeling er definert ved en forventning og et standardavvik. En triangulær fordeling er definert ved laveste, mest sannsynlige og høyeste verdi. En rektangulær fordeling er definert ved laveste og høyeste verdi. I tillegg gir programmet mulighet for å bygge opp andre sannsynlighetsfordelinger i form av rette linjestykker mellom maksimalt ti punkter. Denne sistnevnte muligheten er ikke benyttet i det foreliggende arbeidet.

Det skal innrømmes at i de fleste tilfeller har

jeg ikke hatt særlig gode holdepunkter for hvilken av de tre fordelingene som ligger nærmest den virkelige sannsynlighetsfordelingen for den aktuelle parameter. I praksis har valg av fordelingsfunksjon i stor grad blitt bestemt av hvilke verdier det er mulig å framskaffe. Der hvor det er mulig å anslå mest sannsynlige verdi, men ikke minimum og maksimum, faller det naturlig å velge normalfordeling. Der hvor det er mulig å anslå minimum og maksimum, men ikke mest sannsynlige verdi, faller det naturlig å velge rektangulær fordeling. Der hvor det er mulig å anslå både mest sannsynlige verdi, minimum og maksimum, faller det naturlig å benytte triangulær fordeling. Tidligere studier (bl. a. SOLBERG 1984) tyder på at det spiller liten rolle for resultatet hvilken av de tre sannsynlighetsfunksjonene man velger.



Figur 4. Skisse av de tre sannsynlighetsfordelingene i dataprogrammet IFPS.

2.2 Metode for samfunnsøkonomisk analyse

2.2.1 Teoretisk drøfting

Mens valg av lønnsomhetsmål for foretaksøkonomisk analyse bød på relativt få problemer, er valget av samfunnsøkonomisk lønnsomhetsmål langt mer problematisk. Dels skyldes dette at litteraturen om samfunnsøkonomiske analysemetoder inneholder mange og til dels sterkt ulike metoder, og hver metode har gjerne sitt lønnsomhetsmål. Dels skyldes det at vi i vårt tilfelle har å gjøre med vesentlige virkninger som det er vanskelig å verdsette i kroner og øre. Jeg velger derfor å bruke en del plass på å begrunne valget av samfunnsøkonomisk analysemetode og dermed tilhørende lønnsomhetsmål.

Som samfunnsøkonomisk analysemetode regner jeg enhver metode som har til hensikt å utgjøre et beslutningsgrunnlag for valg mellom alternativer ut fra hva som er best for samfunnet som helhet. Flere av disse metodene er utviklet med henblikk på byplanlegging eller vurdering av ulike trafikkløsninger. Ingen av de metodene som vil bli gjennomgått er spesielt utviklet for å ta hånd om miljøvernspørsmål. Likevel er de fleste metoder som er nevnt nedenfor, også brukt til vurdering av slike spørsmål.

Det foreligger en omfattende litteratur om ulike vurderingsmetoder. Denne litteraturen kan til dels virke forvirrende. Grensene mellom ulike metoder er uskarpe, selvstendige metoder ifølge noen forfattere er bare behandlet som varianter av samme metode hos andre og samme metode kan ha fått forskjellige navn hos forskjellige forfattere. Framstillingen nedenfor kan derfor avvike noe fra det man vil finne hos andre forfattere.

Nytte-kostnadsanalyse

Nytte-kostnadsanalyse (cost-benefit analysis) beskrives i lærebokform av blant andre MATTSSON (1979), PEARCE & NASH (1981), SQUIRE & TAK (1975) og UNIDO (1972). Vurderingskriteriet i en nytte-kostnadsanalyse er nåverdi. Det beste handlingsalternativet er det som gir størst positiv differanse mellom nåverdien av samlet nytte og nåverdien av samlede kostnader. For å finne fram til nåverdi, må man diskontere framtidig

nytte og kostnader ved hjelp av en kalkulasjonsrente.

Aggregering av alle fordeler og ulemper til en nåverdi, forutsetter at man kan måle alle fordeler og ulemper i samme måleskala. I praksis betyr det at alle virkninger skal måles i en monetær enhet, det vil si norske kroner så lenge vi befinner oss i Norge.

Hvis markedsprisene ikke gir uttrykk for de reelle samfunnsøkonomiske «nytter» og kostnader, skal prisene justeres. Også verdier som ikke omsettes på noe marked skal måles i kroner. Dette gjelder f.eks. «nytter» som ren luft, rent vann eller økt fritid og «kostnader» som økt ulykkesrisiko, ergrelsen ved å stå i bilkø eller ødelagte bademuligheter. Slike virkninger kan verdsettes ved hjelp av folks betalingsvillighet for vedkommende gode, eventuelt for å unngå vedkommende onde. I visse tilfeller kan man finne holdepunkter for folks økonomiske vurderinger av slike virkninger indirekte. For eksempel kan forsikringsmarkedet gi holdepunkter for folks vurdering av ulykkesrisiko, mens betalingsvillighet for bademuligheter kan utledes ut fra hvor langt folk er villige til å reise for å finne alternative bademuligheter. En mer direkte metode, og ofte den eneste mulige, er å foreta intervjuundersøkelser om betalingsvillighet for visse goder.

Kostnadseffektivitetsanalyse

I en kostnadseffektivitetsanalyse verdsettes kostnadene på samme måte som ved en nytte-kostnadsanalyse. Derimot forsøker man ikke å verdsette nyttesiden i kroner. Vurderingskriteriet blir dermed enten lavest mulig kostnad for å nå et bestemt mål eller lavest mulig kostnad pr. nytteenhet, hvor nytte måles som en poengsum eller med en fysisk indikator (for eksempel kg reduksjon av et forurensende utslipp).

Kostnadseffektivitetsanalyse er dermed nyttig i situasjoner hvor kostnadene kan verdsettes, men hvor det er umulig, for kostbart eller ikke ønskelig å måle nytten i kroner. MATTSSON (1979) nevner forsvarsplanlegging og helsevesen som eksempler på slike områder. Å finne monetære mål på verdien av økt militær slagkraft eller forbedret helse må antas å være svært

vanskelig. Derimot kan man sette seg visse mål for stridskraft eller helse og deretter forsøke å nå disse målene på en billigst mulig måte.

TASAM er en variant av kostnadseffektivitetsanalyse utformet for trafikkplanlegging i Finland (KUMM 1979). Nyten av ulike planalternativer beregnes som en poengsum etter nærmere bestemte retningslinjer. De «nyttesummer» som dermed framkommer divideres på kostnaden for hvert enkelt alternativ. Det alternativ som oppnår høyest nytte pr. kr, velges som det beste.

Måloppfyllelsesanalyse

Måloppfyllelsesanalyse («Hill's goals-achievement matrix») er en ren poengmetode, hvor ingen virkninger forsøkes verdsatt monetært. Analysen har 4 stadier (LIND 1978):

1. Målformuleringen bør foregå i samarbeid med politikere eller en referansegruppe. Oppdeling i interessegrupper vil gi større sikkerhet for at ingen mål blir uteglemt.
2. Veiting av mål. De forskjellige mål gis vekt etter viktighetsgrad. Vektene settes ifølge politiske preferanser eller ut fra de berørte parters syn på hva som er viktigst.
3. Måling av måloppfyllelse skjer vanligvis ved å bruke en poengskala. Konsekvensene kan deles i tre grupper: De som måles monetært, de som måles etter en fysisk skala og de som ikke kan måles, bare beskrives.
4. Poengene veies sammen ved at man multipliserer poeng og vekt for hvert enkelt mål og deretter summerer de veide poengtallene for alle målene. Det alternativ som har fått høyest poengsum, velges som det beste.

Det svenske «Vägverket» har sin egen versjon av måloppfyllelsesanalyse (KUMM 1979). Etter at virkningene av et prosjekt er beskrevet for ulike interessenter, bedømmes effektene etter en skala som går fra + 3 (stor forbedring) til - 3 (stor forverring).

Verdianalyse

Verdianalyse er opprinnelig utviklet som en metode for vurdering av totalentreprise (MATTSSON 1979). Verdien av et prosjektforslag deles

i pris og kvalitet. Disse to kriteriene gis hver sin vekt og deles deretter i mindre enheter, for eksempel kan kvalitet deles i boligstandard og trafikkklønsning, boligstandard kan deles i beliggenhet, eksteriør og interiør osv.

Slik oppstår et beslutningstre hvor man kan dele opp virkningene i så fine «kvister» som man anser for ønskelig. Ved å gi karakterer til de ytterste punktene i beslutningstreet og multiplisere seg innover mot stammen, vil man få en poengverdi for verdien av planalternativet. Det alternativet som oppnår høyest verdi, velges som det beste.

Planbalanse

Planbalanse (Lichfield's planning balance-sheet method) hevdes å være bygd på nytte-kostnadsanalyse, men har i realiteten beveget seg langt vekk fra dette utgangspunktet (LIND 1978, MATTSSON 1979). Metoden er opprinnelig utarbeidet for vurdering av byfornyelse.

På to viktige områder skiller planbalansen seg fra en tradisjonell nytte-kostnadsanalyse: For det første framhever Lichfield at virkninger som ikke kan måles i penger eller andre enheter skal tas like mye hensyn til som monetært målbare virkninger. For det andre vil planbalansen belyse hvordan ulike interessegrupper berøres i stedet for å aggregere virkningene til et samfunnsøkonomisk helhetsresultat.

I en planbalanse deles interessentene i to hovedgrupper: Produsenter og konsumenter. Produsenter er bl.a. det offentlige, grunneiere og investorer. Konsumenter er f.eks. beboere og trafikanter.

På samme måte som ved måloppfyllelsesanalyse deles virkningene av en plan i tre grupper: Virkninger som måles i en monetær enhet, virkninger som måles i fysiske enheter og virkninger som ikke kan måles, bare beskrives. Lichfield opererer også med flere andre inndelinger, men disse har mindre betydning.

Deretter lages en tradisjonell investeringskalkyle for visse interessenter, som grunneier og utbygger. For andre interessenter utformes det mål, hvorefter det bedømmes i hvilken grad ulike alternativer tilfredsstillende disse målene.

Resultatene stilles opp i en omfattende tabell som rangordner de ulike planalternativene separat for hver interessegruppe og for hvert mål interessegruppen måtte ha. I en mindre tabell veies de enkelte mål sammen for hver interessegruppe. Denne sammenveilingen skjer intuitivt. Det foregår ingen totalvurdering av hvilket alternativ som er best. Totalvurderingen overlates dermed til den politiske prosess.

Posisjonsanalyse

Posisjonsanalyse bygger mer på systemteori enn på økonomisk teori (SÖDERBAUM 1975). Det legges stor vekt på tverrvitenskapelig helhetstenkning. Metoden tar sikte på å formulere mål og utrede konsekvenser i flere dimensjoner. Monetære virkninger vil utgjøre en dimensjon, andre dimensjoner kan være f.eks. innspart reisetid, sparte menneskeliv, forurensningsmengde i tonn osv. Posisjonsanalytikere tar avstand fra ethvert forsøk på å omregne alle virkninger av et prosjekt til en monetær enhet.

Beskrivelsen av handlingsalternativenes virkninger er basert på interessegrupper. For hver interessegruppe settes opp en matrise med de ulike alternativer langs den ene aksen og inter-

essegruppens vurdering av vedkommende alternativ langs den andre. I neste omgang trekkes disse matrisene sammen, slik at vi får en preferanseordning mellom alternativene for hver av interessegruppene. I likhet med planbalansen, stanser posisjonsanalysen her. Å veie sammen interessegruppene syn for så å peke ut det beste alternativet, overlates til politikerne.

Vurdering og valg av samfunnsøkonomisk analysemetode

Flere forfattere har forsøkt å sammenlikne ulike vurderingsmetoder for å finne ut hvilken som er best (SÖDERBAUM 1975, LIND 1978, MATTSSON 1979). Slike vurderinger er gjerne skrevet av forfattere som selv har vært med på å utvikle en metode.

De ulike forfattere konkluderer derfor med at deres egen metode er best. Jeg ønsker ikke å bidra til denne debatten, men velger i stedet å betrakte metodene som komplementære. Ingen metoder synes best i ethvert tilfelle, hvilken metode som bør velges er avhengig av hvilken problemstilling man står overfor og hvilke data som kan framskaffes.

I tabell 2 har jeg delt inn de ulike vurderings-

Tabell 2. Klassifisering av samfunnsøkonomiske vurderingsmetoder etter aggregeringsnivå og måling av virkninger i monetære kontra andre enheter.

		Måling av virkninger i monetær enhet eller andre enheter			
		Nytte og kostnader i monetær enhet	Kostnader i monetær enhet, nytte ikke i monetær enhet	Noen, men ikke alle kostnader og nyttevirkinger i monetær enhet	Ingen virkninger regnes om til monetær enhet
Aggregeringsnivå	Virkningene aggregeres til et samfunnsøkonomisk hele	Nytte-kostnadsanalyse	Kostnads-effektivitetsanalyse	Verdianalyse	Måloppfyllesesanalyse
	Virkningene beholdes på interessegruppenivå	Fordelingsanalyse	Fordelingsanalyse	Planbalanse	Posisjonsanalyse

metodene etter to kriterier: For det første i hvilken grad de forskjellige virkninger regnes om til en monetær størrelse. For det andre om virkningene aggregeres til et samfunnsøkonomisk hele eller beholdes disaggregert på interessegruppenivå.

Det jeg i tabellen har kalt fordelingsanalyse, forekommer så vidt jeg vet ikke som selvstendig metode i noen praktisk undersøkelse. Derimot er det vanlig å gjøre en analyse av fordelingsvirkninger som tillegg til en nytte-kostnadsanalyse eller kostnadseffektivitetsanalyse. Ofte vil en fordelingsanalyse i tilknytning til en kostnads-effektivitetsanalyse bare kunne ta opp fordelingen av kostnader. Det vil by på problemer å analysere fordelingen av nytten ved for eksempel at landets militære slagkraft økes eller ved at luften vi puster i blir renere.

Hvis inndelingen i tabell 2 er meningsfylt, er det to hovedspørsmål det må tas stilling til ved metodevalg: For det første om virkningene bør angis på interessegruppenivå eller som en samfunnsøkonomisk helhetsvurdering. For det andre hvorvidt nytte og kostnader kan og bør angis i en monetær enhet.

Den klareste fordelingen ved å aggregere virkninger, er at man kan komme fram til en entydig anbefaling om hvilket tiltak som anses for best. Mest betenkelig er aggregering når interessekonflikten i en sak blir svært store. Da kan det for mange være naturlig å ta standpunkt ut fra hvordan ulike grupper påvirkes heller enn hvorvidt den samfunnsmessige helhetsvirkningen er positiv eller negativ. F.eks. vil mange mene at et tiltak som øker en velståendes inntekt med 1000 kr og samtidig reduserer en mindre velståendes inntekt med 500 kr er forkastelig, selv om den samfunnsøkonomiske nettovirkningen er positiv.

Etter mitt syn er problemstillingen i denne meldingen ikke så sterkt beheftet med interessekonflikter at aggregering av virkninger blir særlig betenkelig. Det er et allment akseptert mål at vassdragene skal holdes rimelig rene. Jeg antar at det også vil være bred enighet om at dette målet bør oppnås på den billigst mulige måte.

Når det gjelder verdsetting av virkninger, sy-

nes det i prinsippet ukomplisert å verdsette kostnadene i kroner. Kostnadene vil f.eks. gjelde investeringene ved et tiltak, avlingstap, arbeidsinnsats og kostnader ved offentlige støt-teordninger. Dette er størrelser som kan regnes i kroner uten store metodiske vansker eller prinsipielle betenkeligheter. En annen sak er at jeg ikke vil klare å verdsette alle kostnader. Blant kostnader jeg ikke har verdsatt i denne undersøkelsen, er mulige negative miljøvirkninger av økt bruk av plantevernmidler og økonomiske virkninger av strukturskader som følge av jord-pakking.

Det stiller seg annerledes med nyttevirkningen. Denne består i renere vassdrag. Siden det ikke finnes noen markedspris på renhet i vassdrag og heller ingen data for å utlede en slik pris, måtte vi i så fall bruke en spørreundersøkelse for å finne fram til folks betalingsvillighet for renere vassdrag. Dette ville reise en del praktiske problemer, hvorav det største er at et slikt spørsmål må knyttes til et bestemt vassdrag hvis vi skal få svar av verdi. (Et eksempel: Hvor mye er du villig til å betale for å få Svarttjern så rent at ørreten kan leve der?) Imidlertid er problemstillingen i dette arbeidet ikke knyttet til et bestemt vassdrag, målet er å komme fram til mest mulig generelle konklusjoner.

I tillegg til praktiske problemer, er det også prinsipielle betenkeligheter ved å bruke betalingsvillighet som mål på nytte. En person med høy inntekt vil kunne oppgi en langt høyere betalingsvillighet enn en person med lav inntekt. Dersom betalingsvillighetsundersøkelser brukes ukritisk til politiske beslutninger, kan det hevdes å gi uheldige utslag ved at de pengesterke får økt innflytelse. Selv om man aksepterer den eksisterende inntektsfordeling, er det langt derfra til å akseptere at de med høy inntekt skal ha større innflytelse enn andre på saker som avgjøres politisk. Blant de som har advart mot å regne landbruksforurensninger om til en monetær størrelse, er HUNT (1974) og ANDERSEN (1982).

Konklusjonen på denne drøftingen er at virkningene bør presenteres i aggregert form, at kostnadene kan regnes i en monetær enhet, men at nytten bør beregnes på en annen måte. Ifølge

tabell 2 betyr dette at kostnadseffektivitetsanalyse er den best egnede vurderingsmetoden for dette prosjektet.

Nærmere spesifisering av målestokken for effektivitet

En kostnadseffektivitetsanalyse kan bygges opp på 3 forskjellige måter, avhengig av hvordan man vil måle nytten:

1. Man setter opp en viss målsetning (f.eks. en maksimalgrense for utslipp av fosfor til et vassdrag). Så undersøker man hvordan målet kan nås til en lavest mulig kostnad.
2. Man bruker en fysisk indikator (f.eks. reduksjon i fosforutslipp i kg) for å måle nytten. Vurderingskriteriet blir kostnadseffektivitetsbrøken (f.eks. kr/gram fosfor).

3. Man etablerer et poengsystem for å måle nytten. Vurderingskriteriet blir fortsatt kostnadseffektivitetsbrøken, i dette tilfellet med benevning kr/poeng.

En poengtabell kan f.eks. se ut som vist i tabell 3. Tallene er ikke gjennomtenkt og bare ment som illustrasjon. Fastsetting av poengtall samt grensene for hvilke deler av året vassdraget er mest følsomt for endringer i forurensningsforholdene, må gjøres i samarbeid med fagfolk med biologisk og kjemisk bakgrunn. Etter tabellen vil f.eks. et tiltak som fjerner 15 tonn lettløselig nitrogen, 0,8 tonn lettløselig fosfor og 50 tonn tungtløselig organisk stoff i den følsomme perioden av året få:

$$15.4 + 0,8 \cdot 80 + 50 \cdot 0,6 = 154 \text{ forurensningspoeng.}$$

Tabell 3. Eksempel på poengtabell for sammenveining av forurensningsvirkninger.

	«Følsom» sesong		Ikke «følsom» sesong	
	Lettløselig	Tungtløselig	Lettløselig	Tungtløselig
1 tonn nitrogen pr. år	4	2	2	1
1 tonn fosfor pr. år	80	40	40	20
1 tonn org. stoff pr. år	1,0	0,6	0,5	0,3

Variant 1 i det foregående er ikke aktuell for dette prosjektet. Etablering av konkrete mål for utslippsreduksjoner må eventuelt gjøres for hvert enkelt vassdrag, avhengig av forurensningssituasjonen i vassdraget. Hensikten med dette arbeidet er å gjøre en generell analyse.

For å velge mellom variant 2 og 3, må vi først ta stilling til eksakt hva vi vil måle. I første rekke må vi vite om vi bare skal ta for oss fosfor eller om vi også skal ta hensyn til andre parametre som nitrogen, organisk stoff eller pH. Skal vi bruke mer enn én parameter, må vi etablere poengsystem.

Selv om fosfor i de fleste tilfeller er minimumsfaktor for algevekst i ferskvann, antas også mengden av nitrogen og organisk stoff å ha en viss betydning. Det er dessuten ikke likegyldig når på året en forurensning inntreffer, en gitt forurensning vil ha størst virkning når

vassdragets vannføring er minst. Disse forhold trekker i retning av å etablere et poengsystem der de forskjellige forurensende stoffer gis poeng avhengig av på hvilken tid av året de tilføres vassdraget, eventuelt også i hvilken kjemisk form de forekommer.

Likevel har jeg valgt å bruke reduksjon av fosforutslipp som effektivitetsmål, av tre grunner:

1. For enkelttiltakene som GEFO har utprøvd i små forsøksfelter, er det tatt permanente prøver bare av overflatevann. I disse tilfellene får vi ikke noe holdbart mål på tapet av nitrogen, da storparten av nitrogenforurensningene kommer via grøftevannet.
2. Ifølge fagfolk på forurensning med teknisk/biologisk bakgrunn, er det meget vanskelig å etablere et velbegrunnet poengsystem. Idéen

om et slikt system betraktes som interessant, men utviklingen av poengsystemet kunne ha vært et forskningsprosjekt i seg selv og ligger derfor utenfor rammene for dette arbeidet.

3. Det er tidligere gjort økonomiske analyser av tiltak mot punktkilder i landbruket og kommunal kloakk. Disse er kostnads-effektivitetsanalyser med reduksjon av fosforutslipp som effektivitetsmål (NYBAKKEN 1983, LANDBRUKSDEPARTEMENTET 1986). Ved å velge samme effektivitetsmål som disse undersøkelsene, kan jeg få tall som er rimelig sammenlignbare med det disse undersøkelsene har kommet fram til for andre forurensningskilder enn arealavrenning. Uttrykt på en annen måte kan vi finne svar på problemstilling C i kapittel 1.2.

Lignende undersøkelser som er gjort tidligere, har kostnadseffektivitetsbrøk i kroner pr. gram totalfosfor (jfr. tabell 1, kap. 1.3.2). Det er mer relevant å studere den fraksjonen av fosforet som er tilgjengelig for algevekst, da denne fraksjonen er ulik for ulike fosforkilder. En undersøkelse utført av NIVA (1988) gjør det mulig å regne tall for totalfosfor om til tall for algetilgjengelig fosfor avhengig av fosforkilde.

Som samfunnsøkonomisk lønnsomhetsmål for dette prosjektet, har jeg valgt å bruke en kostnadseffektivitetsbrøk med benevnningen mill. kr pr. tonn algetilgjengelig fosfor.

Negative kostnader – et spesialtilfelle

Det skal vise seg i kapittel 4 at de samfunnsøkonomiske inntektene i tilknytning til et tiltak i visse tilfeller er større enn de samfunnsøkonomiske kostnadene, selv uten at virkningen på forurensningene er verdsatt. Spørsmålet er om vi fortsatt kan rangere tiltak ved hjelp av kostnadseffektivitetsbrøken.

Vi antar at vi har 3 tiltak med følgende kostnad og effekt:

- Tiltak A: Kostnad = - 2
Effekt = 2
Kostnadseffektivitet = - 1

- Tiltak B: Kostnad = - 4
Effekt = 2
Kostnadseffektivitet = - 2
- Tiltak C: Kostnad = - 2
Effekt = 4
Kostnadseffektivitet = - 0,5

Her har tiltak B samme effekt som tiltak A, men tiltak B gir et større nytteoverskudd enn tiltak A. Tiltak C gir samme nytteoverskudd som tiltak A, men tiltak C har større effekt enn tiltak A. Det er derfor klart at både tiltak B og tiltak C er bedre enn tiltak A. Likevel gir tiltak B et lavere kostnadseffektivitetstall enn tiltak A, mens tiltak C gir et høyere kostnadseffektivitetstall enn tiltak A. Dette eksemplet gjør det klart at kostnadseffektivitetsbrøken ikke kan brukes til å rangere tiltak når kostnaden er negativ, det vil si når inntektene er større enn kostnadene.

Dette problemet har liten praktisk betydning. Hvis det samfunnsøkonomiske resultatet av visse tiltak er positivt, er det ikke nødvendig å rangere disse tiltakene. Tiltakene kan uten videre anbefales, under følgende forutsetninger:

1. At det reduserer forurensningene.
2. At det ikke har negative, ikke-verdsatte virkninger som er så store at de oppveier både den monetære nettoinntekten og reduksjonen i forurensningene.
3. At eventuelle fordelingsproblemer i tilknytning til tiltaket kan løses.

Usikkerhet

Ut fra et teoretisk synspunkt er det omstridt hvorvidt det er riktig å ta hensyn til usikkerhet ved offentlige investeringsprosjekter.⁵⁾ Jeg har valgt å ta hensyn til usikkerheten ved å bruke Monte Carlo-simulering også i den samfunnsøkonomiske analysen av to grunner:

1. Den generelle diskusjonen om risiko i offentlige prosjekter er ikke helt ut relevant i dette prosjektet. Denne diskusjonen forutsetter at risikoen består i at kapitalen vil forrente seg dårlig i et feilslått prosjekt, og at dette tapet enten dekkes opp av at andre prosjekter går godt eller ved at tapet fordeles på så mange (f.eks. alle landets skattebetale-

re) at risikoen for den enkelte blir ubetydelig. Hvis risikoen består i at en vannforekomst kan bli ødelagt ved at feil tiltak settes inn, er det liten hjelp i at andre offentlige investeringsprosjekter går godt. Det er heller ikke sikkert at skadevirkningene i praksis kan fordeles på hele samfunnet.

2. Gjennom det arbeidet jeg har vært med på vedrørende tiltaksanalyse for Mjøsa og Indre Oslofjord, erfarte jeg at offentlige myndigheter er sterkt interesserte i å få klarlagt usikkerhet, og at man ønsker å prioritere sikre tiltak framfor usikre tiltak når de står omtrent likt i kostnadseffektivitet. Man kan tenke seg både rasjonelle og irrasjonelle grunner til en slik holdning. Man kan også tenke seg grunner som er rasjonelle fra en etats synspunkt, men irrasjonelle fra samfunnets synspunkt. En grunn av den sistnevnte typen er at den etat som står bak et mislykket prosjekt lett blir skandalisert, og at dette fører til større risikoaversjon i etaten enn det som er optimalt fra et samfunnsøkonomisk synspunkt. Jeg har ikke gått nærmere inn på motivene bak risikoaversjon hos forurensningsmyndighetene, men nøyer meg med å konstatere at slik risikoaversjon er til stede og at det derfor er ønskelig å få utredet usikkerheten i tilknytning til det enkelte tiltak.

Normalt vil usikkerheten være mindre i den samfunnsøkonomiske delen enn i den foretaksøkonomiske delen. Dette skyldes at tilfeldige variasjoner mellom gårdsbruk ikke er interessant i den samfunnsøkonomiske analysen. I den samfunnsøkonomiske delen er jeg bare interessert i usikkerheten om hvor gjennomsnittet vil ligge, mens den foretaksøkonomiske analysen også må ta hensyn til det enkelte gårds-

bruks avvik fra gjennomsnittet. I mange tilfeller har jeg ikke hatt gode holdepunkter for hvor stor den samfunnsøkonomiske usikkerheten skal være i forhold til den foretaksøkonomiske usikkerheten. Jeg har da valgt å halvere avvikene fra forventningen fra den foretaksøkonomiske analysen når jeg har gjort den samfunnsøkonomiske analysen.

2.2.2 Framgangsmåte ved beregninger

Kostnadseffektivitetsbrøken

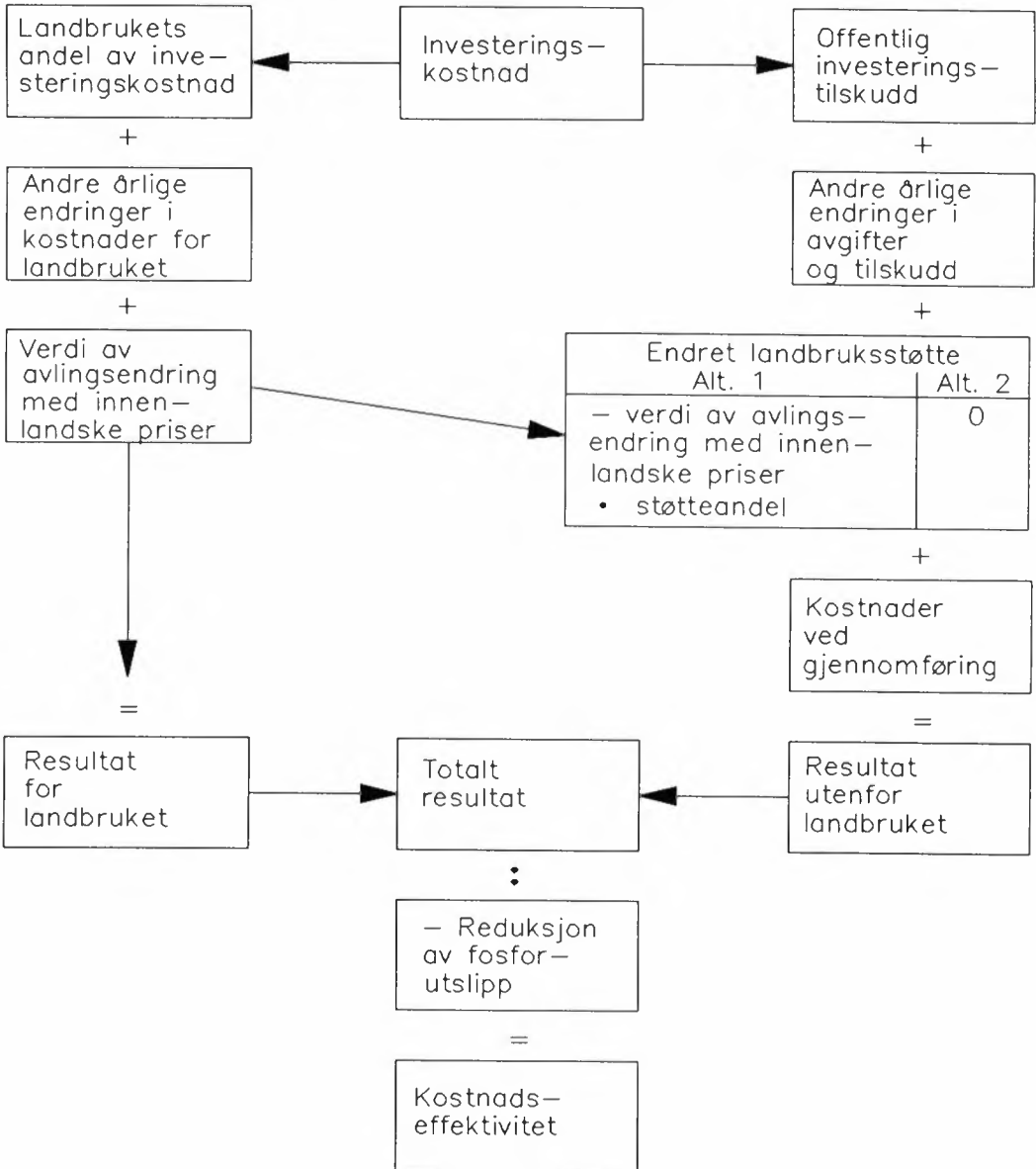
Framgangsmåten for den samfunnsøkonomiske analysen er skissert i figur 5. For å finne samfunnets kostnader ved de ulike tiltak, har jeg skilt mellom virkninger for landbruket og virkninger utenfor landbruket. Virkningene for landbruket utgjøres av de samme elementene som i den foretaksøkonomiske delen. En forskjell er at tallene i den samfunnsøkonomiske analysen vil være totaltall for hele landet under visse forutsetninger om gjennomføring, ikke kostnader pr. daa slik som i den foretaksøkonomiske analysen. En annen forskjell er at mens den foretaksøkonomiske analysen ble gjort med løpende priser og nominell rente for å ta hensyn til skatt og likviditet, er den samfunnsøkonomiske analysen gjort med faste priser og samfunnsøkonomisk realrente.

Det er ulike oppfatninger om hvorvidt det er riktig å bruke innenlandske priser eller verdensmarkedets priser på landbruksprodukter i samfunnsøkonomiske analyser. Analysene er derfor regnet ut for begge disse alternativene. Avlingsøkningen/reduksjonen som er verdsatt med innenlandske priser under «virkninger for landbruket» er redusert ved å trekke fra/legge til endret landbruksstøtte under «virkninger utenfor landbruket». Når endret landbruksstøtte settes lik (- verdi av avlingsendring med innen-

⁵⁾ HAGEN & SANDMO (1983 s. 109-110) refererer ulike teoretikers syn på usikkerhet i offentlige prosjekter. De som er tilhengere av å ta hensyn til risiko, argumenterer med at offentlige prosjekter bør ha risikoaversjon på samme måte som private prosjekter for å unngå ineffektiv allokering av kapital og dermed overinvestering i offentlig sektor. Andre hevder at det offentlige bør operere risikonøytralt, enten fordi det offentlige sprer risikoen på så mange prosjekter at den marginale avkastningen i offentlig sektor kan betraktes som sikker eller fordi risikoen ved et offentlig prosjekt spres på så mange individer at utslaget for den enkelte er neglisjerbart.

VIRKNINGER FOR LANDBRUKET

VIRKNINGER UTENFOR LANDBRUKET



Figur 5. Skisse av framgangsmåte for samfunnsøkonomiske analyser.

landske priser) . støtteandel, får vi en samfunnsøkonomisk verdsetting til verdensmarkeds priser. Når vi setter endret landbruksstøtte

lik 0, blir avlingene verdsatt til innenlandske priser. Størrelsen av støtteandelen er beregnet i kap. 2.3.5, mens jeg har drøftet hvorvidt innen-

landsk eller verdensmarkedets pris er mest relevant i kap. 5.1.

Som det framgår av figur 5, summeres resultat for landbruket og resultat utenfor landbruket til totalt resultat. Det totale resultatet vil være negativt hvis tiltaket gir netto samfunnsøkonomisk kostnad. I så fall divideres totalt resultat med (- reduksjon av algetilgjengelig fosfor) for å komme fram til kostnadseffektivitet. Hvis to-

talt resultat er positivt, stanser beregningen der (jfr. 2.2.1, «Negative kostnader – et spesialtilfelle»).

Usikkerheten er lagt inn i form av sannsynlighetsfordelinger på samme måte som i den foretaksøkonomiske delen.

Framgangsmåten kan beskrives mer eksakt på matematisk form. Jeg bruker følgende symboler:

- C = summen av investeringer
 r = samfunnsøkonomisk realrente (kalkulasjonsrentefot)
 n = investeringsenes levetid
 c = årlige investeringskostnader
 c_L = landbrukets andel av årlige investeringskostnader
 c_U = den del av årlige investeringskostnader som belastes sektorer utenfor landbruket
 k = årlige økte utbetalinger eller reduserte innbetalinger som følge av tiltaket i reelle priser, investeringskostnader unntatt
 k_L = landbrukets andel av årlige økte utbetalinger eller reduserte innbetalinger
 k_U = den del av årlige økte utbetalinger eller reduserte innbetalinger som belastes sektorer utenfor landbruket
 b = årlige økte innbetalinger eller reduserte utbetalinger som følge av tiltaket i reelle priser
 b_L = landbrukets andel av årlige økte innbetalinger eller reduserte utbetalinger
 b_U = den del av årlige økte innbetalinger eller reduserte utbetalinger som tilkommer sektorer utenfor landbruket
 a = årlig totalt resultat av tiltaket
 a_L = årlig resultat av tiltaket for landbruket
 a_U = årlig resultat av tiltaket for sektorer utenfor landbruket
 p = årlig reduksjon i utslipp av algetilgjengelig fosfor som følge av tiltaket
 KE = kostnadseffektivitetsbrøk

Først fordeles investeringene i annuiteter over investeringsenes levetid:

$$c = \frac{C \cdot r (1 + r)^n}{(1 + r)^n - 1}$$

Alle økonomiske virkninger fordeles mellom landbruket og sektorer utenfor landbruket.

$$c = c_L + c_U$$

$$b = b_L + b_U$$

$$k = k_L + k_U$$

Årlig resultat for landbruket og årlig resultat utenfor landbruket regnes ut hver for seg.

$$a_L = b_L - k_L - c_L$$

$$a_U = b_U - k_U - c_U$$

Resultat for landbruket og resultat utenfor landbruket summeres til totalt resultat:

$$a = a_L + a_U$$

Kostnadseffektiviteten regnes ut:

$$KE = -a/p$$

Bruk av virkemidler

Følgende typer virkemidler er vurdert for å få tiltakene gjennomført:

- Lovgivning
- Avgifter
- Subsidiar og tilskott
- Rådgivning

Virkemidler som er omtalt i litteraturen, men som ikke er vurdert her, er omsettbare gjødselrettigheter (HAEN 1982, ANDREASSON 1988a), differensiert betaling for landbruksprodukter etter kvalitet (KUMM 1976), overenskomster etter forhandlinger mellom myndighetene og de som forurenser (KUMM 1979), organisatoriske forandringer og endrede planleggingsmetoder (SØDERBAUM 1982).

Kostnadene ved bruk av virkemidler vil være knyttet til bruk av arbeidskraft i administrasjon og rådgivningstjeneste. Beløp som innkreves i form av avgifter eller utbetales i form av subsidier er bare en omfordeling mellom staten på den ene siden og gårdbrukerne på den andre siden. Slike omfordelinger representerer ikke samfunnsøkonomiske kostnader.

Rådgivning vil være et tilstrekkelig virkemiddel bare i de tilfeller hvor tiltaket er foretaksøkonomisk lønnsomt.

Lovgivning vil i vårt tilfelle sannsynligvis bety forskrifter i medhold av forurensningsloven av 13. mars 1981. Hittil er det utarbeidet fire slike forskrifter mot landbruksforurensninger (jfr. kap. 1.1).

I den mer generelle teorien regnes avgifter for å være det mest økonomisk effektive tiltak (FØRSUND OG STRØM 1980). Det største problemet med bruk av avgifter i jordbruket er at det ikke er praktisk gjennomførbart å måle mengden av forurensende utslipp fra hvert

gårdsbruk. Det mest realistiske er derfor å legge avgift på en eller flere innsatsfaktorer.

Subsidier og tilskott har god tradisjon i norsk landbrukspolitikk. I forbindelse med bekjempelse av forurensninger, benyttes tilskott bl.a. ved utbedring av gjødsellagre.

For de fleste analyserte tiltak, ligger det intuitivt best til rette for ett av virkemidlene. Virkemidler ble diskutert i arbeidsgrupper under arbeidet med tiltaksanalyse for Mjøsa og Indre Oslofjord (jfr. BERGER & JOHNSEN 1988).

Redusert bruk av handelsgjødsel-fosfor er analysert ut fra tilbud om gjødselplanlegging, dvs. rådgivning. Dette er begrunnet med at gjødselplanlegging viser seg å gi god foretaksøkonomisk lønnsomhet, og at sterkere virkemidler dermed ikke er nødvendig. For å oppnå en sterkere reduksjon er avgift på fosfor i handelsgjødsel analysert, fordi redusert gjødselbruk synes å ligge bedre til rette for avgiftsøsning enn for direkte regulering.

For alle andre tiltak er det nærliggende å tenke seg gjennomføring ved forskrift. Subsidier er forutsatt å supplere forskriftene i den grad slike subsidier eksisterer i dag. I praksis gjelder dette tilskott til gjødsellagre for å oppnå at all husdyrgjødsel spres i vekstsesongen.

Fordeling

Analysen, slik den er framstilt i fig. 5, gir en enkel fordeling med landbruket på den ene side og sektorer utenfor landbruket (i praksis staten og matvareforbrukerne) på den andre side. Som fordelingsanalyse er denne imidlertid for enkel, da det ikke er tatt hensyn til endringer i skatter og avgifter som ikke er virkemidler i tilknytning til tiltaket. Imidlertid vil disse tallene for fordeling før skatter og avgifter ha en betydning som en grov målestokk. Tallene vil også si noe om hvor store beløp som må overføres mellom

det offentlige og landbruket for å kompensere landbrukets kostnader, siden inntektskompensasjoner stort sett vil være gjenstand for de samme skatter og avgifter som de inntektene som faller bort.

Virkninger som ikke kommer med i kostnadseffektivitetsbrøken

Kostnadseffektivitetsbrøken ivaretar alle virkninger jeg har vært i stand til å verdsette monetært (dvs. i kroner og øre) samt endringer i utslipp av fosfor. Andre virkninger som kan bli resultat av tiltakene er drøftet i kap. 5.3.

Pakningsskader kan oppstå som resultat av bruk av tunge maskiner under ugunstige værforhold.

For visse jordbruksprodukter kan kvaliteten avhenge av gjødselstyrken. Det er ikke utenkelig at også andre aktuelle tiltak kan ha betydning for produktkvaliteten. Vanligvis vil slike kvalitetsendringer ikke gjenspeiles i prisen gårdbrukeren oppnår.

Tiltak som reduserer fosforutslippet, vil i mange tilfeller også redusere utslippet av nitrogen og organisk stoff. Av to tiltak som står likt med hensyn til kostnads/effektivitetsbrøk og de andre virkningene som er nevnt i dette avsnittet, er det naturlig å foretrekke det tiltaket som mest effektivt reduserer utslippet av nitrogen og organisk stoff.

Redusert jordarbeiding og direktesåing kan føre til økt behov for bruk av pesticider. Ved direktesåing er det vanlig å sprøyte med glyfosat mot kveke (RILEY 1981). Pesticidene kan ha negative miljøvirkninger av en annen art enn de forurensningene dette prosjektet retter seg mot.

Sammenlikning med andre forurensningskilder

Det foreligger noen norske undersøkelser av økonomien ved tiltak mot punktkilder i landbruket, boligkloakk og utslipp fra industri (jfr. 1.3.2). Vurderingene i disse undersøkelsene er gjort på basis av kostnadseffektivitetsbrøker med reduksjon av fosforutslippet som effektivitetsmål.

Kostnadseffektivitetsbrøkene som er funnet i dette prosjektet, er sammenlignet med kostnadseffektivitetsbrøkene i disse andre under-

søkelsene i kap. 5.2.3. En slik sammenlikning er ment å gi beslutningstakere et bedre grunnlag for å vurdere i hvilken rekkefølge tiltak mot forurensninger bør gjennomføres.

2.3 Generelle data

Drøftingen i dette avsnittet gjelder data som er generelle i den forstand at de er uavhengige av hvilket tiltak som drøftes. Hensikten med drøftingen er å tallfeste og begrunne slike data før jeg begynner å beregne virkningene av hvert enkelt tiltak.

2.3.1 Kalkulasjonsrentefot

De samfunnsøkonomiske analysene er utført i reelle priser, dermed er realrenten den riktige renten. FINANSDEPARTEMENTET (1979) anbefaler å bruke faste priser for å beregne samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Derimot har jeg brukt løpende priser og nominell rente i den foretaksøkonomiske analysen for å kunne behandle skatt og likviditet. Begge renteføtter som er omtalt i det følgende, gjelder før skatt.

Foretaksøkonomisk nominell rente

I en del landbruksøkonomiske analyser har det vært skilt mellom rente på egenkapital og lånt kapital. Vanligvis har man regnet med at lånerenten er høyere enn den renten man kan oppnå på egenkapitalen. Som foretaksøkonomisk rente kan man sette et veid gjennomsnitt mellom lånerente og rente på egenkapital, hvor vektene er den andelen av finansieringen som består av henholdsvis lånt kapital og egenkapital.

Lånerenten vil avhenge noe av låneformålet og av hvilken låneinstitusjon som benyttes. For de fleste typer lån i Landbruksbanken er renten 12% p.a. (NILF 1988b s. 109). Av de investeringer som er aktuelle i dette arbeidet, vil bare utvidelse av gjødsellagre delvis kunne finansieres av Landbruksbanken. Mindre investeringer i maskiner finansieres i praksis ofte over driftskreditten, selv om mange fagfolk fraråder en slik framgangsmåte. Ifølge BUDSJETTNEMNDA FOR JORDBRUKET (1988) lå renten i forettings- og sparebanker i 1988 gjennomsnittlig på 13,27 % p.a. på pantelån og 15,23 % p.a. på kassekreditt. Det er sannsynlig at de fleste har

mulighet for å finansiere større investeringer ved pantelån. Ut fra dette er det rimelig å regne med at normal lånerente for de investeringene som er behandlet i denne meldingen er 13 % p.a.

Egenkapitalen bør verdsettes utfra den alternative bruk som gir høyest avkastning. Denne avkastningen må ikke måles i risikopregede markeder (som f.eks. aksjer), heller ikke i markeder hvor det knytter seg andre fordeler enn renten til kapitalplasseringen (f.eks. bankinnskudd som i tillegg til renten gir framtidige lånemuligheter). Et marked som oppfyller disse betingelsene, er obligasjonsmarkedet. Nominell rente på obligasjoner har den siste tiden ligget på 12-14 % p.a.

Til det sistnevnte resonnementet kan innvendes at gårdbrukere langt oftere investerer ledig kapital i gårdsdrift enn i obligasjoner, og at obligasjonsrenten derfor ikke er det mest relevante rentenivået. Imidlertid har gårdbrukerne muligheten til å investere ledig kapital i obligasjoner. Hvis brukeren ser seg bedre tjent med å investere i gårdsdriften, må vi regne med at han har rasjonelle grunner til dette. Dessuten er det vanskelig å finne forrentningen av kapital i jordbruket. I mange tilfeller vil en finne at driftsresultatet ikke kan gi både full forrentning av egenkapitalen og full godtgjørelse til brukers arbeidsinnsats. Imidlertid er det et åpent spørsmål om man vil betrakte kapitalen, arbeidskraften eller begge som «underbetalte».

Ut fra dette har jeg valgt 13% p.a. som foretaksøkonomisk nominell rente, uavhengig av om det benyttes egenkapital eller lånt kapital. I praksis har jeg valgt å forutsette at hele investeringen finansieres ved lån. Siden framtidig rente er en usikker størrelse, har jeg forutsatt et standardavvik på 2 % p.a. i simuleringene.

Samfunnsøkonomisk realrente

Den samfunnsøkonomiske renten gir uttrykk for samfunnets vurdering av hvor stor framtidig forbruksøkning man vil forlange for å akseptere en enhet redusert forbruk i dag (MATTSSON 1979, s. 120). Dette kan betraktes som et verdispørsmål mer enn et teknisk beregningsspør-

mål, og krever derfor en politisk prioritering mellom nåtidig og framtidig forbruk (UNIDO 1972).

FINANSDEPARTEMENTET (1979 s. 50) har gitt følgende anbefaling om valg av kalkulasjonsrente:

«— Størrelsen på kalkulasjonsrenten settes til 7 % p.a. I den grad det er hensiktsmessig utføres alternative kalkyler med en lavere og en høyere kalkulasjonsrente, f.eks. med 5 og 9 %. Hvis analysens konklusjoner endres vesentlig som følge av endret kalkulasjonsrente, bør det gjøres spesielt oppmerksom på dette.»

Finansdepartementets anbefaling om en realrente på 7 % p.a. som kalkulasjonsrente er fulgt i dette arbeidet. Kalkulasjonsrenten må betraktes som usikker, derfor har jeg forutsatt et standardavvik på 1 % p.a. i simuleringene.

2.3.2 Verdien av arbeidsinnsats

Brukerens arbeidsinnsats

Det meste av arbeidet på en vanlig norsk gård utføres av brukeren og brukers familie. Verdien av denne arbeidskraften er vanskeligere å verdsette enn lønnet arbeidskraft. For lønnet arbeidskraft er det naturlig å bruke bruttolønnen som utgangspunkt for både foretaksøkonomiske og samfunnsøkonomiske analyser. Gårdbrukers arbeidskraft omsettes derimot ikke i noe marked, derfor er det ingen enkel måte å finne fram til den eksakte verdien på. Hovedregelen er imidlertid at arbeidskraften skal verdsettes etter hva den er verd i beste alternative anvendelse.

Jeg går ut fra at de endringer i arbeidsbelastningen som skyldes tiltak mot landbruksforurensninger, er marginale endringer. Det er derfor den marginale verdien av egen arbeidskraft som skal verdsettes.

Verdien av arbeidskraften er avhengig av hvorvidt arbeidet faller i en periode hvor arbeidsbelastningen på brukeren allerede er stor. I praksis vil det bety i våronna. Ved hjelp av en lineær programmeringsmodell kan man finne en skyggepris på arbeid i forskjellige årstider. Disse skyggeprisene vil strengt talt bare gjelde det bruket som er modellert. Å finne en gårdsmo-

dell eller et fåtall modeller som er representativ for norsk jordbruk, synes å være en håpløs oppgave.

Hvis arbeidsmengden endres, er det tre muligheter for hvordan brukeren tilpasser seg endringen:

1. Omfanget av fritid endres.
2. Omfanget av arbeid utenom bruket endres.
3. Omfanget av annet arbeid på bruket endres.

MATTSSON (1979) omtaler ulike undersøkelser om verdsetting av fritid. De fleste slike undersøkelser gir en verdi på 30-50 % av bruttolønn. Imidlertid gjelder nesten alle slike undersøkelser reisetid i forbindelse med trafikkplaner. Det kan hevdes at slike undersøkelser gir for lav verdsetting av fritid for vårt formål. Det typiske mønster ved en trafikkomlegging er f.eks. at en arbeidstaker daglig sparer 10 minutter i arbeidsreise. Med 230 arbeidsdager pr. år gir dette 2300 minutter eller 38 timer, dvs. omtrent en arbeidsuke pr. år. Det er tvilsomt om man er i stand til å få like mye ut av 5 minutter hver morgen og ettermiddag alle arbeidsdager, som man ville fått ut av en ekstra friuke i året. Poenget er at i dette prosjektet har vi i de fleste tilfeller å gjøre med endringer i arbeidsbelastningen som er konsentrert i tid. Det er sannsynlig at disse har en høyere verdi enn endringer som er spredd i tid.

Arbeid utenom bruket kan verdsettes ved hjelp av lønnsatsen for vedkommende arbeid. Imidlertid er det neppe ofte at en marginal endring i arbeidsbelastningen på bruket fører til at arbeidsinnsatsen utenom bruket endres.

Annet arbeid på bruket kan være vedlikehold, nyanlegg, restaurering av bygninger m.v. I visse tilfeller er dette arbeid som ellers ville ha blitt satt bort til andre. Da må arbeidskraften verdsettes til det gårdbrukeren ellers måtte ha betalt for å få arbeidet gjort. I andre tilfeller ville arbeidet ellers ha blitt stående ugjort. Da er det naturlig å velge en lavere pris, men vanskelig å finne den riktige prisen.

Beregnet arbeidsfortjeneste i jordbruket er sterkt påvirket av kapitalinnsats, rentefot ved beregning av rentekrav og antall arbeidstimer.

Likevel kan det være et rimelig kompromiss å velge gjennomsnittsverdien for familiens arbeidsfortjeneste pr. time som verdien av arbeidskraft. Ifølge NILF (1988a s. 95) var denne i 1987 39,70 kr som avrundes til 40 kr. Dette er så mye lavere enn det allmennelige lønnsnivået i samfunnet at jeg vurderer det som lite sannsynlig at gårdbrukere er villige til å utføre ekstraarbeid til en lavere pris. Jeg har derfor brukt 40 kr som laveste anslag for verdien av arbeidskraft.

Det er rimelig å regne et høyeste anslag lik kostnader for leid hjelp. Dette tilsvarer at alternativet er å gjøre arbeid som brukeren ellers ville ha leid hjelp til. Bruttolønn for gårdsarbeidere med 4 års praksis er 59,90 kr/t (NILF 1988b s. 86). I tillegg kommer 10,2 % feriegodtgjøring og 17,3 % arbeidsgiveravgift forutsatt at bruket ligger i sone 1 for arbeidsgiveravgift. Kostnaden for brukeren blir dermed 77 kr/time.

Jeg har lite grunnlag for å beregne noen mest sannsynlig verdi, og velger derfor en rektangulær sannsynlighetsfunksjon med 40 kr og 77 kr som ytterpunkter.

I de travleste tidene må en regne med at de fleste gårdbrukere allerede arbeider maksimalt av hva de kan klare. Det vil si at eventuelt ekstra arbeid må dekkes enten ved å leie arbeidskraft og ekstra traktor og redskap eller ved å forlenge onna. Dette behovet for ekstra redskap og personell vil oppstå i de få dagene av året hvor maskinkapasiteten i jordbruket allerede er fullt utnyttet. For at brukeren skal ha nytte av å leie traktorfører med traktor og redskap, er det nødvendig at disse ekstra ressursene kan settes inn nøyaktig til rett tid. Vi forutsetter dessuten tiltak som gjelder alle eller de fleste brukerne i distriktet, slik at alle vil ha bruk for leiearbeid samtidig. Det virker lite sannsynlig at en stor andel av disse brukerne kan få sitt ønske om ekstra kapasitet oppfylt. I analysene har jeg derfor forutsatt at ekstra arbeid i våronna fører til forsinket såing og derav følgende avlingstap. Ut fra denne forutsetningen er det ikke nødvendig å regne særskilt høy pris på arbeidskraften i våronna.

Jeg har ikke funnet tungtveiende grunner for å skille mellom samfunnsøkonomisk og foretaksøkonomisk verdi av arbeidskraften.

Arbeidsinnsats i offentlig sektor

De fleste tiltak krever offentlig innsats i form av rådgivning overfor gårdbrukere eller kontroll med overholdelse av forskrifter. Det forutsettes at denne virksomheten utføres av akademikere uten spesiell høy kompetanse eller ledende funksjoner. Jeg har valgt å bruke SEFO's time-sats for den lavest lønnte forskerkategorien (forsker, kode 0070) som verdi på arbeidsinnsats i offentlig sektor, og forutsetter at denne dekker alle kostnader i tilknytning til arbeidet. Denne satsen er på 350 kr/time (SEFO 1987 s. 4).⁶⁾

2.3.3 Verdien av dyrkingsjord

Flere av tiltakene mot landbruksforurensninger vil også ha betydelig virkning som tiltak mot tap av dyrkingsjord fordi de forebygger erosjon. Dyrkingsjorden som går tapt må forutsettes å ha en verdi, både for samfunnet og for den enkelte gårdbruker.

Jord har en markedspris som hagejord, planeringsjord, jord til parkanlegg m.v. Imidlertid er dette ikke noe relevant marked for den jorda som ligger på åkeren. Det er ikke vanlig at en gårdbruker kjøper jord for å supplere det som forsvinner ved erosjon. Heller ikke er det vanlig at gårdbrukere fjerner jord fra åkeren for å selge.

LÅG (1983, s. 78-83) har drøftet muligheten for å øke dyrkingsarealene ved påfylling av naturlig jordmasse over bart berg. Det er gjort en beregning hvor kostnaden ved slik påfylling kommer opp i vel 32 000 kr/daa. Dette er langt høyere enn det man vanligvis regner som verdien av dyrkingsjord. Det synes derfor realistisk å gå ut fra at arealer hvor all dyrkingsjord er erodert vekk vil være tapt som dyrkingsarealer for all overskuelig framtid.

Man kan tenke seg å avskrive et jordbruksområde etter hvert som jorda eroderes vekk. Som et eksempel kan man sette jorddybden lik 1 meter og forutsette at det eroderes bort 1 mm

pr. år. Videre kan man gå ut fra at jorda går ut av produksjon hvis jorddybden kommer under 30 cm. Dette gir en avskrivningstid på: $(1000 \text{ mm} - 300 \text{ mm}) : 1 \text{ mm/år} = 700 \text{ år}$.

Hvis salgsværdien av jorda er 2000 kr/daa, blir avskrivningen: $2000 \text{ kr/daa} : 700 \text{ år} = 2,86 \text{ kr/daa} \cdot \text{år}$.

Det vesentligste argumentet mot en slik framgangsmåte er at når erosjonen får alvorlig praktisk virkning først om 700 år, er det mer naturlig å betrakte skaden som et engangstap som inntreffer om 700 år enn å avskrive jorda i årlige terminer. Med en kalkulasjonsrente på 7 % p.a., blir virkningen dermed neglisjerbar i økonomisk forstand, selv om dette hensynet kan være viktig ut fra et økologisk synspunkt.

Det er tvilsomt om risikoen for at erosjonen skal ta bort all jord på arealet er den mest nærliggende faren ved erosjon. Jorddybden for dyrka jord i Norge er generelt god. Derimot omfatter matjordlaget bare de øverste 20-25 cm. Erosjonen vil derfor medføre at stadig mer av undergrunnsjorda pløyes opp i matjordlaget. Dette vil på sikt svekke jordas produksjonsevne. Imidlertid er det meget vanskelig å kvantifisere denne virkningen i form av tapt avling.

Ut fra det datagrunnlaget som eksisterer eller som med rimelighet kan framskaffes innenfor rammen av prosjektet, har jeg ikke funnet det forsvarlig å verdsette tapet av dyrkingsjord.

2.3.4 Levetid og utraneringsverdi for investeringer

Maskiner og redskaper

Valg av levetid for maskiner og redskaper i jordbruket varierer en del mellom ulike undersøkelser. Det varierer også hvorvidt man betrakter redskapet som fullt nedskrevet etter levetiden, eller om man regner en utraneringsverdi. I NILF's driftsgranskninger regner man 10 år og ingen utraneringsverdi. NILF utarbeider også en detaljert mekaniseringsmodell for

⁶⁾ Prisen på arbeid i offentlig sektor kan virke urimelig høy sammenlignet med verdsettingen av brukerens arbeidsinnsats. Dette skyldes ikke bare at det er forutsatt akademisk arbeidskraft til de aktuelle offentlige oppgavene. Vel så viktig er det at den offentlige timeprisen skal dekke langt mer enn innsatsen til den som utfører arbeidet. Dette gjelder kostnader til administrasjon, leie av lokaler, kontorhjelpe m.m.

Budsjettnemnda for jordbruket. Her ligger den gjennomsnittlige levetiden for de ulike redskapstypene på 13-14 år. Det regnes ingen utrangeringsverdi.

JERVEN & RINGØY (1985) regner med fornyelse av maskinparken hvert 15. år og utrangeringsverdi på 20 % av innkjøpsprisen. HE-GRENES (1985) har i sitt basisalternativ for utskiftingskalkyler for traktor kommet fram til en økonomisk levetid på 14 år og en utrangeringsverdi på ca. 14 % av verdien av den nye traktoren. Utrangeringsverdien indikerer at traktorene fortsatt blir brukt ut over de 14 årene i analysen til Hegrenes.

I dette prosjektet vil investeringene gjelde andre redskaper enn traktorer. Det vil derfor sannsynligvis være feil å benytte kalkyler for traktorer. Jeg har valgt å basere beregningene på en avskrivningstid på 10 år. Utrangeringsverdien er satt lik 0.

Bygninger

I NILF's driftsgranskninger er levetiden for bygninger satt til 30 år. JERVEN OG RINGØY (1985) har regnet med 45 år som hovedalternativ og gjort alternative beregninger med 30 år. I nevnte undersøkelse er det regnet med en utrangeringsverdi på 10 % av nyverdien.

I dette prosjektet er gjødsellagre de eneste aktuelle bygningsmessige investeringer. Det virker ikke rimelig å regne med noen utrangeringsverdi for slike investeringer. Et husdyrrom kan f.eks. benyttes til lager når det ikke lenger er aktuelt å bruke det til husdyr, noe som i så fall vil motivere en betydelig utrangeringsverdi. Tilsvarende bruk av et gjødsellager er neppe aktuelt.

Det er også gode grunner til ikke å regne særlig lang levetid. I de fleste tilfeller vil investeringer i gjødsellager foregå i tilknytning til allerede eksisterende bygninger. I så fall er det ikke rimelig å regne med at levetiden på investeringen i gjødsellager skal være lengre enn den gjenstående levetiden for hele driftsbygningen.

Ut fra dette resonnetet har jeg satt levetiden for bygningsmessige investeringer i dette prosjektet til 20 år.

2.3.5 Priser

Foretaksøkonomisk produktpris

Visse tiltak vil medføre endret avling. I den foretaksøkonomiske analysen er salgsavlinger verdsatt etter den prisen brukeren normalt vil oppnå. Tallene er hentet fra NILF (1988 b). Fôravlinger er regnet om til fôrenheter ved å bruke de omregningsfaktorene som er gitt i NILF (op. cit). For verdsetting av fôrenhetene har jeg brukt samme prinsipp som i NILF's driftsgranskninger, hvor gras til surfôr og høy verdsettes til 80% av basisprisen på bygg.

Samfunnsøkonomisk produktpris

Den samfunnsøkonomiske verdien av landbruksprodukter reiser vanskeligere prinsipielle spørsmål enn den foretaksøkonomiske. Prisen på norske landbruksprodukter ligger langt høyere enn verdensmarkedets priser i de fleste tilfeller. Siden Norge har muligheten til å importere landbruksprodukter, kan man reise spørsmålet om hvorvidt en endring av produktmengdene bør verdsettes til verdensmarkedets priser.

På den annen side kan det hevdes at de relativt høye produsentprisene i Norge er uttrykk for en betalingsvilje for norsk jordbruksproduksjon. I tillegg til verdien av selve produktet, gjenspeiler prisene en politisk bestemt betalingsvilje for at landbruket oppfyller visse mål (bl.a. sysselsetting, distriktpolitikk og matvareberedskap ved eventuelle krisesituasjoner). Dette trekker i retning av å bruke innenlandske markedspriser også i den samfunnsøkonomiske analysen.

Et annet spørsmål oppstår ved overproduksjon. Overproduksjon av landbruksvarer er politisk sett uønsket, og må eksporteres til verdensmarkedets priser. For korn har vi ennå ikke hatt overproduksjon i Norge, med unntak av havre enkelte år. Til tider har det vært overskudd av husdyrprodukter de siste årene. Det kan derfor hevdes at en marginal endring av husdyrproduksjonen i perioder med overproduksjon bare bør verdsettes med verdensmarkedets pris, og at verdien av fôrproduksjonen dermed bør reduseres tilsvarende. Imidlertid er det tvilsomt om en marginal endring i fôrproduksjon vil føre til endret husdyrproduksjon. Det er

mer sannsynlig at gårdbrukerne tilpasser mengden av innkjøpt kraftfôr slik at produksjonen holdes konstant.

Ut fra disse vurderingene har jeg gjort utregninger både med innenlandske og verdensmarkedets priser. Jeg har tatt standpunkt til hvilket verdsettingsprinsipp som er mest relevant i kapittel 5.1.

Bygg er den viktigste åkerveksten i Norge, derfor har jeg forutsatt at byggprisen er representativ for produksjonen av åkervekster for salg. Når det gjelder endringer i avlingen av fôrvekster, kan disse kompenseres ved endret mengde kraftfôr. Kraftfôret verdsettes etter antall føreheter, hvor 1 førehet tilsvarer 1 kg bygg. Som en grov tilnærming er det derfor naturlig å bruke støtteandelen på bygg som støtteandel for all planteproduksjon som berøres av tiltakene.

Importprisen på bygg har i årene 1983-1987 stort sett svingt mellom 40 øre og 120 øre pr. kg, inkludert frakt (STATENS KORNFORRETNING 1984 s. 57, 1985 s. 56, 1986 s. 55, 1987 s. 56, 1988 s. 57). Jeg har regnet 0,80 kr pr. kg som normal verdensmarkedspris på bygg. Med en innenlandsk pris for bygg på 2,58 kr (NILF 1988b s. 74) gir dette en støtteandel på $(2,58-0,80)/2,58 = 0,69$ eller ca. 70 % av innenlandsk pris.

Prisnivå og prisstigning

Når ikke annet er oppgitt, har jeg brukt prisen i 1988 på alle produkter og innsatsfaktorer.

I den foretaksøkonomiske delen må jeg ha et anslag for prisstigningen. Gjennomsnittlig prisstigning de siste 10 årene har vært 8,5 % (STATISTISK SENTRALBYRÅ 1988b s. 181). Det er mitt inntrykk at det ikke forventes så høy prisstigning i framtiden. Jeg velger derfor å anslå prisstigningen til 6 % med standardavvik 1 %.

2.3.6 Fosforavrenning fra landbruksarealer

Ut fra typiske verdier ved ulike målinger, er avrenningen av totalfosfor uten tiltak anslått til 100 gram/daa for åker og hageareal og 50 gram/daa for eng og annet jordbruksareal. Reduksjonen av fosforutslipp ved ulike tiltak er hovedsakelig bygd på GEFO's resultater fra Handlingsplanen mot landbruksforurensninger. For visse tiltak er andre prosjekter ved GEFO og egne resonnementer trukket inn. Dette er gjort rede for under omtalen av det enkelte tiltak i kapittel 4.⁷⁾

Omregning fra totalfosfor til algetilgjengelig fosfor er basert på NIVA (1988) som har kommet fram til 35 % algetilgjengelighet for fosfor i erosjonsmateriale og 50 % for fosfor fra husdyrgjødsel. Den dominerende delen av fosfor fra åker skyldes erosjon, mens avrenningen av fosfor fra eng domineres av husdyrgjødsel. Jeg finner det derfor rimelig å bruke 35 % algetilgjengelighet av fosfor fra åker og hage og 50 % algetilgjengelighet av fosfor fra eng og annet jordbruksareal. Dette gir et anslag på 35 gram/daa algetilgjengelig fosfor fra åker og hage og 25 gram/daa fra eng og annet jordbruksareal.

STATISTISK SENTRALBYRÅ (1988a s. 26) oppgir 9,55 mill. daa jordbruksareal, hvorav 4,29 mill. daa åker og hagearealer. Ut fra dette kan avrenningen av algetilgjengelig fosfor fra åker og hagearealer anslås til $35 \text{ gram/daa} \times 4,29 \text{ mill. daa} = 150 \text{ tonn}$. Tilsvarende avrenning fra eng og andre arealer kan anslås til $25 \text{ gram/daa} \times 5,26 \text{ mill. daa} = 132 \text{ tonn}$. Dette gir en sum på 282 tonn, som bare må betraktes som et grovt anslag for fosforavrenning pr. år fra norske jordbruksarealer.

2.4 Data for det enkelte tiltak

Arbeidsmåte og arbeidsmengde med å skaffe data for det enkelte tiltak har variert betydelig

⁷⁾ Anslagene for avrenning i utgangssituasjonen og virkningen av tiltakene pr. daa ble i hovedsak fastsatt på et møte med prosjektledelsen for GEFO's arbeid med Handlingsplan mot landbruksforurensninger 28.3.89. Resultatene som disse anslagene bygger på vil bli utførlig omtalt i GEFO's sluttrapport fra prosjektet. Jeg har derfor ikke lagt vekt på å dokumentere disse anslagene i det foreliggende arbeidet.

fra tiltak til tiltak. Den viktigste grunnen til dette er at for visse tiltak er det allerede gjort betydelige undersøkelser som belyser konsekvenser av tiltakene. I disse tilfellene er analysene basert på data fra tidligere undersøkelser. I andre tilfeller foreligger det ikke relevante data fra andre kilder. Her har det vært nødvendig å gjøre egne undersøkelser for å skaffe data til analysene.

Et annet moment er at visse tiltak griper langt dypere inn i gårdsdrifta og gårdens økonomiske disposisjoner enn andre tiltak. Man skulle kanskje tro at de tiltakene som har størst konsekvenser også vil være vanskeligst å komme «til bunns» i. Erfaringene fra dette prosjektet går snarere i motsatt retning: Når et tiltak har små økonomiske konsekvenser, blir problemene med å måle disse konsekvensene desto større.

De data som er drøftet i dette avsnittet, er alle økonomiske data. Data for virkning på fosforutslippet kommer hovedsakelig fra GEFO's forskning i forbindelse med «Handlingsplan mot landbruksforurensning» (jfr. 2.3.6).

Data fra andre undersøkelser

Som det vil gå fram av kapittel 3 og 4, er det brukt en god del data fra litteratur i analysene av samtlige tiltak. For noen tiltak var eksisterende data så dekkende at det ikke var nødvendig å sette i gang en egen registrering i forbindelse med dette prosjektet, eller det ble ikke ansett som gjennomførbart å framskaffe nye data innenfor rammen av prosjektet. Hvilke datakilder som er brukt vil ellers gå fram av analysen av det enkelte tiltak.

Økonomiforsøk

Økonomiforsøk er en registreringsmåte som har pågått gjennom lengre tid i NILF. Økonomien ved en spesiell produksjon, metode eller liknende registreres gjennom et kalenderår eller en sesong på et antall bruk ved hjelp av et forholdsvis omfattende registrerings skjema. Økonomiforsøkene formidles gjennom forsøks- og driftsplanringene.

For at et tiltak skal egne seg for økonomifor-

søk, må det gripe såpass dypt inn i gårdsdrifta at man kan vente å se betydelige resultater i løpet av et år på forhold som driftskostnader og arbeidsforbruk. Av de aktuelle tiltakene, ble tre tiltak vurdert til å egne seg for økonomiforsøk. Dette gjaldt plogfri jordarbeiding, direktesåing og varmebehandling av husdyrgjødsel. Plogfri jordarbeiding og direktesåing ble vurdert som så nær beslektet at de kunne gå inn på et felles skjema.

Tilslutningen til forsøket på varmebehandling var relativt god. På et senere tidspunkt, falt imidlertid dette tiltaket ut (jfr. kap. 1.4.2). For plogfri jordarbeiding og direktesåing var det derimot så få påmeldte at datagrunnlaget fra økonomiforsøkene ble vurdert som utilstrekkelig. På bakgrunn av dette har det ikke vært mulig å benytte data fra økonomiforsøk i det foreliggende arbeidet.

Spørreundersøkelse

For de tiltak hvor det ikke forelå tilstrekkelig data fra andre undersøkelser, er det gjennomført spørreundersøkelser. I utgangspunktet ble dette vurdert til å gjelde pløying på tvers av fallet, grasdekte vannveier og vårpløying. Imidlertid viste det seg umulig å finne tilstrekkelig mange brukere som praktiserte grasdekte vannveier. På den annen side var påmeldingen til økonomiforsøket om plogfri jordarbeiding og direktesåing så liten at man fant det riktig å gjennomføre spørreundersøkelse også for disse tiltakene. Spørreundersøkelsen kom derfor til å omfatte følgende tiltak:

- Pløying på tvers av fallretningen
- Vårpløying
- Plogfri jordarbeiding
- Direktesåing

Brukere som praktiserte de ulike tiltakene ble funnet ved å ringe rundt til landbrukskontorer og ringledere i de områder av landet hvor det er store arealer av åpen åker. Spørreskjemaene ble utfylt ved personlig besøk av intervjuer. I alt 62 gårdbrukere som praktiserer et av de nevnte tiltakene er intervjuet.



3 Foretaksøkonomiske analyser

3.1 Redusert bruk av handelsgjødsel-fosfor

Når man skal drøfte tiltak for å redusere utslippet av fosfor fra jordbruksarealene, kan det være naturlig å begynne med mulighetene for å redusere tilførselen, altså gjødslinga. Redusert bruk av handelsgjødsel kan foregå på to ulike nivåer. Det svakeste nivået går ut på å fjerne gjødsling som går ut over det som er foretaksøkonomisk optimalt, heretter kalt overoptimal gjødsling. Det sterkeste nivået går ut på en videre reduksjon av gjødslinga, med de konsekvenser dette vil få for avlingsnivå og økonomisk utbytte. Disse to strategiene vil her bli behandlet hver for seg.

3.1.1 Gjødselplanlegging

Hensikten med gjødselplanlegging, er å tilpasse gjødslingen til plantenes behov. I praksis vil dette hovedsakelig gå ut på å fjerne overoptimal gjødsling. Ut fra innholdet i begrepet «overoptimal», skulle man umiddelbart tro det var selvinnløst at det vil være foretaksøkonomisk lønnsomt å forhindre overoptimal gjødsling. Imidlertid er det kostnader forbundet med å fastslå hvilken gjødsling som er optimal. Man kan derfor tenke seg muligheten av at disse kostnadene er større enn kostnadene i form av overflødig innkjøpt handelsgjødsel ved overoptimal gjødsling. Dessuten er det ikke gitt at man nødvendigvis treffer optimalpunktet selv med en gjødselplan. En undersøkelse av FORBORD (1989) viser til dels betydelige forskjeller

mellom gjødselplaner for samme areal utarbeidet med ulike gjødselplanprogrammer.

Ved fjerning av overoptimal gjødsling, er det forutsatt at de foretaksøkonomiske virkningene er redusert innkjøp av handelsgjødsel, analyser av jordprøver og eventuell endring i avlingsstørrelsen. Jordprøvetaking og utarbeidelse av plan forutsettes å bli utført vederlagsfritt av landbrukskontoret, slik ordningen stort sett fungerer i dag i de distrikter hvor gjødselplanlegging er vanlig.

Beregningene for gjødselplanlegging er basert på erfaringer fra Hedmark forsøksring, som er den institusjonen i landet som har arbeidet lengst med EDB-baserte gjødselplaner. Ifølge forsøksringen, fornyes gjødselplanene i gjennomsnitt hvert 6. år. Tiltaket behandles derfor som en investering med levetid 6 år, men hvor hele investeringen utgiftsføres direkte i skattekontoen.

Innsparingen av handelsgjødsel ligger ifølge erfaringene til Hedmark forsøksring i størrelsesorden 15 kr/daa for planteproduksjonsbruk. På husdyrbruk er innsparingen større. Det finnes eksempler opp til 75 kr/daa, men dette tilhører sjeldenhetene. I modellen har jeg forutsatt en triangulær fordeling og satt mest sannsynlige verdi for spart handelsgjødsel til 15 kr for planteproduksjonsbruk og 30 kr for husdyrbruk. Laveste verdi er 0 i begge tilfellene. Som øverste verdi har jeg forutsatt 30 kr for planteproduksjonsbruk og 75 kr for husdyrbruk.

Forventet endring i avlingsnivået er forutsatt

lik 0. Denne forutsetningen kan være tvilsom fra et teoretisk synspunkt,⁸⁾ men synes å stemme godt overens med praktikerens oppfatning. Det er sannsynlig at avlingens størrelse vil bli en annen med plan enn uten plan, men vi har ikke datagrunnlag for å si noe om retningen av en slik endring. Jeg forutsetter her at standardavviket for avlingsendringen er 10 kr.⁹⁾

Kostnaden ved analyse av jordprøver er satt til 5 kr/daa.¹⁰⁾ Siden jeg har forutsatt at gjødselplanen skal fornyes hvert 6. år, vil denne kostnaden gjelde bare første året i en 6-årig modell.

Elementene som inngår i kalkylen er framstilt i figur 6. Resultatet av simulering ut fra disse forutsetningene er oppsummert i tabell 4.

Ut fra forutsetningene er det klart at gjødselplanlegging gir et positivt økonomisk resultat for de fleste gårdbrukere. Tabell 4 viser imid-

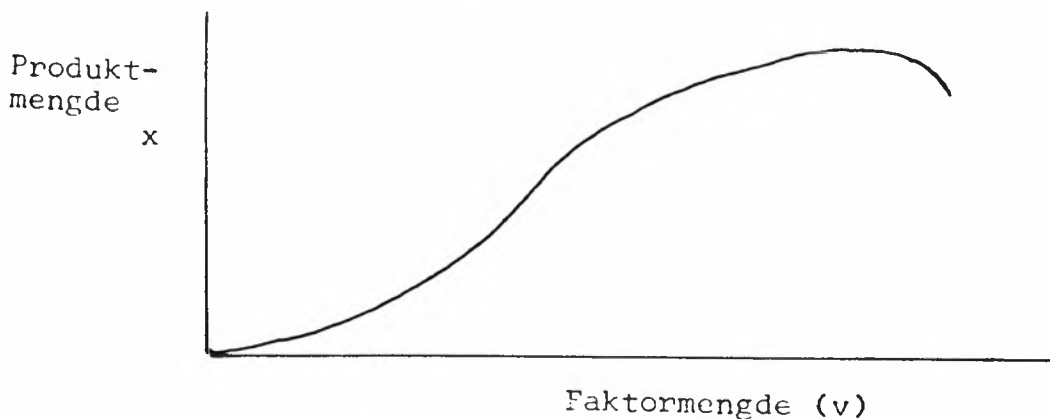
lertid også at noen vil være uheldige og komme ut med tap. Siden tapet for disse skyldes en avlingsnedgang som er for liten til å kunne registreres, vil disse brukerne aldri få vite at de har tapt på å innføre gjødselplanlegging. Forutsetningene i modellen er usikre. Vi kan derfor ikke si noe mer bestemt om hvor mange som vil komme ut med tap enn at det vil være noen, men at disse vil være i klart mindretall.

Forskjellen mellom første år og følgende år er liten. Alle alternativer kommer ut med positiv netto forventet betalingsstrøm for alle år i analysen.

3.1.2 Avgift på fosfor i handelsgjødsel

Det er vanskelig å beregne virkningene av en fosforavgift fordi datamaterialet over sammenhengen mellom fosforgjødsling og avling er

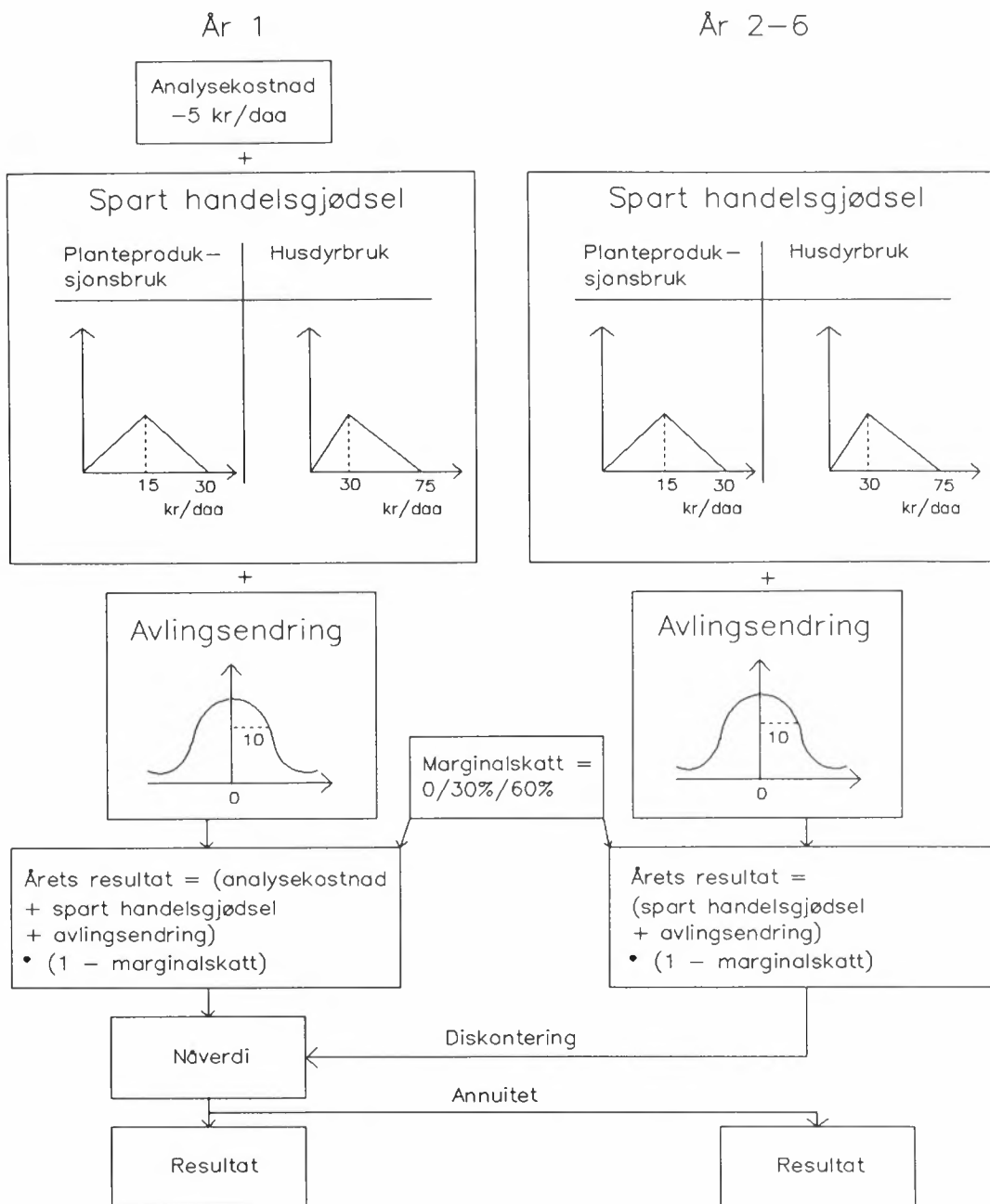
⁸⁾ Prinsipielt vil forholdet mellom gjødsling og avling være som vist i figuren nedenfor. Ved en liten overdosering vil avlingen øke, men ikke nok til å forsvare kostnaden ved økt gjødselbruk. Ved sterk overdosering oppstår forgiftning, og avlingen kan bli lavere enn ved optimal gjødsling. I praksis er imidlertid denne kurven så «flat» nær optimalpunktet at jeg har valgt å forutsette samme forventet avling med og uten gjødselplan.



Figur. Prinsippskisse av forholdet mellom gjødselmengde (faktormengde) og avling (produktmengde) ifølge LANGVATN (1973 s. 19).

⁹⁾ Utgangspunktet for denne forutsetningen er en avlingsendring på 1 %. Det tilsvarer f.eks. 3,71 kg bygg (NILF 1988b s. 9) til en pris på 2,58 kr (NILF op. cit. s. 74). Det vil ikke være mulig for gårdbrukeren å registrere avlingsendringer av en slik størrelsesorden, fordi variasjonen mellom år er langt større.

¹⁰⁾ Det er forutsatt at det tas standardanalyse av alle prøver samt analyse av mikronæringsstoffer for hver 10. prøve. Dette gir en gjennomsnittlig pris på 50 kr pr. prøve. Det tas en prøve for hver tiende daa, slik at prisen pr. daa blir omtrent 5 kr.



Figur 6. Skisse av elementer som inngår i foretaksøkonomisk analyse av gjødselplanlegging.¹¹⁾

¹¹⁾ Alle priser som er angitt i skissene av elementer som inngår i foretaksøkonomiske analyser, er i beregningene multiplisert med $(1 + \text{prisstigning})^{n-1}$, hvor n = antall år regnet fra år 0. Unntatt fra dette er investeringskostnader, som er forutsatt nedbetalt med samme beløp hvert år, regnet i løpende priser.

Tabell 4. Simulerte foretaksøkonomiske resultater ved gjødselplanlegging.¹²⁾

		10 % laveste	Forventning	10 % høyeste	
Planteproduksjonsbruk	Marginal- skatt 0 (=virkning før skatt)	År 1	-5	10	26
		År 2	0	16	33
		År 4	0	18	36
		År 6	0	20	41
		Resultat	-1	13	28
	Marginalskatt 30 %	År 1	-3	7	18
		År 2	0	11	23
		År 4	0	13	25
		År 6	0	14	29
		Resultat	0	9	20
	Marginalskatt 60 %	År 1	-2	4	10
		År 2	0	6	13
		År 4	0	7	14
		År 6	0	8	16
		Resultat	0	5	11
Husdyrbruk	Marginal- skatt 0 (=virkning før skatt)	År 1	8	30	54
		År 2	13	37	63
		År 4	15	42	70
		År 6	17	47	79
		Resultat	11	32	55
	Marginalskatt 30 %	År 1	5	21	38
		År 2	9	26	44
		År 4	10	29	50
		År 6	11	33	56
		Resultat	7	23	38
	Marginalskatt 60 %	År 1	3	12	22
		År 2	5	15	25
		År 4	6	17	28
		År 6	6	19	32
		Resultat	4	13	22

langt svakere enn tilsvarende materiale over sammenhengen mellom nitrogengjødsling og avling. De økonomiske analyser over gjødselavgift som er gjort hittil, har konsentrert seg om avgift på nitrogen (MATTSSON 1986, GABRIELSEN 1986, SIMONSEN 1989).

Før tiltaket analyseres, er det nødvendig å

definere størrelsen på avgiften. Gjødslingspraksis ligger i de fleste tilfeller på ca. 3 kg fosfor/daa både for korn og eng. Jeg forutsetter at dette er optimal gjødsling, og at formålet med avgiften er å forskyve optimalpunktet for fosforgjødsling til det halve, altså 1,5 kg/daa.

Med utgangspunkt i det lille som finnes av

¹²⁾ Tallene i tabellen er avrundet til hele kr/daa. Kolonnen «10 % laveste» angir 10 % sannsynlighet for at resultatet vil ligge under dette tallet. Tilsvarende gjelder for «10 % høyeste». «Forventning» er framkommet ved bruk av forventningsverdiene for de usikre elementene i kalkylen, altså uten simulering. Netto betalingsstrøm for det enkelte år er oppgitt i nominelle kroner, mens «resultat» er oppgitt som annuitet i faste 1988-kroner.

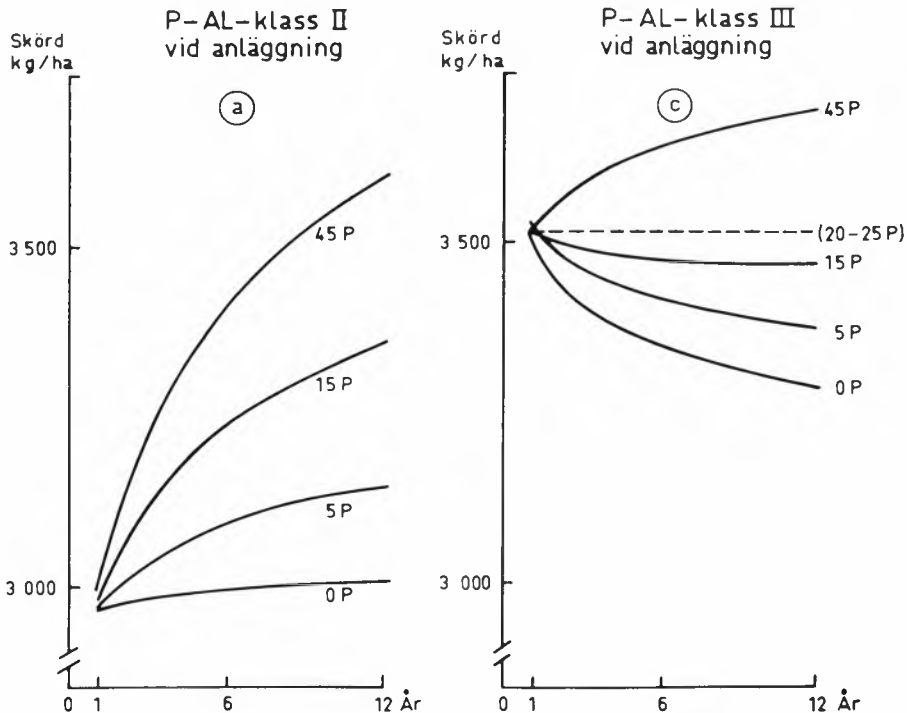
undersøkelser og vurderinger på området, er avlingstapet anslått til 18 kr for reduksjonen fra 3 kg til 1,5 kg fosfor eller 12 kr pr. kg fosfor.¹³⁾ SKJØLBERG (1988) beregner prisen på fosfor i fullgjødning til 6,70 kroner pr. kg. I teorien betyr dette at med en fosforavgift på vel 5 kr/kg, skulle gårdbrukeren med våre forutsetninger

være indifferent til å gjødsle med 3 kg eller 1,5 kg fosfor pr. daa. I praksis må en regne med at vaner og tradisjonelle holdninger trekker i retning av at nåværende gjødslingspraksis blir opprettholdt hvis ikke fordelene ved redusert gjødsling er betydelig. Jeg forutsetter derfor i det følgende at det blir innført en avgift på 10 kr

¹³⁾ Figuren nedenfor gir en sammenheng mellom fosforgjødsling og kornavling ifølge HÄHLIN & ERICSSON (1981). Her øker avlingsforskjellen mellom åker gjødslet med 4,5 kg P/daa og åker gjødslet med 1,5 kg P/daa til ca. 22 kg korn/daa etter en del år. En må regne med at avlingsforskjellen mellom 1,5 og 3 kg P er større enn forskjellen mellom 4,5 og 3 kg P. Et rimelig anslag ut fra dette er at avlingsnedgangen etter en del år kan komme opp i 12-15 kg/år ved reduksjon av fosforgjødslinga fra 3 kg til 1,5 kg.

På tidligere sterkt fosforgjødsle fant HÄLAND & AASE (1987) ikke lønnsomhet ved å øke fosforgjødslingen ut over 1,5 kg/daa.

UHLÉN (1984) anslår en meravling pr. kg fosfor ut over 20 kg superfosfat (tilsvarer ca. 1,8 kg P) på 3-6 kg korn. Hvis vi kan forutsette at sammenhengen mellom P-tilførsel og avling er tilnærmet lineær i det aktuelle området, burde dette gi en effekt på 4,5-9 kg korn ved økning fra 1,5 til 3 kg fosfor. Dette gir et middel på ca. 7 kg korn. Går vi ut fra bygg av matkvalitet, gir dette en verdi på ca. 18 kr. Dette tallet er brukt i de videre beregningene.



Figur. Sammenheng mellom fosforgjødsling og kornavling ifølge HÄHLIN & ERICSSON (1981).

pr. kg fosfor, og at gårdbrukerens respons på denne avgiften er å redusere fosforgjødslingen fra 3 kg/daa til 1,5 kg/daa.¹⁴⁾

Størrelsen av avlingsnedgangen er usikker. Anslaget på 18 kr pr. daa benyttes som mest sannsynlige verdi. Laveste verdi er 0, og høyeste verdi forutsettes lik det dobbelte av mest sannsynlige verdi. Hvis jeg forutsetter en rektangulær sannsynlighetsfordeling, må jeg gå 80 % opp og ned for å anslå grensen for de 10 % laveste og de 10 % høyeste av utfallene. Dette gir grenser på henholdsvis 32 kr og 4 kr.

Ut fra forutsetningen om reduksjon av fosforgjødsling fra 3 kg/daa til 1,5 kg/daa, vil en avgift på 10 kr/kg bety en kostnad på 15 kr/daa. Samtidig sparer brukeren 1,5 kg fosfor som han ellers ville ha kjøpt til 6,70 kr/kg, hvilket gir en innsparing på ca. 10 kr/daa. Dette innebærer en netto økning i kostnader til handelsgjødsel på 5 kr/daa.

En avlingsnedgang på 4-32 kr med 18 kr som mest sannsynlig og en økt kostnad til handelsgjødsel på 5 kr gir en kostnad før skatt på 9-37 kr med 23 kr som mest sannsynlig. Dette gir resultater som angitt i tabell 5.

Tiltaket vil i de fleste tilfeller gi et tap på noen titalls kroner pr daa. For et årsverk i korn vil dette kunne bety et tap i størrelsesorden

10 000 kr før skatt. For husdyrbrukere vil virkningen være mindre alvorlig. Tallene pr. daa. i tabell 5 vil riktignok være tilnærmet relevante når storparten av fosforbehovet dekkes av handelsgjødsel. Imidlertid er det fulldyrkede arealet pr. årsverk betydelig lavere for husdyrproduksjon. Dessuten er det mange husdyrbrukere som kan dekke hele fosforbehovet med husdyrgjødsel. Disse blir ikke berørt av avgiften.

3.2 All spredning av husdyrgjødsel i vekstsesongen

Husdyrgjødsel gir best gjødslingseffekt og minst forurensning når den spres i vekstsesongen. Når mange gårdbrukere likevel velger å spre utenom vekstsesongen, er grunnen enten at gjødsellageret er for lite eller at det oppstår rettidskostnader¹⁵⁾ ved spredning i vekstsesongen. I de følgende analysene er det tatt utgangspunkt i at spredningen av 50 m³ husdyrgjødsel skal forskyves fra et tidspunkt utenfor vekstsesongen til et tidspunkt i vekstsesongen. Det er gjort analyser for det tilfellet at gjødsellageret er stort nok, dvs. investering = 0, og det tilfellet at gjødsellageret må utvides med 50 m³. I sistnevnte tilfelle forutsettes det at brukeren velger den billigste løsningen, som normalt vil være uten-

Tabell 5. Foretaksøkonomiske resultater av avgift på fosfor i handelsgjødsel. Se fotnote til tabell 4.

	10 % laveste	Forventning	10 % høyeste
Marginalskatt 0 (= virkning før skatt)	-37	-23	-9
Marginalskatt = 30 %	-26	-16	-6
Marginalskatt = 60 %	-15	-9	-4

¹⁴⁾ Til dette kan en innvende at med en så høy avgift, vil det være optimalt å redusere fosforgjødslingen ytterligere. Imidlertid må en i de fleste tilfeller regne med en langt sterkere avlingsnedgang ved ytterligere reduksjon av gjødslingen. Dette skyldes at 1,5 kg/daa omtrent tilsvarende den fosformengde man tar vekk med plantene. En ytterligere reduksjon av gjødslingen vil derfor føre til utarming av jorda hvis ikke jordas fosforinnhold i utgangspunktet er svært høyt.

¹⁵⁾ Med rettidskostnad menes de kostnader som oppstår ved at arbeidsoppgaver ikke blir utført på det mest ideelle tidspunkt. I dette tilfellet vil det gi seg utslag i forsinket såing, som i sin tur vil føre til avlingsreduksjon.

dørs gjødselkum. I dette tilfellet er investeringen anslått til 483 kr/m³.¹⁶⁾

På eng er det ikke grunn til å tro at spredning i vekstsesongen kan føre til rettidskostnader, fordi spredningen skjer på overflata mens graset gror. På åker, derimot, må en regne med forsinket såing der hvor de ekstra 50 m³ gjødsel skal spres. Jeg forutsetter at det spres 4 m³ gjødsel pr. daa, slik at det berørte arealet blir 12,5 daa.¹⁷⁾ Videre forutsetter jeg at såingen blir utsatt 1 dag på dette arealet.¹⁸⁾ STRAND (1984 s. 90) anslår avlingstapet ved 1 dags forsinket såing til 5 kg pr. daa. for 2-radsbygg. Dette tapet verdsettes til 2,58 kr/kg (basisprisen for bygg av matkvalitet) som gir 12,90 kr/daa, dvs. 161 kr for de 12,5 daa som blir berørt. Utgangspunktet var 50 m³ gjødsel, slik at rettidskostnaden blir ca. 3 kr/m³ gjødsel.¹⁹⁾ Dette anslaget har stor usikkerhet, rettidskostnaden vil dessuten variere betydelig med været. Jeg har derfor anslått et standardavvik på 30 % eller 1 kr/m³.

Husdyrgjødsel vil ha bedre virkning når den spres i vekstsesongen. Særlig nitrogenvirkningen vil bli kraftig redusert ved høstspredning.

Verdien av husdyrgjødsel ved vårspredning er beregnet til 32 kr/m³ (SKJØLBERG 1988). TVEITNES (1989 pers. medd.)²⁰⁾ anslår at tapet ved høstspredning kan variere fra 20-100 % av gjødselverdien, med 50 % som mest sannsynlig. Dette anslaget gjelder både for gjødsel som spres på eng og gjødsel som nedmoldes i åker. Gevinsten ved å gå over fra høstspredning til vårspredning vil dermed variere fra 6 kr til 32 kr, med 16 kr som det mest sannsynlige anslag.

En betydelig del av investeringen i gjødsellager kan finansieres ved lån i Landbruksbanken. Nedbetalingstiden på slike lån er 10 år. Jeg har forutsatt at hele investeringen, unntatt den delen som er dekket av tilskott, finansieres ved annuitetslån med 10 års løpetid. Levetiden for investeringen er satt til 20 år (jfr. 2.3.4). Ved pålagte utbedringer av gjødsellagre er det anledning til direkte utgiftsføring av hele kostnaden (KVAAL & ANDERSEN 1988 s. 50).

Ut fra disse forutsetningene får jeg en kalkyle som skissert i figur 7. Resultatene er oppsummert i tabell 6.

Det er åpenbart ut fra de forutsetninger som

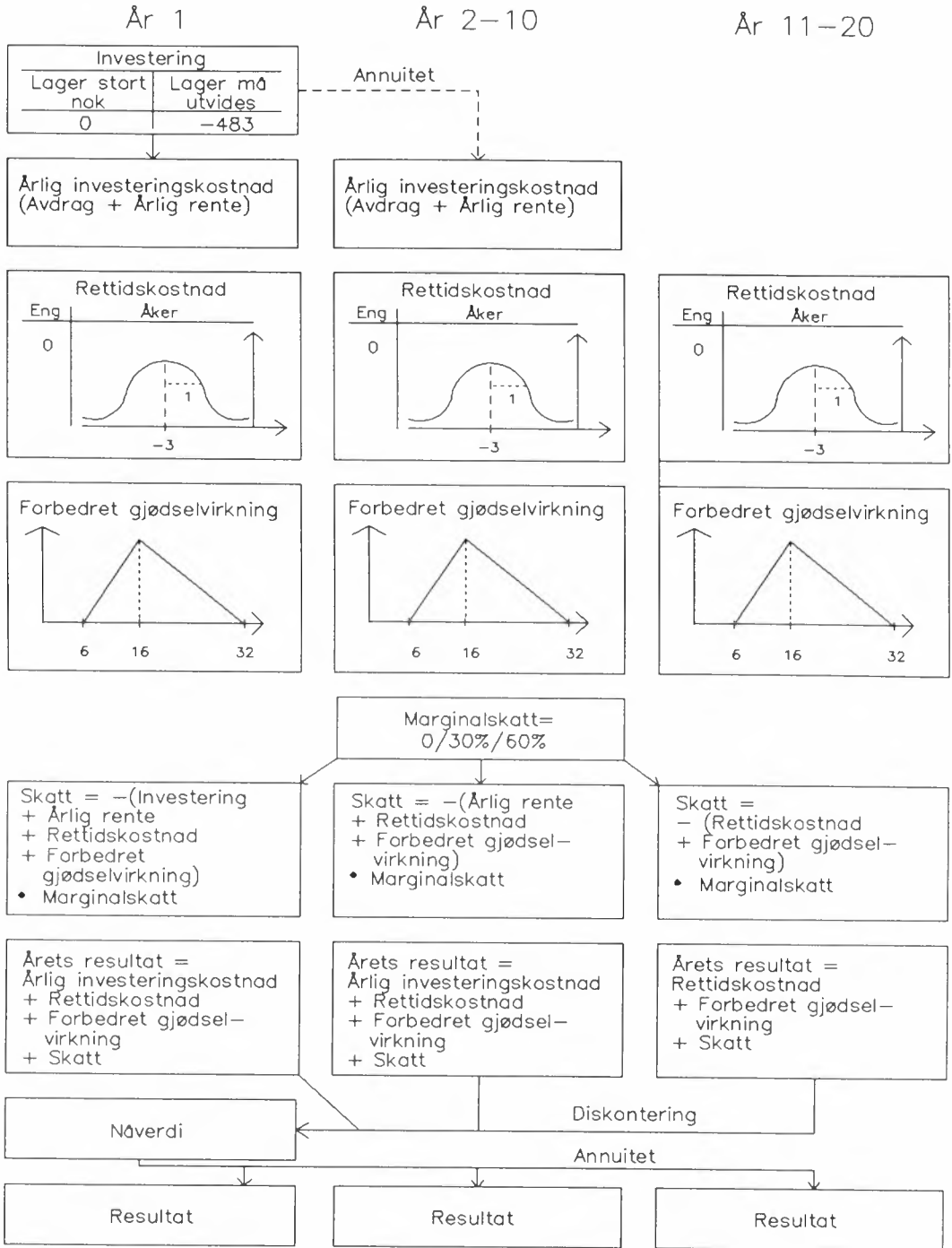
¹⁶⁾ BERGE, HOLDHUS & AASLAND (1979 s. 85) angir 370 kr/m³ som pris for en 50 m³ utvendig gjødselsilo bygd med flyttforskaling. Justert til 1988-nivå ved hjelp av byggekostnadsindeksen for driftsbygninger i jordbruket gir dette 690 kr/m³. Etter dagens ordning gis det 30 % i tilskudd for slike lagerutvidelser, riktignok begrenset av fylkesvise tilskuddskvoter. Jeg forutsetter at gårdbrukeren får slikt tilskudd, slik at bare 70 % av kostnaden på 690 kr faller på gårdbrukeren. Dette gir ca. 483 kr/m³.

¹⁷⁾ Jeg forutsetter at brukeren søker å innrette seg slik at rettidskostnaden blir minst mulig. Dette oppnår han ved først å så det arealet som ikke skal ha husdyrgjødsel, deretter å spre og nedmolde husdyrgjødsel for til slutt å så det arealet som har fått husdyrgjødsel.

¹⁸⁾ SKJØLBERG (1988) har undersøkt tidsbruk ved utkjøring og spredning av husdyrgjødsel. Arbeidsforbruket lå i området 4,4-5,5 min./m³ for de vanligste og raskeste håndteringslinjene. For 50 m³ gir dette et arbeidsforbruk på 3,7-4,6 timer. Et par håndteringslinjer skilte seg ut med langt høyere tidsforbruk. Dersom værforholdene ikke er ideelle, må man regne med større forsinkelse enn det som tilsvarer arbeidsforbruket. På bakgrunn av dette finner jeg det rimelig å anslå en dags forsinkelse av såingen på det aktuelle arealet.

¹⁹⁾ Man kan tenke seg at brukeren i stedet benytter leiekjøring for å unngå rettidskostnaden. Dette vil imidlertid ikke lønne seg dersom avlingstapet ved forsinket såing er eneste grunnen til å benytte leiekjøring. Ifølge NILF (1988b) er middelpriis for spredning av blautgjødsel 185 kr/time. Etter forutsetningene i forrige fotnote, kan man regne med å spre 12 m³/time, slik at kostnaden ved leiekjøring blir ca. 15 kr/m³.

²⁰⁾ Steinar Tveitnes, Inst. for jordkultur, Norges landbrukshøgskole.



Figur 7. Skisse av elementer som inngår i foretaksøkonomisk analyse av tilhaket «all spredning av husdyrgjødsel i vekstsesongen». Se fotnote til figur 6.

Tabell 6. Foretaksøkonomiske resultater ved spredning av all husdyrgjødsel i vekstsesongen. Se fotnote til tabell 4.

		10 % laveste	Forventning	10 % høyeste		
Eksisterende gjødsellager er stort nok	Spredning på eng	Marginal – skatt 0 (=virkning før skatt)	År 1	11	18	26
			År 10	18	30	44
			År 20	32	54	81
			Resultat	10	17	24
		Marginal – skatt 30 %	År 1	7	13	18
			År 10	12	21	31
			År 20	21	38	58
			Resultat	7	12	17
		Marginal – skatt 60 %	År 1	4	7	10
			År 10	8	12	17
			År 20	13	22	32
			Resultat	4	7	10
Eksisterende gjødsellager er stort nok	Spredning på åker	Marginal – skatt 0 (=virkning før skatt)	År 1	8	15	23
			År 10	14	25	39
			År 20	24	45	72
			Resultat	8	14	22
		Marginal – skatt 30 %	År 1	6	11	16
			År 10	9	18	28
			År 20	16	32	51
			Resultat	5	10	15
		Marginal – skatt 60 %	År 1	3	6	9
			År 10	5	10	16
			År 20	9	18	29
			Resultat	3	6	9
Tilleggslager må bygges	Spredning på eng	Marginal – skatt 0 (=virkning før skatt)	År 1	-82	-71	-60
			År 10	-73	-59	-43
			År 20	32	54	82
			Resultat	-38	-27	-16
		Marginal – skatt 30 %	År 1	80	87	94
			År 10	-76	-65	-53
			År 20	22	38	56
			Resultat	-18	-11	-6
		Marginal – skatt 60 %	År 1	242	246	249
			År 10	-80	-71	-61
			År 20	13	22	33
			Resultat	-6	-3	0
Tilleggslager må bygges	Spredning på åker	Marginal – skatt 0 (=virkning før skatt)	År 1	-86	-74	-63
			År 10	-79	-64	-49
			År 20	23	45	72
			Resultat	-42	-30	-19
		Marginal – skatt 30 %	År 1	78	85	92
			År 10	-80	-68	-57
			År 20	16	32	50
			Resultat	-21	-13	-7
		Marginal – skatt 60 %	År 1	241	245	248
			År 10	-82	-73	-64
			År 20	9	18	28
			Resultat	-7	-4	-1

er brukt at gjødselspredning i vekstsesongen er foretaksøkonomisk lønnsomt der hvor gjødsel-lageret er stort nok. De foretaksøkonomiske fordelene ved slik spredning er normalt ikke store nok til å oppveie kostnadene ved å bygge tilleggs-lager selv om det ytes 30 % tilskott til tilleggs-lageret. For gårdbrukere med svært høy marginalskatt, kan summen av bedret gjødsel-virkning og skattefordelen ved direkte utgiftsføring til sammen oppveie kostnadene ved tiltaket.

3.3 Pløying på tvers av fallretningen

Det er gjort en spørreundersøkelse blant gårdbrukere som praktiserer pløying på tvers av fallet. Av de 19 brukerne som deltok i undersøkelsen, var det hele 12 som brukte vendepløyg. Pløying på tvers av fallretningen uten vendepløyg er mulig hvis terrenget ikke er for bratt eller kupert. Imidlertid ser det ut til at det faller naturlig å pløye på tvers av fallretningen for de brukerne som anskaffer vendepløyg, mens dette ikke faller naturlig med vanlig pløyg.

Tiltaket er ikke like aktuelt på alle åkerarealer. Ved liten helning, vil tiltaket neppe ha særlig virkning. I spørreundersøkelsen var helninger på 10-15 % dominerende. Ved sterk helning, vil det være større fare for at vannet bryter gjennom pløgs-la.

Tiltaket er også lite egnet på dårlig drenert jord. I spørreundersøkelsen var det to brukere som erfarte at opptørkingen om våren gikk seiere ved pløying på tvers av fallet, fordi vannet ble stående i pløgs-la.

For brukere som kan pløye på tvers av fallet uten vendepløyg eller som allerede har vendepløyg, vil det ikke være knyttet investeringer til endring av pløyeretning. Vi må imidlertid regne med at en del brukere må anskaffe vendepløyg for å kunne gjennomføre pløying på tvers av fallet. Det forutsettes her en gårdbruker som skal kjøpe ny pløyg, og som står framfor valget mellom å kjøpe en vendepløyg eller en vanlig pløyg. Det er rimelig å regne med at han i første omgang vil vurdere hvilken kapasitet han har behov for, målt i antall daa pløyd pr. time. Forsøk har vist at en 3-skjærs 14" vendepløyg har samme kapasitet som en 4 skjærs 16" teigpløyg

(LANDBRUKSTEKNISK INSTITUTT 1977). Det forutsettes at valget står mellom disse to pløgytjene.

Man må også ta med i betraktningen at vendepløgen krever en traktor med betydelig løftekapasitet, derfor kan det være nødvendig å anskaffe ny traktor for å kunne bruke vendepløyg. Jeg forutsetter imidlertid at gårdbrukere som eventuelt blir pålagt å pløye på tvers av fallretningen og ikke kan klare dette uten å kjøpe ny traktor, vil velge å benytte leiepløying.²¹⁾

For Kvernlands pløyer er prisen på en 3×14" vendepløyg 46 675 kr, mens en 4×16" vanlig pløyg koster 20 580 kr uten merverdiavgift og investeringsavgift (NORSK LANDBRUK 1988). Dette gir en merinvestering for vendepløgen på ca. 26 095 kr, eller 28 705 kr inkludert investeringsavgift. I simuleringmodellen er investeringskostnaden beregnet ut fra to alternativer. Det første alternativet er et bruk med 400 daa korn, som gir 72 kr/daa i investering. Det andre alternativet er et bruk med 100 daa grovførvekster, som gir 287 kr/daa i investering.

Jeg har forutsatt 10 års levetid for investeringen (jfr. 2.3.4). Videre har jeg forutsatt at investeringen finansieres ved et annuitetslån med 10 års løpetid. Maksimal avskrivningsssats for denne typen investering er 30 %. Jeg forutsetter at brukeren benytter denne avskrivningsssatsen.

De viktigste grunnene til at gårdbrukere velger vendepløyg til tross for at den er mer kostbar enn vanlig pløyg, er:²²⁾

- Enklere pløying fordi man slipper opplegg og avslutning. Dette ser ut til å bli verdsett av brukeren ut over den rene tidsbesparelsen.
- Tyngden av pløgen gjør at det er enklere å komme dypt nok på tung jord.
- Skifting av deler, spesielt plogspisser, er enklere på en vendepløyg. Plogspisser kan skiftes uten at man behøver å gå under pløgen.
- Man unngår den avlingsreduksjonen som ellers oppstår på opplegg og avslutning.

Av disse virkningene finner jeg bare å kunne verdsette avlingsøkningen. Det er anslått 1 %

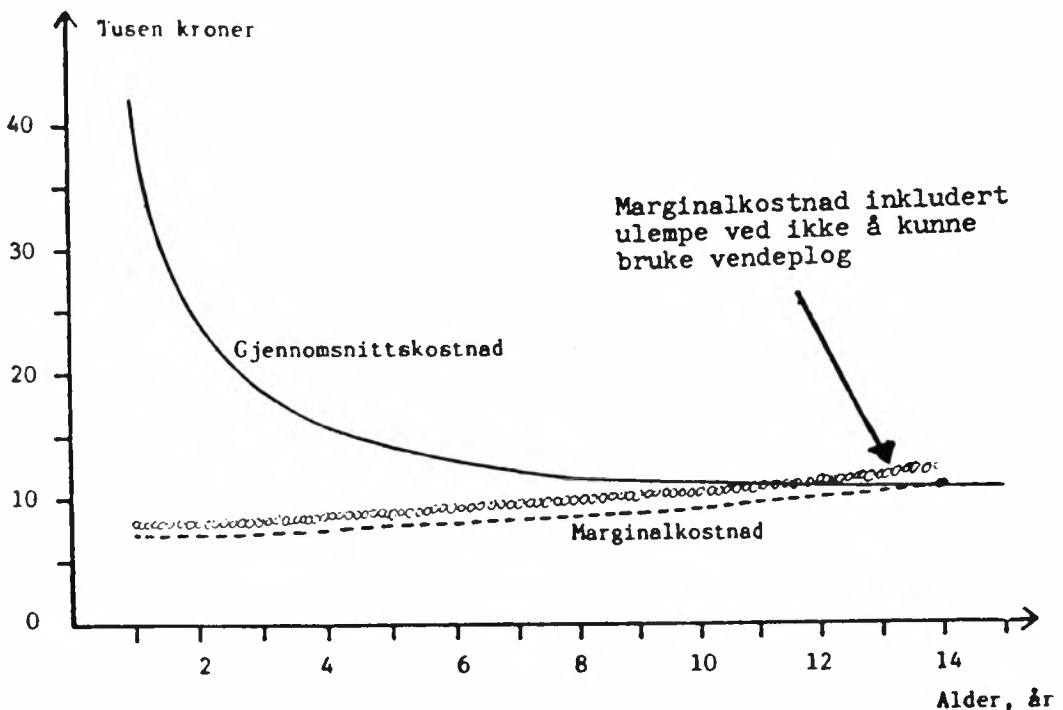
²¹⁾ Behovet for løftkraft er henholdsvis 1500 kg og 2000 kg for 2-skjærs og 3-skjærs vendepløg (KVERNELAND 1985). De fleste nye jordbrukstraktorer har minst 1500 kg løftkraft. Dette er ikke alltid tilfelle for eldre traktorer. Det er lite sannsynlig at ønsket om å bruke vendepløg alene kan motivere utskifting av traktor. Problemstillingen blir i stedet hvorvidt ønsket om å bruke vendepløg kan føre til at en gammel traktor blir skiftet ut tidligere enn den ellers ville ha blitt.

Jeg forutsetter en gårdbruker som har en traktor med løftkraft mindre enn 1500 kg, men som ønsker å gå over til å bruke vendepløg. Brukeren forutsettes å verdsette fordelene ved å bruke vendepløg til 1000 kr/år.

Optimalt tidspunkt for utskifting inntreffer når forventede kostnader ved å beholde maskinen 1 år lenger er større enn laveste forventede kostnader for ny maskin, og når de årlige kostnadene for den gamle maskinen samtidig er stigende (RASMUSSEN 1979).

I figuren er et basialternativ for en utskiftingskalkyle for traktor vist etter HEGRENES (1985). Ulempen ved ikke å kunne bruke vendepløg, framkommer som et tillegg på 1000 kr på de marginale kostnadene ved å fortsette med den gamle traktoren. Som det framgår av figuren, forskyves det optimale tidspunktet for utskifting av den gamle traktoren med ca. 2 år på grunn av ønsket om å kunne bruke vendepløg.

Denne beregningen bygger på forutsetninger som ofte ikke vil være oppfylt. Likevel er det slik at skifte av traktor et par år før eller etter optimal utskifting i de fleste tilfeller vil bety relativt lite for gjennomsnittskostnaden (HEGRENES 1985). Sammenhengen som illustreres av figuren antas derfor å være nokså generell: Et ønske om å bruke vendepløg kan gjøre at optimalt tidspunkt for utskifting av traktor inntreffer et par år tidligere enn det ellers ville ha gjort.



Figur. Gjennomsnittskostnader og marginalkostnader ved ulik levetid for traktor, ifølge HEGRENES (1985). Ved å legge til 1000 kr på marginalkostnaden for ulempen ved ikke å kunne bruke vendepløg, reduseres den optimale levetiden for en gammel traktor som ikke kan ta vendepløg med ca. 2 år.

²²⁾ Pers. medd., Sigmund Olsen, Kverneland A/S, 1986.

avlingsvirkning på hele feltet i et typisk tilfelle.²³⁾ Denne avlingsframgangen er verd ca. 10 kr/daa i eksemplet med korn og ca. 7 kr/daa i eksemplet med grovfôrvekster.²⁴⁾ Anslaget er beheftet med stor usikkerhet, derfor har jeg forutsatt et standardavvik på ca. 30 % eller henholdsvis 3 kr og 2 kr.

For små bruk vil det neppe svare seg å kjøpe vendepløgg, i alle fall ikke hvis gården mangler traktor med tilstrekkelig løftekapasitet. Hvis det blir pålagt å pløye på tvers av fallet, forutsetter jeg at slike bruk velger å få et maskinutleiefirma til å foreta pløyinga.

Prisen for leiepløying med 3 skjærs vendepløgg ligger i gjennomsnitt på 231 kr/time (NILF 1988b s. 83). Kapasiteten er oppgitt til 9,6 daa/time (LANDBRUKSTEKNISK INSTITUTT 1977). Effektiviteten er alltid noe lavere i praksis enn det som er gitt i forsøksresultatene. Hvis vi forutsetter 8 daa/time, får vi en kostnad på ca. 29 kr/daa. Siden vi har å gjøre med en fast timepris som kan oppgis på forhånd, blir ikke

usikkerheten for den enkelte bruker særlig stor. Jeg anslår standardavviket til 10 % eller 3 kr.

Det er også rimelig å regne med en rettidskostnad, fordi gårdbrukeren ved leiepløying ikke kan bestemme eksakt når arbeidet skal utføres. Hvis vi forutsetter at dette gir tre dagers forsinkelse, må vi regne med et avlingstap tilsvarende ca. 15 kg korn eller 38,70 kr/daa. Dette tallet er rundet av til 39 kr/daa og gitt et standardavvik på 30 %.

Til gjengjeld sparer gårdbrukeren sin egen arbeidskraft samt de variable kostnadene til bruk av egen traktor. Innsparingen av variable maskinkostnader er anslått til 9 kr/daa med et standardavvik på 2 kr/daa, mens innsparingen av arbeidstid er verdsatt til mellom 10 og 19 kr/daa.²⁵⁾

Jeg har ikke gjort beregninger med leiepløying for grovfôrvekster. Den eneste forskjellen i forhold til kornmodellen ville bli en noe lavere verdi på avlingsøkningen som følge av overgang til vendepløgg og på avlingsreduksjonen

²³⁾ Pers. medd., Inge Håkanson, statsagronom, Forsøksavdelingen för jordbearbetning, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala 1986.

²⁴⁾ Gjennomsnittsavlingen for bygg i hele landet i perioden 1980-86 var 371 kg/daa. 1 % avlingsframgang vil dermed bety 3,71 kg. Med en basispris for bygg av matkvalitet på 2,58 kr/kg, blir verdien av avlingsframgangen 9,57 kr/daa som rundes av til 10 kr/daa.

Gjennomsnittsavlingen for grovfôrvekster var i samme periode 352 fôreheter pr. daa. 1 % avlingsframgang utgjør dermed 3,52 f.e. Grovfôret verdsettes til 80 % av basisprisen på bygg, altså 2,06 kr/kg (jfr. 2.3.5). 3,52 f.e./daa à 2,06 kr/f.e. gir 7,25 kr/f.e. som er rundet av til 7 kr/f.e.

Tallene i denne fotnoten er hentet fra NILF (1988b s. 9, 74).

²⁵⁾ Variable maskinkostnader forutsettes her bare å bestå av vedlikehold og drivstoff. HEGRENES (1985 s. 47) fant et gjennomsnitt på 0,091 kr i vedlikeholdskostnader pr. 1000 kr i gjenanskaffelsesverdi for traktorer. Gjennomsnittlig gjenanskaffelsesverdi i undersøkelsen var 131 000 kr, som gir ca. 12 kr/time i vedlikeholdskostnader for en traktor. Tallene er basert på økonomiforsøk i 1982 og 1983. Oppdatert ved hjelp av konsumprisindeksen tilsvarer dette ca. 16 1988-kroner. Kostnadene til drivstoff er anslått til 20 kr/time. Variable maskinkostnader er etter dette 36 kr/time. Jeg forutsetter et standardavvik på 25 %.

Egen arbeidskraft er verdsatt til mellom 40 og 77 kr/time (jfr. 2.3.2).

Tidsforbruket er ifølge NILF (1988b s. 42) 0,2-0,3 timer/daa ved pløying med vanlig 3-skjærs pløgg. Jeg regner 0,25 timer/daa og får dermed en innsparing av variable maskinkostnader på 9 kr/daa med et standardavvik på 2 kr/daa, mens innsparingen av arbeidskraft blir mellom 10 og 19 kr/daa.

Tabell 7. Foretaksøkonomiske resultater ved pløying på tvers av fallretningen. Se fotnote til tabell 4.

		Marginal- skatt		10 % laveste	Forventning	10 % høyeste	
Brukeren anskaffer vendepløg	Komdyrking	0	År 1	-7	-3	1	
			År 10	-3	4	11	
			Resultat	-4	-1	3	
		30 %	År 1	0	3	6	
			År 10	-5	-1	4	
			Resultat	-2	0	3	
	60 %	År 1	8	9	11		
		År 10	-8	-5	-2		
		Resultat	-1	0	2		
	Brukeren anskaffer vendepløg	Grovførvekster	0	År 1	-52	-46	-40
				År 10	-48	-41	-34
				Resultat	-39	-34	-28
30 %			År 1	-15	-11	-7	
			År 10	-48	-42	-36	
			Resultat	-25	-21	-18	
60 %		År 1	22	24	25		
		År 10	-47	-42	-38		
		Resultat	-13	-11	-9		
Brukeren benytter leiepløying		0	Resultat	-51	-35	-19	
		30 %	Resultat	-36	-24	-13	
		60 %	Resultat	-20	-14	-6	

som følge av rettidskostnad. En slik kalkyle vil ikke gitt tilleggsinformasjon av betydning.

Et flertall av deltakerne i spørreundersøkelsen mente pløying på tvers av fallet har en positiv effekt fordi tørke forebygges ved at vannet ikke renner av jordet. Her var imidlertid svarene sprikende, spesielt når det gjaldt å kvantifisere en slik effekt i form av økt avling. Det er også sannsynlig at en del brukere har valgt å pløye på tvers av fallretningen fordi de har jord som er spesielt utsatt for tørke, og at resultatene av den grunn er lite representative. Jeg finner ikke den positive effekten på vannhusholdningen så godt dokumentert at jeg har kvantifisert den. Det samme gjelder eventuell endring i arbeidsforbruket og dieselforbruket ved endret pløyeretning, som også er tatt opp i spørreundersøkelsen.

De nevnte forutsetningene for kalkylen er

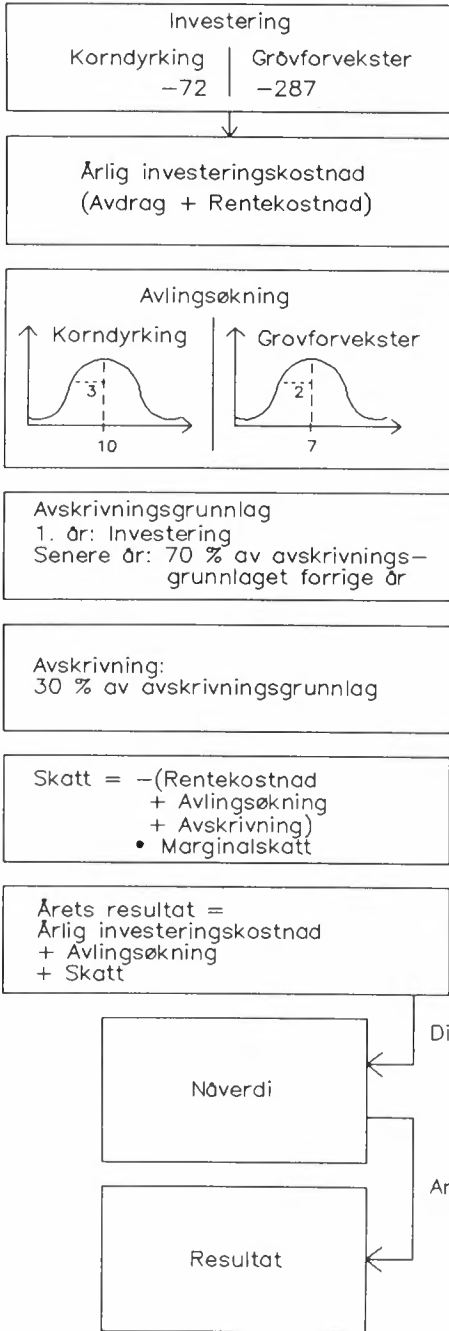
framstilt i figur 8. Med disse forutsetningene har jeg kommet til resultater som gjengitt i tabell 7.

Som det går fram av tabell 7, kan utlegget til vendepløg betales av den forventede avlingsøkningen hos gårdbrukere med større bruk. Marginalskatten betyr en del for fordeling av resultatet mellom år, men lite for det totale resultatet. Leiepløying synes alltid å være økonomisk ugunstig for den enkelte gårdbruker. Men for små gårdsbruk og gårdsbruk hvor vendepløg er nødvendig bare på en mindre del av arealet, kan leiepløying være en gunstigere løsning enn å anskaffe vendepløg.

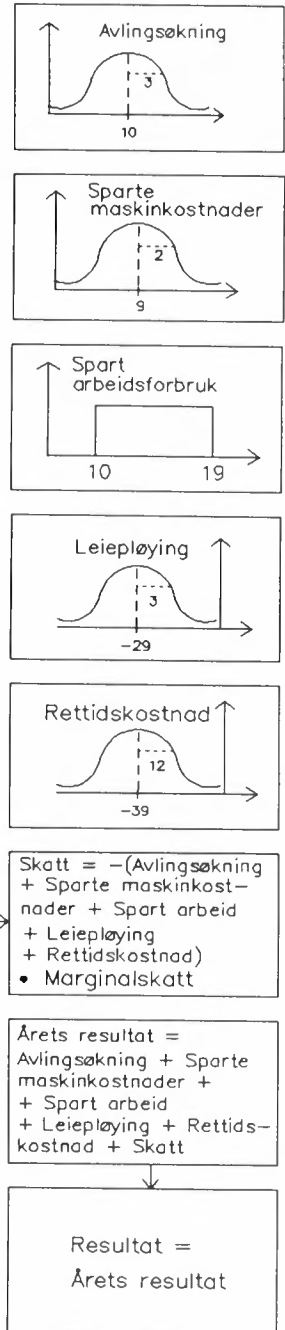
3.4 Grasdekte vannveier

Med grasdekte vannveier forstås her grasbevokste forsengkninger langs fallretningen. Det må også være inntakskummer for overflatevann

Brukeren anskaffer vendedlog



Brukeren anvender leiepløying



Figur 8. Skisse av elementer som inngår i foretaksøkonomisk analyse av pløying på tvers av fallretningen. Se fotnote til figur 6.

i tilknytning til vannveiene for at tiltaket skal være effektivt. Slike inntakskummer forutsetter jeg allerede finnes i forbindelse med grøftesy-stemet.

Jeg forutsetter at vannveiene ikke tilsås, men at man slutter å dyrke de aktuelle stripene og lar graset komme opp av seg selv. Videre forutsetter jeg at man benytter de forsenkningene som naturlig finnes i terrenget. På denne måten blir det ikke investeringskostnader i tilknytning til tiltaket.

Ved anlegg av grasdekte vannveier, vil ca. 2 % av åkerarealet gå ut av åkerproduksjon. En avlingsendring på 1 % er tidligere verdsatt til 9,57 kr/daa (jfr. kap. 3.4). Vannveiene vil dermed føre til et avlingstap på 19,14 kr/daa som avrundes til 19 kr/daa.

Jeg forutsetter at de variable produksjonskostnadene ikke kan reduseres tilsvarende de 2 % av arealet som bortfaller. I stedet vil det oppstå kjørehindringer på grunn av vannveiene.

Jeg forutsetter at dette vil gi økt arbeidsforbruk, men ikke økte maskinkostnader siden arealet som skal behandles faktisk er mindre enn før. I 3.6.1 er arbeidet med jordarbeiding og såing anslått til 0,75 t/daa. I tillegg forutsetter jeg 0,25 t/daa til høsting, slik at det totale tidsforbruket i de aktuelle arbeidsoperasjoner blir 1 t/daa. Jeg forutsetter 10 % eller 0,1 time/daa i økning av arbeidsforbruket på grunn av kjørehindringer. Med en pris på arbeidskraften på 40-77 kr (jfr. 2.3.2), får vi en ekstra arbeidskostnad på 4-7,70 kr. Grensene for 10 % laveste og 10 % høyeste blir da henholdsvis 4,40 kr og 6,93 kr som avrundes til henholdsvis 4 kr og 7 kr, med forventning på 6 kr.

Summen av avlingsnedgang og merarbeid blir dermed forventet lik 25 kr, med 26 kr og 23 kr som anslag for henholdsvis de 10 % laveste og de 10 % høyeste av utfallene. Dette gir et resultat etter skatt som vist i tabell 8.

Tabell 8. Foretaksøkonomiske resultater av grasdekte vannveier. Se fotnote til tabell 4.

	10 % laveste	Forventning	10 % høyeste
Marginalskatt 0 (= virkning før skatt)	-26	-25	-23
Marginalskatt = 30 %	-18	-18	-16
Marginalskatt = 60 %	-10	-10	-9

3.5 Vårpløying

NJØS & EKEBERG (1980) fant ingen forskjell i avlingsnivå mellom vårpløying og høstpløying. Dette forsøket ble gjort på morenejord. På siltjord kan vårpløying være en fordel på grunn av raskere opptørking og oppvarming av jorda. På jord med høyt leirinnhold derimot, kan vårpløying være uheldig.

En rimelig tanke er at tiden det tar å pløye om våren gir en tilsvarende utsettelse av såingen. Dette er ikke alltid tilfelle. Vårpløying fører i mange tilfeller til raskere opptørking, slik at tidstapet tas igjen. Av 14 spurte i vår spørreundersøkelse, var det 6 som hevdet at vårpløy-

ing framskyndet såtiden, 7 mente såtiden var som før mens bare 1 observerte utsatt såing. Det er ikke forsvarlig å generalisere ut fra dette resultatet. De brukerne som faktisk pløyer om våren er sannsynligvis de som har forhold som egner seg for vårpløying. Deltakerne i undersøkelsen var imidlertid fordelt på ulike jordarter.

Oppfatningen blant forskere og rådgivere er at man i mange tilfeller må regne med redusert avling ved vårpløying. Dette skyldes dels at såingen i mange tilfeller blir utsatt, dels at vårpløying kan gi en mindre effektiv ugrasbekjempelse. Jeg har derfor forutsatt at arealer som egner seg for vårpløying ikke vil få av-

lingsnedgang, mens arealer som ikke egner seg for vårpløying vil få en avlingsnedgang fra 0 til 10 %, rektangulært fordelt. Med utgangspunkt i normalårsavling for bygg på 371 kg og basispris på 2,58 kr verdsettes den maksimale avlingsvikten på 10 % til 96 kr/daa.

I undersøkelsen mente 13 av 14 spurte at ar-

beidsforbruket ved vårpløying var omtrent som ved høstpløying. Forskyvning av arbeid fra høst til vår er negativt, men dette forutsettes å være fanget opp av avlingsnedgangen som dels skyldes utsatt såing.

Ut fra disse forutsetninger får vi resultater som vist i tabell 9.

Tabell 9. Foretaksøkonomiske resultater av vårpløying. Se fotnote til tabell 4.

	10 % laveste	Forventning	10 % høyeste
Arealer som egner seg for vårpløying	0	0	0
Arealer som ikke egner seg for vårpløying			
Marginalskatt 0 (= virkning før skatt)	-86	-48	-10
Marginalskatt = 30 %	-60	-34	-7
Marginalskatt = 60 %	-34	-19	-4

3.6 Redusert eller ingen jordarbeiding

Jordarbeidingen kan reduseres i ulik grad, dermed reduseres også erosjonen. I spørreundersøkelsen ble 14 gårdbrukere med plogfri jordarbeiding og 15 med direktesåing (ingen jordarbeiding) intervjuet. En viktig observasjon ut fra undersøkelsen er at plogfri jordarbeiding ikke nødvendigvis betyr redusert jordarbeiding. Antall jordarbeidingsoperasjoner på samme areal varierte fra 1 til 6 hos de som praktiserte plogfri jordarbeiding. 2 av 14 mente erosjonen hadde økt etter at de sluttet med plogen, 5 mente erosjonen var omtrent som før. De som mente erosjonen hadde økt, drev mange jordarbeidingsoperasjoner.

Disse erfaringene gjorde at tiltaket «plogfri jordarbeiding» måtte defineres snevrere enn tenkt da vi gjorde spørreundersøkelsen. For at tiltaket skal være effektivt mot erosjon, defineres det her slik at bare lette jordarbeidinger om våren aksepteres. Jeg har derfor valgt å kalle det aktuelle plogfrie tiltaket «vårharving som eneste jordarbeiding». Dessverre gjør dette at de fleste svarene på spørreundersøkelsen om plogfri jordarbeiding blir lite relevante for vurderingen av tiltaket.

3.6.1 Direktesåing

Direktesåing forutsetter anskaffelse av direkte-såmaskin. Det er rimelig å anta at det i alle fall på kort sikt ikke er aktuelt å kvitte seg med eksisterende såmaskin eller jordarbeidingsredskap. Det er sjelden tiltaket gjennomføres på alt åkerareal på gården.

Prisen på en direktesåmaskin av rimeligste type er ca. 130 000 kr. Det forutsettes at en slik maskin ofte vil bli kjøpt inn ved nabosamarbeid eller leid ut. Som det vil framgå av det følgende, forutsettes et tidsforbruk på 0,2 timer pr. daa. Hvis vi går ut fra at maskinen er i bruk 10 timer pr. dag, vil man rekke å behandle 50 dekar pr. dag. Forutsetter vi at våronna bør være gjort i løpet av 10 dager fra det første jordet blir laglig for kjøring, kan vi gå ut fra at maskinene gjennomsnittlig blir brukt på 500 daa. Dette gir en investering på 260 kr pr. daa. På grunn av usikkerhet med hensyn til mulighetene for utleie, naboers framtidige driftsendringer m.v., forutsetter jeg et standardavvik på 20 %.

En alternativ forutsetning er at eksisterende redskap på gården er nedslitt, slik at det vil være nødvendig å anskaffe plog, harv, slådd, såmaskin og handelsgjødselspreder hvis det ikke

anskaffes direktesåmaskin. Under denne forutsetningen antar jeg at merinvesteringen blir 35 000 kr,²⁶⁾ altså 70 kr/daa, fortsatt med 20 % standardavvik.

Tradisjonelt driftsopplegg forutsettes å kreve 0,75 timer/daa for de arbeidsoperasjoner som kan erstattes av direktesåing.²⁷⁾ Med den direktesåmaskinen som er forutsatt, er det nødvendig å så såkorn og gjødsel hver for seg. Gjennomsnittlig tidsforbruk for en behandling var i spørreundersøkelsen 6 minutter pr. daa (0,1 t/daa) for de 14 brukerne som direktesådde korn. To kjøringer gir altså 0,2 timer/daa og tidsbesparelsen i forhold til tradisjonell våronn er 0,55 timer/daa.

I likhet med tidligere, settes innsparingen av variable maskinkostnader til 36 kr/time med 25 % standardavvik, mens arbeidet verdsettes til 40-77 kr/time. Med 0,55 timer/daa gir dette en innsparing av variable maskinkostnader på 20 kr/daa med et standardavvik på 5 kr/daa, mens innsparingen av arbeidskraft blir mellom 22 kr og 42 kr. Dette forutsetter at eventuelle forskjellige vedlikeholdskostnader på andre redskaper enn traktorer er neglisjerbare.

I spørreundersøkelsen svarte 8 av 15 at over-

gang til direktesåing hadde gitt økt bruk av plantevernmidler. Av disse 8 hadde 7 brukt glyfosat (roundup), noen hadde brukt glyfosat i kombinasjon med andre midler. Når såpass mange svarte at de ikke hadde brukt mer plantevernmidler, skyldes sannsynligvis dette at de fleste brukte direktesåing i vekstskifte, slik at det ikke ble direktesådd på samme areal flere år på rad. Ved kontinuerlig direktesåing, vil det trolig være nødvendig å bruke glyfosat for å bekjempe kvekeugraset. Jeg forutsetter at det vil bli brukt 0,3 liter glyfosat pr. daa ved hver behandling. Prisen på glyfosat er 213 kr/liter (NILF 1988b s. 63), slik at kostnaden pr. behandling blir ca. 64 kr/daa.²⁸⁾

Det er også arbeidskostnader og variable maskinkostnader knyttet til glyfosatbehandlingen. Tidsforbruket forutsettes å være 0,2 timer pr. daa pr. behandling (NILF 1988b s. 43). Med samme verdsettingsprinsipp som tidligere, gir dette forventet økning i maskinkostnadene på 7 kr med standardavvik 2 kr, mens arbeidsinnsatsen blir fra 8 kr til 15 kr pr. daa.

Det er stor usikkerhet med hensyn til hvor ofte denne behandlingen er nødvendig. Hvert tredje år har vært anslått. Jeg forutsetter en tri-

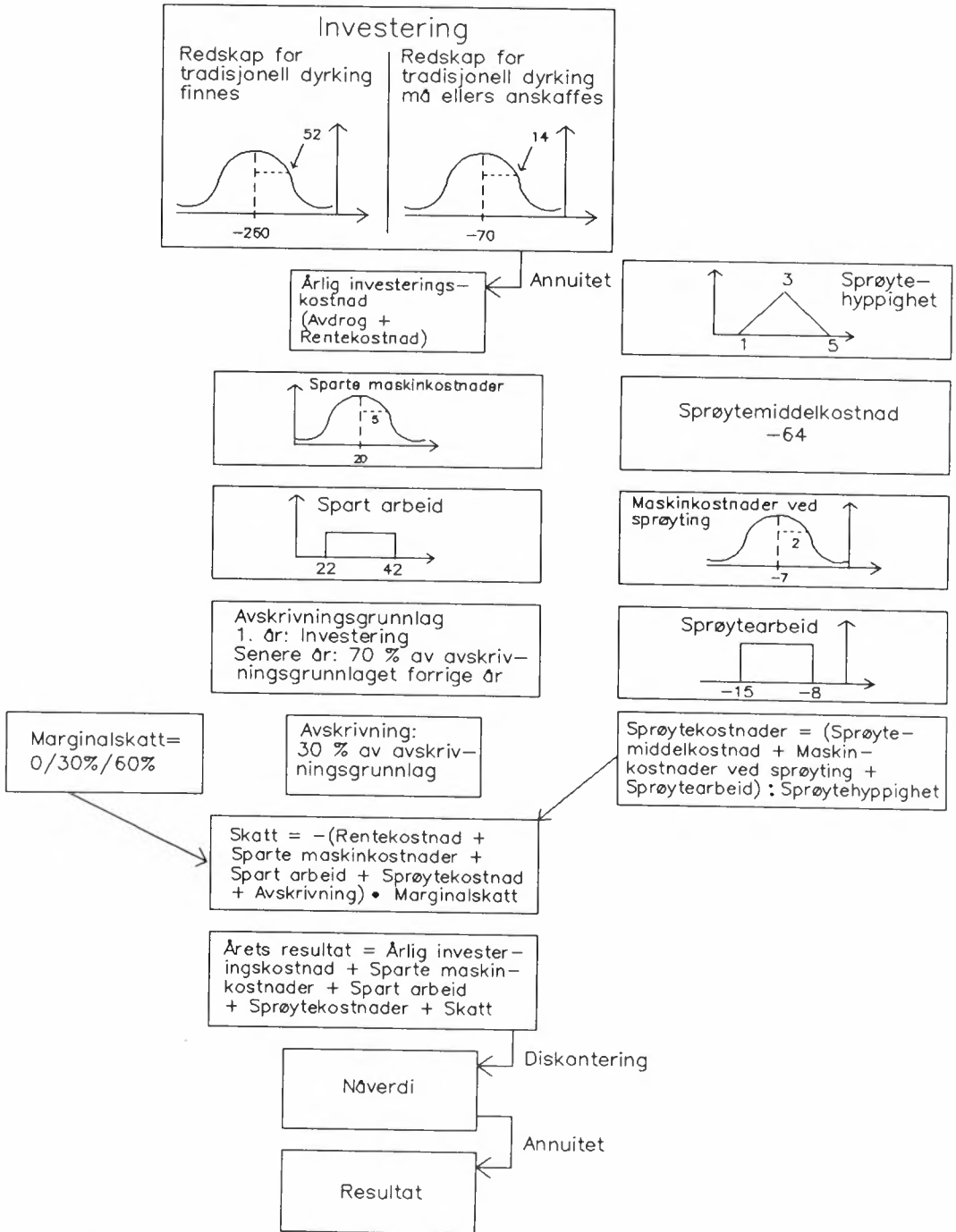
²⁶⁾ Direktesåmaskinen forutsettes å erstatte følgende redskaper, prisene er fra NILF (1988b s. 66-67):

3-skjærs plog	15 200 –	19 200
Kulturharv	9 400 –	24 200
Slådd	3 200 –	39 000
Ettfrøsåmaskin	16 100 –	38 200
Sentrifugalspreder	3 000 –	22 000
Sum	46 900 –	142 600

Middelet av summen er ca. 95 000 kr. Direktesåmaskinen koster ca. 130 000 kr, slik at merinvesteringen ved direktesåmaskin blir ca. 35 000 kr.

²⁷⁾ Tradisjonell dyrking forutsettes å bestå av pløying (0,25 time/daa), 2 ganger harving (2×0,1 time/daa), slådding (0,1 time/daa), gjødselspredning (0,075 t/daa) og såing (0,125 t/daa), i alt 0,75 t/daa. Alle tall er gjennomsnitt fra NILF (1988b s. 42-43).

²⁸⁾ Strengt talt kan man hevde at ugrassprøyting som skjer f.eks. en gang hvert 3. år bør behandles som en investering med 3 års levetid. En slik endret behandling ville imidlertid ha komplisert framstillingen uten å bidra til endringer av betydning for resultatene.



Figur 9. Skisse av elementer som inngår i foretaksøkonomisk analyse av direktesåing. Se fotnote til figur 6.

angulær fordeling hvor glyfosatsprøyting må skje minst hvert femte år og i verste fall hvert år, men hvor hvert tredje år er mest sannsynlig.

EKEBERG (1987) fant i middel like stor avling ved direktesåing som ved tradisjonell jordarbeiding i årene 1978-1986. Avlinga var lavere ved direktesåing et år med mye kveke, men høyere i to tørkeår. Jeg forutsetter at avlingsnivået er det samme ved direktesåing som ved tradisjonell jordarbeiding. Det vil i praksis si at eventuelle arealer hvor glyfosatsprøyting ikke er tilstrekkelig til å nøytralisere kvekeugras, ikke anses som aktuelle for direktesåing.

De nevnte forutsetningene for kalkylen er framstilt i figur 9. Med disse forutsetningene har jeg kommet til resultater som gjengitt i tabell 9.

Som det framgår av tabell 9, synes direktesåing bare unntaksvis å gi gunstige resultater for

den enkelte gårdbruker når direktesåmaskin anskaffes i tillegg til eksisterende redskap for tradisjonell våronn. Hvis direktesåmaskin anskaffes som alternativ til redskap for tradisjonell våronn, ser det derimot ut til at tiltaket ofte vil komme ut med positivt resultat. Når det gjelder realismen i det sistnevnte alternativet, må jeg føye til at jeg ikke vet om norske bønder som har kvittet seg med all jordarbeidingsredskap ved anskaffelse av direktesåmaskin.

Når det gjelder likviditetsvirkningen av tiltaket, er det spesielt grunn til å merke seg det positive utslaget første året for gårdbrukere med høy marginalsatt.

3.6.2 Vårharving som eneste jordarbeiding

Dette tiltaket forutsetter jeg kan gjennomføres med den redskapen som allerede finnes på gården. Jeg forutsetter videre at jordarbeidingen

Tabell 10. Foretaksøkonomiske resultater av direktesåing. Se fotnote til tabell 4.

		Marginal- skatt	10 % laveste	Forventning	10 % høyeste	
Redskap for tradisjonell dyrking finnes på gården	0	År 1	-46	-23	-6	
		År 5	-45	-17	3	
		År 10	-41	-10	17	
		Resultat	-35	-13	2	
	30 %	År 1	-12	3	12	
		År 5	-33	-13	1	
		År 10	-43	-16	2	
		Resultat	-22	-7	3	
	60 %	År 1	20	29	36	
		År 5	-21	-9	-1	
		År 10	-45	-26	-13	
		Resultat	-12	-3	2	
	Redskap for tradisjonell dyrking må ellers anskaffes	0	År 1	-9	12	25
			År 5	-8	18	34
			År 10	-7	28	50
			Resultat	-6	13	25
30 %		År 1	0	13	22	
		År 5	-4	12	23	
		År 10	-5	17	31	
		Resultat	-2	10	18	
60 %		År 1	7	15	20	
		År 5	-3	7	13	
		År 10	-8	5	14	
		Resultat	-1	6	10	

Tabell 11. Foretaksøkonomiske resultater av vårharving som eneste jordarbeiding. Se fotnote til tabell 4.

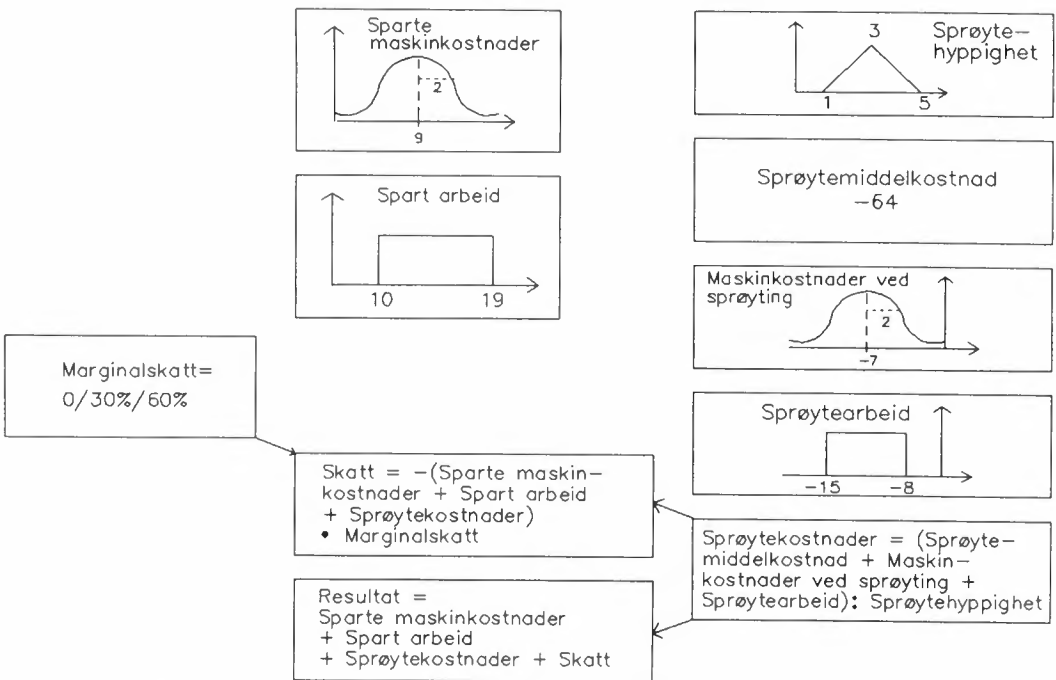
	10 % laveste	Forventning	10 % høyeste
Marginalskatt 0 (= virkning før skatt)	-22	-4	4
Marginalskatt = 30 %	-14	-3	3
Marginalskatt = 60 %	-9	-2	2

består av 2 harvinger og slodding om våren. I forhold til tradisjonell jordarbeiding spares pløying på 0,25 timer/daa. Innsparing av arbeid og variable maskinkostnader verdsettes på samme måte som tidligere. Jeg forutsetter at behovet for sprøyting vil øke i likhet med det som er tilfelle for direktesåing.

I forsøkene til EKEBERG (1987) var det ikke forskjell i avlingene mellom vårharving og tradisjonell jordarbeiding. Jeg forutsetter fortsatt

at tiltaket ikke gjennomføres på arealer hvor det vil resultere i avlingsnedgang.

Elementene som inngår i kalkylen for redusert jordarbeiding er framstilt i figur 10. Med disse forutsetningene har jeg kommet til resultater som gjengitt i tabell 11. Forventningsverdiene viser små, men negative tall. Det er liten grunn til å legge vekt på disse, da små endringer i forutsetningene om økt behov for plantevern vil kunne gi positivt gjennomsnittresultat.



Figur 10. Skisse av elementer som inngår i foretaksøkonomisk analyse av vårharving som eneste jordarbeiding. Jfr. fotnote til figur 6.

Tabell 12. Foretaksøkonomiske resultater av omdisponering fra åker til skog. Se fotnote til tabell 4.

		10 % laveste	Forventning	10 % høyeste
Marginal- skatt 0 (=virkning før skatt)	År 1	-185	-160	-130
	År 11	-350	-287	-223
	År 12	-500	-418	-341
	År 13	-399	-322	-247
	År 44	-3356	-1960	-1108
	År 45	19072	37814	68073
	Resultat	-166	-141	-108
Marginalskatt 30 %	År 1	-132	-103	-92
	År 11	-244	-201	-160
	År 12	-350	-292	-242
	År 13	-279	-225	-178
	År 44	-2385	-1372	-807
	År 45	12375	26470	52208
	Resultat	-108	-84	-58
Marginalskatt 60 %	År 1	-75	-64	-52
	År 11	-139	-115	-91
	År 12	-200	-167	-139
	År 13	-159	-129	-102
	År 44	-1371	-784	-451
	År 45	6977	15125	29770
	Resultat	-49	-31	-10

3.7 Omdisponering av åker

Åkerjord kan omdisponeres til driftsformer som gir mindre avrenning enn det som er vanlig for åker. Varig eng og skog forurensrer mindre enn åker.

Varig eng er mest aktuelt ved grovfôrbaserte husdyrproduksjoner. Selv om omlegging til mer grovfôrbasert husdyrhold sannsynligvis vil gi miljøforbedringer i kornområdene, har vi ikke data til å kvantifisere en slik eventuell forbedring. Et usikkert moment er i hvilken grad en slik omlegging vil føre til økt forurensning fra punktkilder. Det mest aktuelle alternativet for varig eng er derfor høyproduksjon for salg for å erstatte import av høy.

Det importeres i størrelsesorden 20 000-25 000 tonn høy pr. år i Norge. Hvis en

tenker seg at dette blir produsert på arealer som i dag er åker, blir åkerarealet redusert med ca. 30 000-40 000 daa. Dette utgjør bare i størrelsesorden 1 % av Norges åkerareal. Selv om man lokaliserer høyproduksjonen til spesielt erosjonsutsatt åker, vil dette ikke redusere landbruksforurensningene betydelig på nasjonalt nivå.

Andre alternativer som energiskog og ekstensiv kjøttproduksjon er ikke undersøkt fordi vi har få holdepunkter når det gjelder reduksjon av forurensningene ved slike driftsformer. Analysene er derfor konsentrert om mulighetene for skogproduksjon.

Det forutsettes at man velger å produsere lauvtrevirke for slip ved naturlig foryngelse.²⁹⁾ Dermed oppstår ingen kostnader ved anlegg,

²⁹⁾ Det viser seg at planting ikke svarer seg med 7 % kalkulasjonsrente som er brukt i denne undersøkelsen. Et eksempel på planting av lavlandsbjørk er vist i BERGER & JOHNSEN (1988). Kalkulasjonsrenten gjør også at nåverdien av inntektene ved granproduksjon, som krever ca. 70 års omløpstid, blir små.

men det er forutsatt en kostnad på 60 kr/daa til avstandsregulering i år 12. Jeg forutsetter et standardavvik på 10 %.

Jeg har forutsatt at løvskogen kan avvirket etter 45 år, og at tømmeret leveres til slip. Dekningsbidraget ved sluttavvirkning er beregnet til 3072 kr/daa.³⁰⁾ Her er spesielt de framtidige markedsforholdene usikre, derfor anslår jeg et standardavvik på 30 %. Etter gjeldende regler kan den skattbare inntekten ved hogst fordeles over 5 år. Dette er ikke tatt hensyn til i kalkylen, hvor all inntekt er forutsatt skattlagt i år 45. Det vil imidlertid ikke gi utslag av betydning om man fordelte skatten på årene 45-49, siden marginalsakten i beregningene er den samme for alle år.

Brukeren vil miste inntekten ved åkerdyrking. Dette tapet er vanskelig å verdsette ved hjelp av lønnsomhetsberegninger, fordi slike resultater blir svært sprikende. Dette skyldes store forskjeller i kostnader og usikkerhet med hensyn til hvorvidt faste kostnader vil reduseres eller forsvinne helt ved omlegging til skogdyrking.

Jeg har derfor valgt å verdsette muligheten for å dyrke korn ved hjelp av årsleie pr. daa. på jord for korndyrking. LANDBRUKETS PRIS-

CENTRAL (1988) har kommet fram til et landsgjennomsnitt på jordleie for korndyrking på 205 kr for god jord og 104 kr for dårlig jord. Det er ikke undersøkt hvor mye av jorda som faller inn under de to kategoriene, men det er all grunn til å regne med at «god jord» dominerer. Jeg forutsetter at 2/3 av jorda er god og 1/3 dårlig. Dette gir et veid gjennomsnitt på 171 kr/daa. Usikkerheten i anslaget er stor både på grunn av måten tallet er beregnet på og usikker framtidig lønnsomhet i kornproduksjonen. Jeg benytter derfor en triangulær fordeling med de oppgitte prisene på 104 kr og 205 kr som ytterpunkter.

Framgangsmåten ved beregningene er skissert i figur 11. Under disse forutsetningene har jeg fått resultater som vist i tabell 12.

Det er ikke overraskende at overgang fra korndyrking til skog er lite attraktivt for den enkelte gårdbruker. Imidlertid er det usikkert hvor godt bilde analysen gir av de privatøkonomiske konsekvensene, siden den største konsekvensen kan være at brukeren må finne et annet yrke. Dette problemet har jeg unngått ved å betrakte leieprisen på jord som en markedspris på alle ulemper ved at brukeren ikke lenger kan dyrke korn.

³⁰⁾ Dekningsbidrag i kr pr. m³ ved avvirkning:

Inntekt: Bjørk og annet løvtrevirke for slip		210
Kostnader: Hogst.....	55	
Kjøring.....	45	
Måle- og avvirkningsavgift.....	14	
Sum kostnader		114
Dekningsbidrag pr. kubikkmeter		96

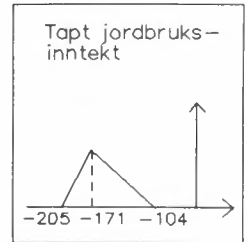
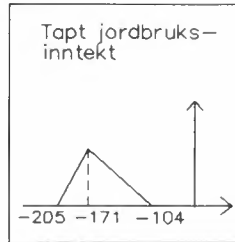
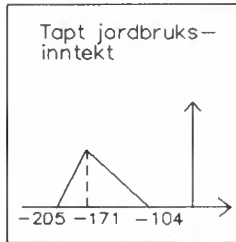
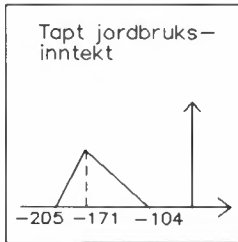
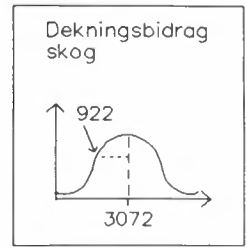
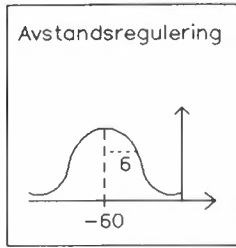
Med 32 m³ pr. daa gir dette et dekningsbidrag pr. daa på $32 \text{ m}^3/\text{daa} \times 96 \text{ kr/m}^3 = 3072 \text{ kr/daa}$.

År 1-11

År 12

År 13-44

År 45



Marginalskatt = 0/30%/60%

Skatt =
- Tapt jordbruksinntekt • marginalskatt

Skatt =
-(Avstandsregulering + Tapt jordbruksinntekt) • Marginalskatt

Skatt =
- Tapt jordbruksinntekt • marginalskatt

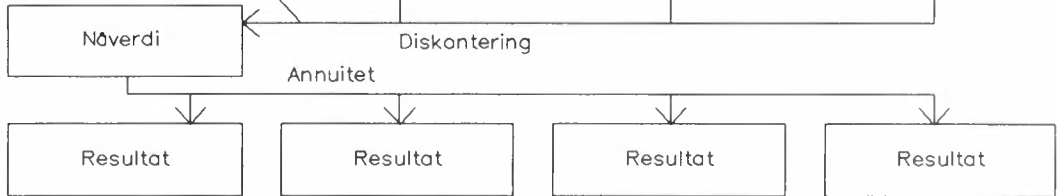
Skatt =
-(Dekningsbidrag skog + Tapt jordbruksinntekt) • Marginalskatt

Årets resultat =
Tapt jordbruksinntekt + skatt

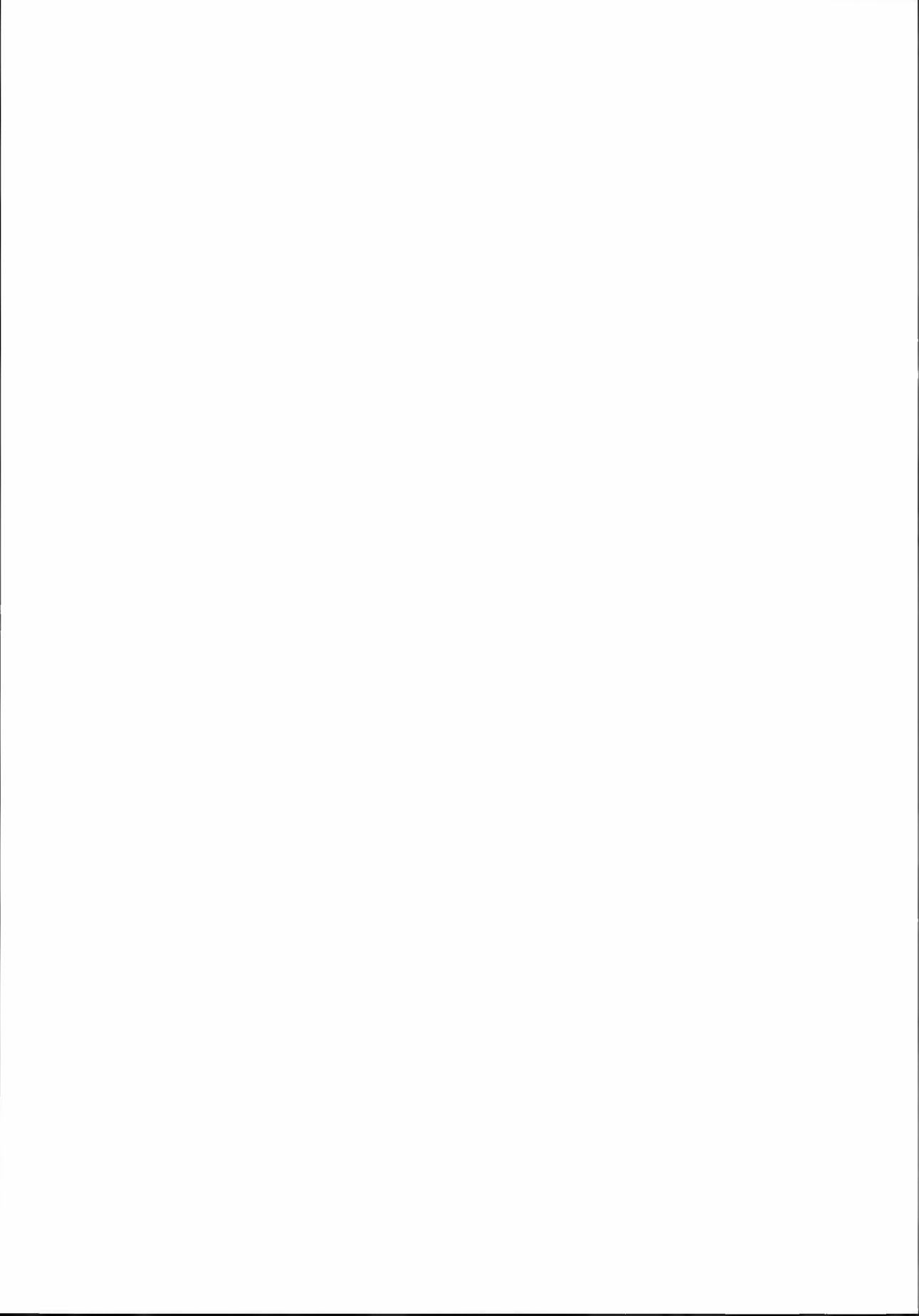
Årets resultat =
Avstandsregulering + Tapt jordbruksinntekt + Skatt

Årets resultat =
Tapt jordbruksinntekt + skatt

Årets resultat =
Dekningsbidrag skog + Tapt jordbruksinntekt + Skatt



Figur 11. Skisse av elementer som inngår i foretaksøkonomisk analyse av omdisponering fra åker til skog. Jfr. fotnote til figur 6.



4 Samfunnsøkonomiske analyser

4.1 Redusert bruk av handelsgjødsele-fosfor

4.1.1 Gjødseleplanlegging

Kostnaden ved analyse av jordprøve inntreffer hvert 6. år og beløper seg til 5 kr/daa (jfr. kap. 3.1.1). For det totale jordbruksarealet³¹⁾ gir dette en kostnad på 49 mill. kr hvert 6. år.

Anslaget for den mest sannsynlige verdi i den foretaksøkonomiske analysen var 15 kr/daa på husdyrløse bruk og 30 kr/daa på bruk med husdyr. Jeg velger disse verdiene som henholdsvis laveste og høyeste verdi i en triangulær fordeling. Storparten av jordbruksarealet ligger på bruk med husdyr, slik at anslaget for den mest sannsynlige verdi bør ligge nærmere det høyeste enn det laveste anslaget. Jeg velger 25 kr/daa som mest sannsynlig. Når disse tallene multipliseres med det totale jordbruksarealet, får vi henholdsvis 148 mill. kr, 247 mill. kr og 296 mill. kr som laveste, mest sannsynlige og høyeste anslag.

Usikkerheten vedrørende avlingsendring vil også bli mindre enn i den foretaksøkonomiske analysen (jfr. kap. 2.2.1, om «usikkerhet»). Det virker usannsynlig at en landsomfattende reduksjon i gjødselebruken skal føre til økt avling, selv om slike effekter kan forekomme på enkelte arealer. 0 blir derfor øvre grense for avlingsendring. Nedre grense er langt vanskeligere å fastsette. Men med gjødseleplanprogrammer som har som utgangspunkt at det skal skaffes

tilstrekkelig næring til den planteveksten man kan oppnå i et normalår, er det all grunn til å regne med at avlingstapet blir lite. Jeg setter 1 % avlingsreduksjon som nedre grense. Jeg har ikke grunnlag for å anslå en mest sannsynlig verdi. Derfor benytter jeg en rektangulær fordeling mellom de to ytterpunktene. 1 % avlingsendring verdsettes til 65 millioner kr etter innenlandsk prisnivå.³²⁾ Støtteandelen er satt til 0,7 (jfr. 2.3.5).

Jordprøvetaking tar ca. 20 minutter pr. prøve. Hver prøve dekker ca. 10 daa, slik at tidsforbruket blir 1 time pr. 30 daa. Med en pris på 350 kr/time (jfr. 2.3.2) blir kostnaden 11,67 kr/daa, som multiplisert med jordbruksarealet på 9,86 mill. daa gir 115 mill. kr.

Utarbeiding av plan tar gjennomsnittlig 3 timer for en kvalifisert fagperson ifølge erfaringer hos planleggere jeg har vært i kontakt med. Med i alt 101 503 driftsenheter (STATISTISK SENTRALBYRÅ 1988a) og 350 kr/time, blir kostnaden 107 mill. kr.

LANDBRUKSDEPARTEMENTET (1986 s. 51) har funnet at den marginale avrenning av løst fosfor pr. kg fosfor i gjødsele er 0,1-0,3 gram for korn og 3-6 gram for eng. For åkerarealene er det imidlertid fosfortapet gjennom erosjon som er viktigst. ÅSTEBØL (1988 s. 43-44) har for Mjøsas nedslagsfelt funnet at virkningen i form av økt partikulært fosfor på

³¹⁾ Det totale jordbruksarealet i drift er av STATISTISK SENTRALBYRÅ (1988a) oppgitt til 9,868 mill. daa på side 18 og 9,548 mill. daa på side 26. Sisnevnte tall antas å være mest korrekt. Dessverre har jeg i dette avsnittet og et par andre steder i det foreliggende arbeidet kommet i skade for å bruke det førstnevnte tallet. Dette gjør imidlertid ikke utslag av betydning for mine beregninger.

lengre sikt (ca. år 2000) utgjør i størrelsesorden 20 ganger så mye i årlig utslipp som den umiddelbare økningen i avrenning av løst fosfor. På bakgrunn av dette er det rimelig å sette virkningen både fra eng og åker til 3-6 gram pr. kg gjødsel.³³⁾ ÅSTEBØL (1988 op. cit.) regner videre en overdosering før bruk av gjødselplan på 0,5 kg/daa for åker og 2 kg/daa for eng. For landet som helhet gir dette følgende potensiale for reduksjon av algetilgjengelig fosfor (jfr. 2.3.6):

Åker: $4,29 \text{ mill. daa} \times 0,5 \text{ kg gjødsling/daa} \times 0,003/0,006 \text{ kg avrenning/kg gjødsling} \times 0,35 \text{ kg algetilgjengelig fosfor/kg avrenning} = 2,25 \text{ tonn/4,5 tonn}$

Eng m.m. $5,26 \text{ mill. daa} \times 2 \text{ kg gjødsling/daa} \times 0,003/0,006 \text{ kg avrenning/kg gjødsling} \times 0,5 \text{ kg algetilgjengelig fosfor/kg avrenning} = 15,8 \text{ tonn/31,6 tonn}$

Sum: $2,25 \text{ tonn/4,5 tonn} + 15,8 \text{ tonn/31,6 tonn} = 18 \text{ tonn/36 tonn}$.

Ut fra dette velger jeg en rektangulær fordeling med 18 tonn og 36 tonn som henholdsvis nedre og øvre grense.

Elementene som går inn i kalkylen er oppsummert i figur 12 og resultatene i tabell 13.

Som det framgår av tabell 13, er det totale samfunnsøkonomiske resultatet positivt i alle tilfeller. Dette tyder på at tiltaket kan anbefales uavhengig av hvor stor reduksjon av forurensningene man oppnår.

Landbruket vil i alle tilfeller ha fordel av å gjennomføre gjødselplanlegging. Hvis produksjonen verdsettes etter innenlandske priser, vil sektorene utenfor landbruket (dvs. det offentlige og konsumentene) ha en netto kostnad ved gjødselplanlegging. Hvis produksjonen verdsettes etter verdensmarkedets priser, er det usikkert om sektorene utenfor jordbruket vil få netto fordel eller netto kostnad som følge av tiltaket.

4.1.2 Avgift på fosfor i handelsgjødsel

Ved en avgift på fosfor i handelsgjødsel, er det forutsatt at gårdbrukeren reduserer bruken av handelsgjødsel-fosfor betydelig (jfr. 3.1.2). De økonomiske virkningene blir i korte trekk at gårdbrukerne betaler et avgiftsbeløp til staten, samtidig som de sparer noe i redusert gjødsel-

³²⁾ Den totale planteproduksjonen er verdsatt slik:

Grønnfôr og silovekster: 1136 mill. kg (STATISTISK SENTRALBYRÅ 1988a s. 37):	
2,2 kg/f.e. (NILF 1988b s. 16) =	516 mill. f.e.
Gras (omregnet til høy): 2881 mill. kg (STATISTISK SENTRALBYRÅ 1988a s. 37):	
2,1 kg/f.e. (NILF 1988b s. 16) =	1372 mill. f.e.
Sum, fôravlinger	1888 mill. f.e.
Fôravling i kroner:	
1888 mill. f.e. \times 2,06 kr/f.e. =	3889 mill. kr
Solgt avling (STATISTISK SENTRALBYRÅ 1988a s. 110) =	2608 mill. kr
Total avlingsverdi:	6497 mill. kr

1 % av den totale avlingsverdien gir ca. 65 mill. kr.

³³⁾ Strengt talt skulle anslaget ut fra dette resonnementet vært 2-6 gram for åker og 3-6 gram for eng. Men siden anslagene for åker og eng ligger svært nær hverandre og datamaterialet bak anslagene er spinkelt, finner jeg liten grunn til å operere med to ulike anslag.

Tabell 13. Simulerte samfunnsøkonomiske resultater ved gjødselplanlegging.³⁴⁾

		10 % laveste	Forventning	10 % høyeste
Verdensmar- kedspriser	Resultat for landbruket	137	188	233
	Resultat utenfor landbruket	-42	-24	-6
	Totalt resultat	118	164	204
	Kostnadseffektivitet	-	-	-
Innenlandske priser	Resultat for landbruket	140	188	236
	Resultat utenfor landbruket	-49	-47	-45
	Totalt resultat	93	141	189
	Kostnadseffektivitet	-	-	-

forbruk og får lavere avling enn med nåværende gjødslingspraksis.

Forbruket av fosfor i handelsgjødsel var i 1985/86 22 752 tonn (STATISTISK SENTRALBYRÅ 1988a s. 77). Dette tallet brukes som «P-salg uten avgift». P-pris uten avgift er satt til 6,70 kr/kg eller 0,0067 mill. kr/tonn, mens avgiftsbeløpet er 10 kr/kg eller 0,01 mill. kr/tonn (jfr. 3.1.2).

I den foretaksøkonomiske kalkylen forutsatte jeg at gårdbrukerens respons var å redusere P-gjødslingen til gjennomsnittlig 1,5 kg P/daa. Med et jordbruksareal på 9,868 mill. daa (STATISTISK SENTRALBYRÅ 1988a s. 18) gir dette et gjødslingsbehov på 14802 tonn fosfor. Dette er et høyeste anslag for P-salg med avgift, fordi det representerer en gjennomsnittlig gjødsling på 1,5 kg/daa med handelsgjødsel alene. Ifølge TVEITNES, HÅLAND & SCHJELDERUP (1985 s. 6) er den totale produksjonen av P i husdyrgjødsel i inneførsningsperioden 11600 tonn. Hvis vi antar at 80% av dette utnyttes innenfor de 1,5 kg/daa, kommer

behovet for handelsgjødsel-P ned i 5522 tonn. Dette er et laveste anslag for P-salg med avgift. Jeg velger en rektangulær fordeling mellom laveste og høyeste anslag.

Avlingsendringen er i kap. 3.1.2 verdsatt til 12 kr pr. kg reduksjon i fosforgjødslingen. Dette anslaget er beheftet med betydelig usikkerhet. Jeg forutsetter en normalfordeling med 12 kr/daa som forventning og standardavvik 2 kr/kg (h.h.v. 0,012 og 0,002 mill. kr/tonn).

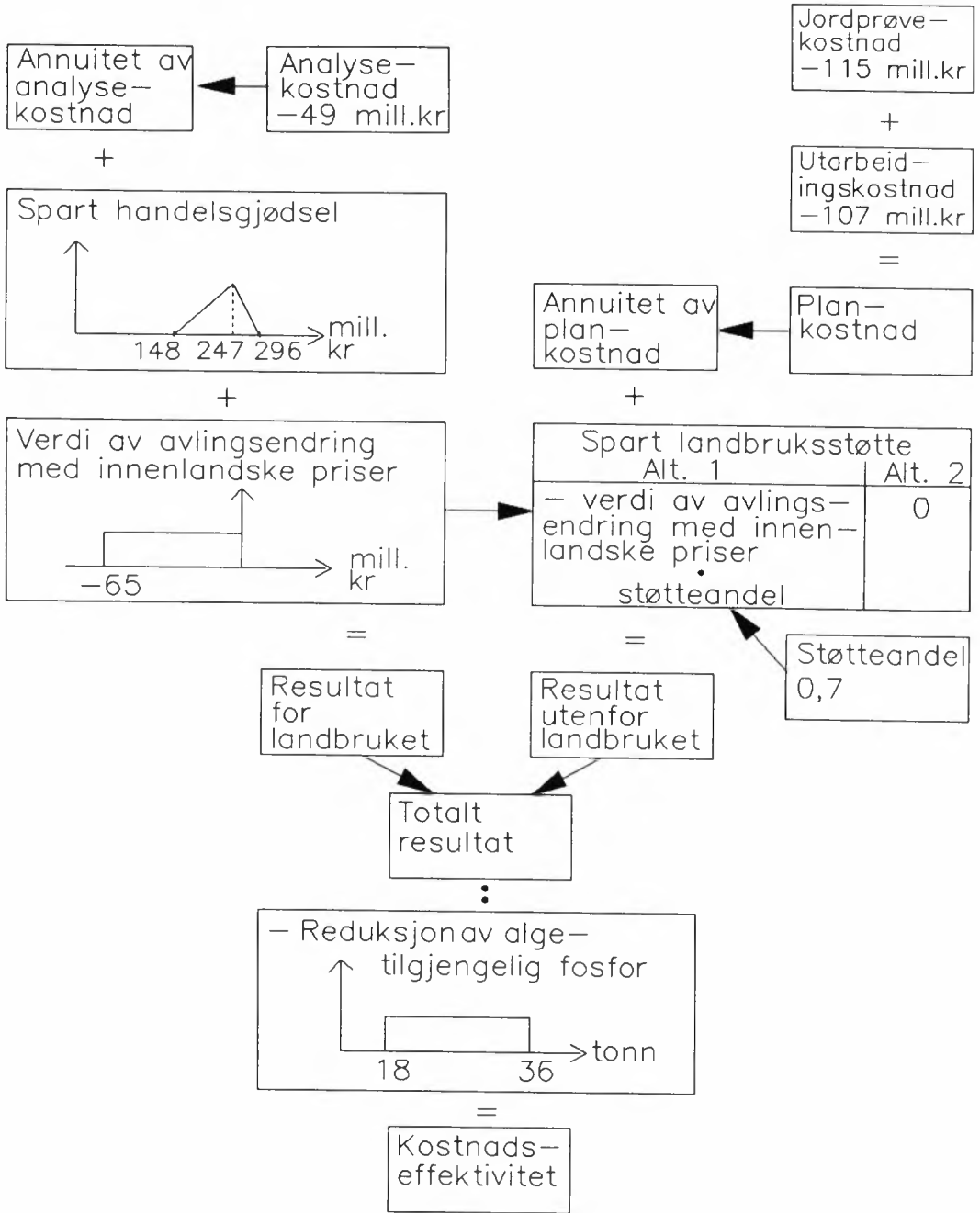
Det forutsettes at avgiften legges på produsent- og importleddet, slik at det blir nødvendig å kreve inn avgift bare fra et meget beskjedent antall bedrifter. Kostnadene ved innkrevingen anses dermed som ubetydelige.

Reduksjonen av totalfosfor er anslått til 3-6 gram pr. kg gjødsel (jfr. 4.1.1). Ved å forutsette lik andel av reduksjonen på åker og eng, får vi en gjennomsnittlig algetilgjengelighet på $(0,5 + 0,35)/2 = 0,43$ (jfr. 2.3.6). Dette gir en reduksjon av algetilgjengelig fosfor på 1,3-2,6 kg pr. tonn tilført fosforgjødsel. Jeg har forutsatt rektangulær fordeling.

³⁴⁾ Tallene er avrundet til hele millioner kr. Kostnadseffektivitet er gitt i millioner kroner pr. tonn algetilgjengelig fosfor. Kolonnen «100 % laveste» angir 10 % sannsynlighet for at resultatet vil ligge under dette tallet. Tilsvarende gjelder kolonnen «10 % høyeste». «Forventning» er framkommet ved bruk av forventningsverdien for de usikre elementene i kalkylen, altså uten simulering. Minus (-) i rubrikken for kostnadseffektivitet angir at kostnadseffektiviteten er negativ, slik at tallverdien av kostnadseffektivitetsbrøken er uten interesse.

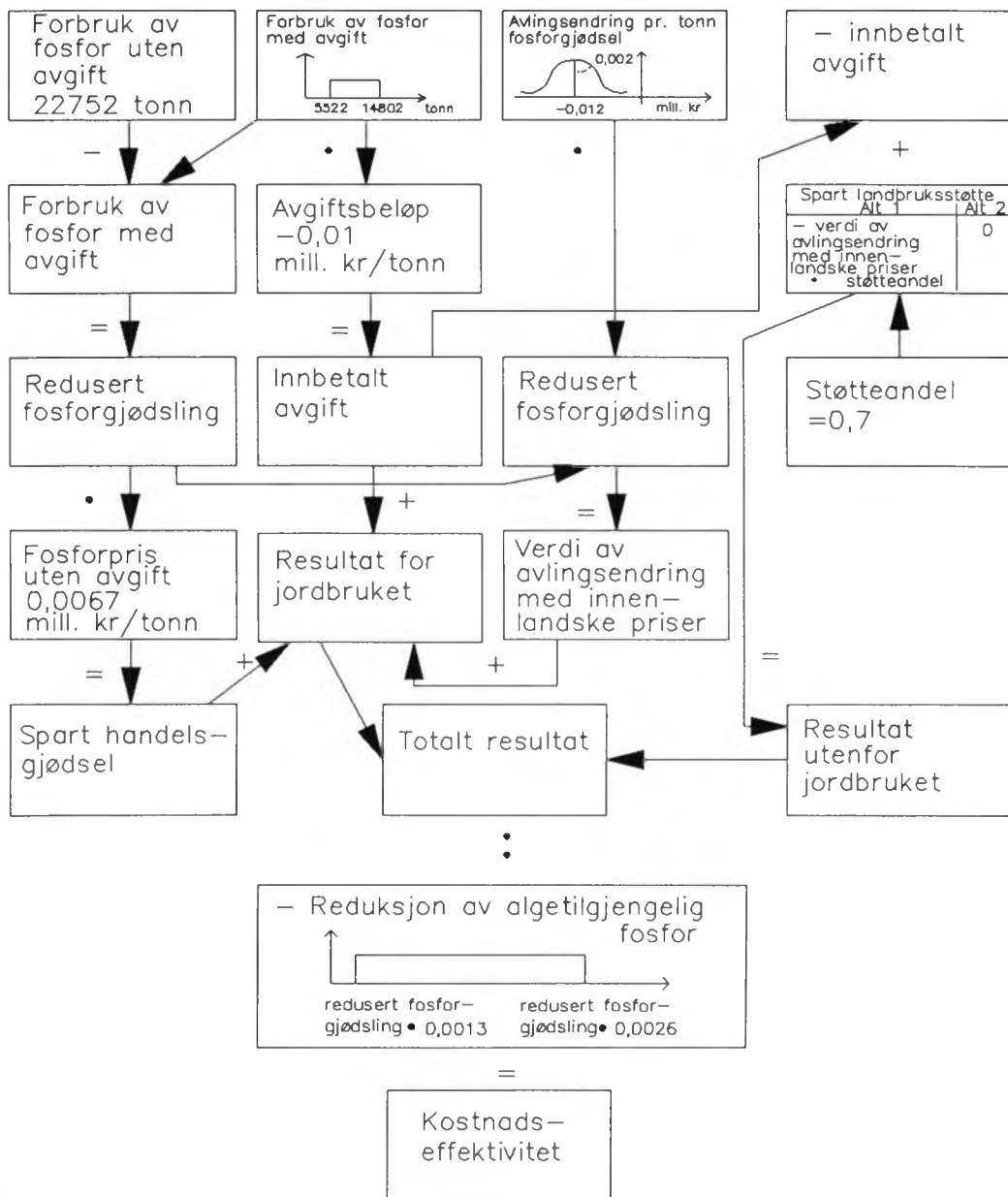
VIRKNINGER FOR LANDBRUKET

VIRKNINGER UTENFOR LANDBRUKET



Figur 12. Skisse av samfunnsøkonomisk analyse av gjødselplanlegging.

VIRKNINGER FOR LANDBRUKET

VIRKNINGER UTENFOR
LANDBRUKET

Figur 13. Skisse av samfunnsøkonomisk analyse av avgift på fosfor i handelsgjødsel.

Tabell 14. Simulerte samfunnsøkonomiske resultater ved avgift på fosfor i handelsgjødsel. Se fotnote til tabell 13.

		10 % laveste	Forventning	10 % høyeste
Verdensmar- kedspriser	Resultat for landbruket	-203	-168	-129
	Resultat utenfor landbruket	183	207	230
	Totalt resultat	25	39	54
	Kostnadseffektivitet	-	-	-
Innenlandske priser	Resultat for landbruket	-202	-168	-131
	Resultat utenfor landbruket	65	102	139
	Totalt resultat	-106	-67	-31
	Kostnadseffektivitet	1,3	2,7	4,5

Elementene som går inn i kalkylen er oppsummert i figur 13 og resultatene i tabell 14.

Som det går fram av tabell 14 er resultatet sterkt avhengig av hvorvidt man benytter innenlandske priser eller verdensmarkedspriser på produktene. Ved verdensmarkedspriser, får vi et positivt samfunnsøkonomisk resultat selv uten å ta reduserte forurensninger med i betraktningen. Med innenlandsk prisnivå oppstår det en netto samfunnsøkonomisk kostnad. I alle tilfeller innebærer tiltaket en økonomisk belastning på landbruket i størrelsesorden 100-200 mill. kr pr. år.

4.2 All spredning av husdyrgjødsel i vekstsesongen

Hvis all husdyrgjødsel skal spres i vekstsesongen, kreves det betydelige investeringer i lagerkapasitet. Dessuten vil det oppstå en rettidskostnad der hvor gjødsla må spres på åker (jfr. 3.2). Til gjengjeld vil man oppnå en bedre virkning av husdyrgjødsel, noe som kan tas ut i form av reduserte kostnader til handelsgjødsel.

Kostnaden ved utvidelse av gjødsellageret er i 3.2 satt til 690 kr/m³. Hvis man skal kreve at all gjødsel spres i vekstsesongen, er det rimelig å regne med at alle bruk må ha lagerkapasitet for et helt års lagring, eller mer nøyaktig for all gjødsel som produseres i inneføringstiden i lø-

pet av et år. Behovet for ekstra gjødsellagre antas å være mellom 1,0 og 2,0 mill. m³.³⁵⁾ Jeg forutsetter en rektangulær fordeling av sannsynligheten mellom de to ytterpunktene. Det forutsettes videre at det gis tilskudd til bygging av gjødsellagre etter gjeldende regler, slik at 30 % av investeringskostnaden bæres av det offentlige.

Det vil oppstå en rettidskostnad der hvor gjødselspredning flyttes fra høst til vår på åkerarealer. Den foretaksøkonomiske analysen viser at det er lønnsomt å spre i vekstsesongen hvis gjødsellageret er stort nok. Jeg forutsetter derfor at gjødselspredning utenfor vekstsesongen bare forekommer hos de brukere som har for liten lagerkapasitet. Rettidskostnaden pr. m³ husdyrgjødsel som flyttes fra høstspredning til vårspredning på eng, er i kap. 3.3 beregnet til 3 kr/m³. Også her er det betydelig usikkerhet. Jeg forutsetter at usikkerheten er normalfordelt med et standardavvik på 0,5 kr/m³.

Den gjødsla det bygges tilleggsleger for, vil bli bedre utnyttet ved at den spres på et agronomisk sett riktigere tidspunkt. Denne virkningen er i kap. 3.2 verdsatt til 16 kr/m³ som mest sannsynlige anslag. Jeg halverer spredningen i forhold til den foretaksøkonomiske kalkylen og får 11 kr og 24 kr som henholdsvis laveste og høyeste anslag.

De økonomiske virkningene utenfor landbruket vil bestå av statens andel av investeringskostnaden i gjødsellager (tilskottsandelen), eventuelt spart landbruksstøtte samt kontrollkostnad. Kontrollkostnaden er verdsatt til 11 mill. kr pr. år.³⁶⁾

Et tonn husdyrgjødsel inneholder ca. 1 kg totalfosfor, den eksakte mengden er noe ulik for ulike husdyrslag (jfr. TVEITNES, HÅLAND & SCHJELDERUP 1985 s. 5). Økt avrenning av fosfor ved spredning av husdyrgjødsel på feil tid ligger ifølge GEFO's forsøksresultater på 10-20 % av tilført mengde. Dette betyr at hvert tonn husdyrgjødsel gitt utenom vekstsesongen gir 100-200 gram avrenning. Behovet for gjødsellager er gitt i mill. m³, slik at den aktuelle enheten er 100-200 tonn avrenning av totalfosfor pr. million tonn gjødsel. 50 % algetilgjengelighet gir 50-100 tonn algetilgjengelig fosfor pr. mill. m³ gjødsel som spres utenom vekstsesongen. Men det er ikke sannsynlig at gjødsel til-

svarende hele behovet for gjødsellager blir spredd på en slik måte at det oppstår ekstra avrenning. Jeg forutsetter at avrenningen på 10-20 % av tilført mengde vil gjelde halvparten av den gjødsel det ikke er plass til å lagre hele året.

Elementene som går inn i kalkylen, er oppsummert i figur 14 og resultatene i tabell 15.

Som det framgår av tabell 15, vil dette tiltaket i alle fall gi netto kostnader både for gårdbrukeren og for det øvrige samfunnet. Kostnadene er likevel lave i forhold til virkningen i form av redusert fosforutslipp. Den økonomiske belastningen på jordbruket synes også å være moderat. Resultatene avhenger lite av hvorvidt man benytter innenlandske priser eller verdensmarkedspriser.

4.3 Pløying på tvers av fallretningen

Mange gårdbrukere kan pløye på tvers av fallretningen uten at det får økonomiske konse-

³⁵⁾ BERGE, HOLDHUS & AASLAND (1979 s. 83) har beregnet et behov på 1,49 mill. m³ utvidelse av gjødsellagre på landsbasis med utgangspunkt i krav om 8 måneders lagringstid. Imidlertid har mange bruk utvidet lagringskapasiteten i løpet av de siste 10 årene, slik at tallet neppe er representativt for dagens situasjon.

TVEITNES, HÅLAND & SCHJELDERUP (1985 s. 3) har beregnet husdyrgjødselproduksjonen i inneføringstida til 11,65 mill. m³, mens totalproduksjonen er 15,92 mill. m³. Jeg forutsetter at gjennomsnittsbuket har en lagringskapasitet på 2/3 av totalproduksjonen (tilsvarende dagens krav om 8 mnd. lagring), dvs. at de brukene som ikke har kommet opp i 8 mnd. lagerkapasitet oppveies av bruk som allerede i dag har større kapasitet enn kravet tilsier. I så fall er dagens lagringskapasitet 10,61 mill. m³. Kravet om lagring hele året innebærer at hele gjødselproduksjonen i inneføringstida skal kunne lagres, dvs. 11,65 mill. m³. I så fall er det et utbyggingsbehov på 1,0 mill. m³ gjødsellager.

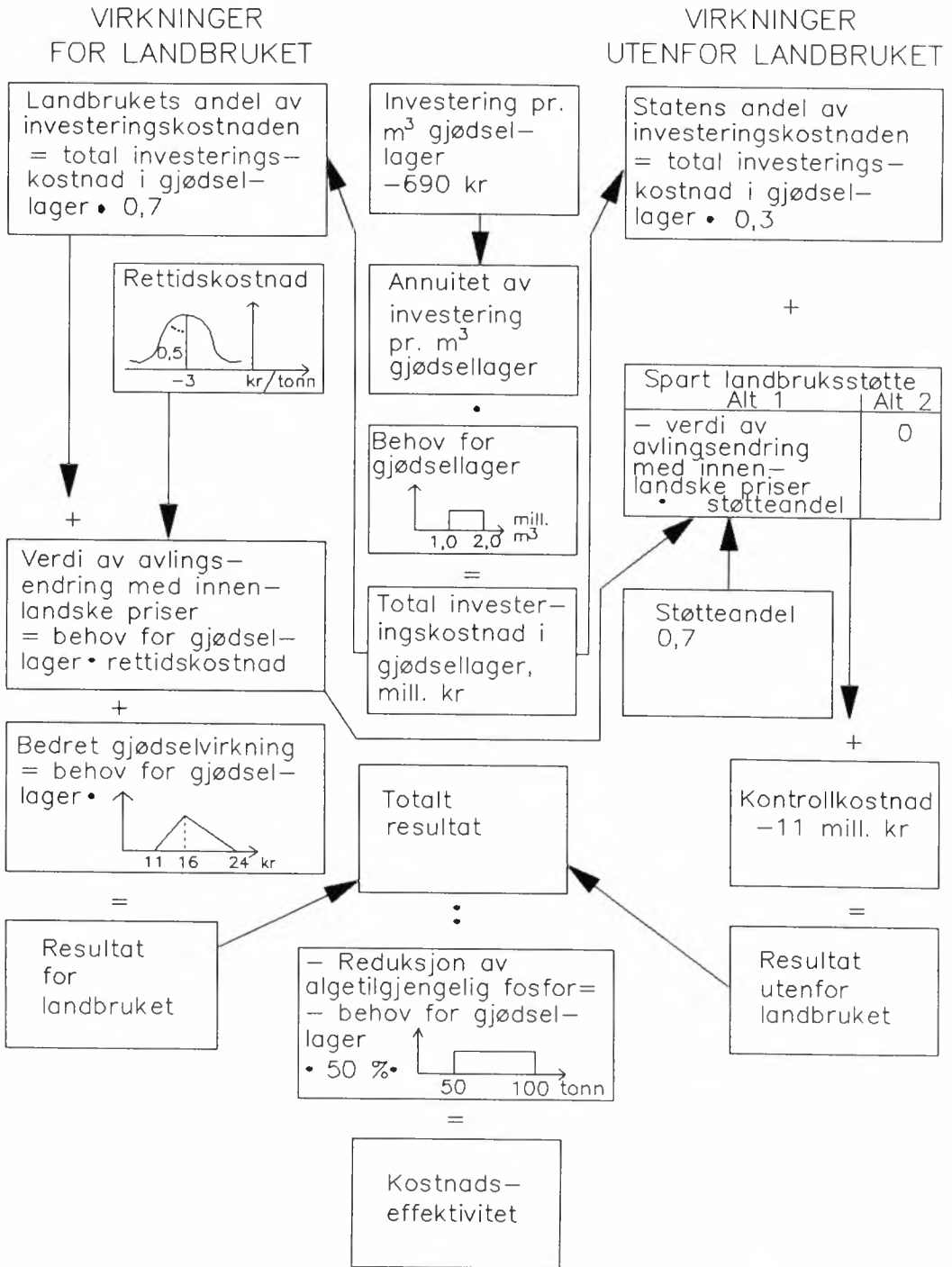
Dette anslaget virker svært optimistisk sett i forhold til hva BERGE, HOLDHUS & AASLAND (op. cit.) i sin tid beregnet som behov for tilleggslager for å komme opp i 8 mnd. lagringstid. Jeg velger derfor å anslå behovet for tilleggslager til mellom 1,0 og 2,0 mill. m³.

³⁶⁾ Det antas at kontrollen må omfatte besøk på hvert enkelt gårdsbruk for å kontrollere forholdet mellom husdyrbestand og lagerkapasitet, samt kontroll om høsten og vinteren av at gjødselspredning ikke finner sted.

Kontroll av den førstnevnte typen finner sted i dag. Med bakgrunn i eksisterende erfaringer, forutsetter jeg at kontrollen av hvert bruk tar 2 timer inkludert kjøring mellom gårdsbrukene, og at hvert bruk blir kontrollert hvert femte år. Med ca. 70 000 gårdsbruk med husdyr gir dette 14 000 kontroller og 28 000 arbeidstimer pr. år.

Kontroll av at gjødselspredning ikke finner sted i visse perioder krever ikke gårdsbesøk, annet enn ved brudd på forskriftene. Ellers er det tilstrekkelig å kjøre inspeksjonsrunder i området. Jeg antar at 100 timer årlig pr. fylke vil være tilstrekkelig, slik at denne kontrollen krever 2000 arbeidstimer årlig.

Totalt vil kontrollen med tiltaket kreve 30 000 arbeidstimer pr. år. Med 350 kr pr. arbeidstime gir dette ca. 11 mill. kr.



Figur 14. Skisse av samfunnsøkonomisk analyse av tiltaket «all spredning av husdyrgjødsel i vekstsesongen».

Tabell 15. Simulerte samfunnsøkonomiske resultater ved tiltaket «all spredning av husdyrgjødsel i vekstsesongen». Se fotnote til tabell 13.

		10 % laveste	Forventning	10 % høyeste
Verdensmar- kepriser	Resultat for landbruket	-64	-47	-33
	Resultat utenfor landbruket	-45	-37	-30
	Totalt resultat	-108	-85	-64
	Kostnadseffektivitet	1,1	1,5	2,1
Innenlandske priser	Resultat for landbruket	-63	-47	-33
	Resultat utenfor landbruket	-48	-40	-32
	Totalt resultat	-111	-88	-65
	Kostnadseffektivitet	1,2	1,6	2,1

kvenser. Ut fra det som allerede er sagt i 3.3, finner jeg det rimelig å anta at økonomiske konsekvenser bare opptrer der hvor gårdbrukeren trenger vendepløgg for å pløye på tvers av fallet

og han ikke har eller i alle fall ville ha anskaffet slik pløgg.

I den foretaksøkonomiske analysen skilte jeg mellom to tilfeller når vendepløgg var nød-

³⁷⁾ Ifølge STATISTISK SENTRALBYRÅ (1979), er 87 % av jordbruksarealet i Norge «godt høveleg» for traktordrift, dvs. med hellingsgrad 1:6 (17 %) eller bedre. 6 % av arealet «høver dårleg» for traktordrift, dvs. har en helning på mellom 1:6 og 1:2,5 (17 %-40 %), mens 7 % er «ikkje høveleg» for traktordrift.

Praktiske erfaringer tyder på at pløying på tvers av fallet er mulig med vanlig pløgg helt opp til 17 % helning, men ikke uten visse ulemper. På den annen side er det aller bratteste arealet normalt ikke disponert som åker. En rimelig vurdering ut fra dette kan være at ca. 80 % av åkerarealet kan pløyes på tvers av fallet med vanlig pløgg uten at brattheten skaper problemer. For de øvrige 20 % vil det være mulig å pløye på tvers av fallet hvis vendepløgg er tilgjengelig.

³⁸⁾ Det vil hovedsakelig være gårdens størrelse som avgjør hvorvidt man velger å kjøpe vendepløgg eller å benytte et maskinfirma. Det er nå forutsatt at tiltaket gjennomføres ved forskrift, og at det derfor ikke er aktuelt å vente med anskaffelsen til den gamle pløgen i alle fall må skiftes ut. Dessuten er det sannsynlig at en slik drastisk innføring av vendepløgen vil føre til at svært mange eldre, tradisjonelle pløgg blir tilbudt for salg slik at vi neppe kan regne med noen verdi av betydning. Prisen på vendepløgg er 51 343 kr inkl. investeringsavgift. Dette gir en annuitet på 7310 kr med et krav til realforrentning på 7 % og 10 års tidshorisont.

Skjæringspunktet mellom best lønnsomhet ved kjøp av vendepløgg og best lønnsomhet ved leiepløying ved korn dyrking inntreffer ved det arealet hvor:

Betaling til utleiefirma ved leiepløying + rettidskostnad ved leiepløying - sparte maskinkostnader ved leiepløying - spart arbeidsforbruk ved leiepløying = annuitet av vendepløgg.

Ved å sette inn forventningsverdiene fra den foretaksøkonomiske analysen, gir dette følgende ligning, hvor x = antall daa:

$$29x + 39x - 9x - 15x = 7310$$

$$x = 166, \text{ altså } 166 \text{ daa.}$$

En rimelig antagelse kan etter dette være at bruk med mer enn 166 daa åker vil anskaffe egen vendepløgg.

vendig: Der hvor gårdbrukeren ville velge å kjøpe vendepløgg og der hvor brukeren ville benytte leiepløying. Jeg har forutsatt at 20 % av åkerarealet krever vendepløgg for at det skal kunne pløyes på tvers av fallretningen.³⁷⁾ Videre har jeg forutsatt at bruk med mer enn 166 daa åker velger å kjøpe vendepløgg, mens de øvrige vil benytte leiepløying.³⁸⁾ Jeg har videre forutsatt at dette fører til at 10 % av det totale åkerarealet blir pløyd med egen vendepløgg og 10 % ved leiepløying.³⁹⁾

Noen av de som må bruke vendepløgg for å pløye på tvers av fallet og som forutsettes å foretrekke egen vendepløgg framfor maskinutleiefirma, har allerede anskaffet vendepløgg. Ut fra vendepløggens utbredelse, synes det rimelig å anta at dette bare dreier seg om ca. 10 % av de som må bruke vendepløgg, altså ca. 2 % av totalen.

Jeg antar at det skal kjøpes vendepløgger til 18 % av alle driftsenheter som har mer enn 166

daa korn (20 % som trenger vendepløgg – 2 % som allerede har vendepløgg). Antall driftsenheter med mer enn 200 daa korn er 4761, mens 7399 driftsenheter har 100-200 daa korn (STATISTISK SENTRALBYRÅ 1988a). Hvis vi som et grovt anslag regner med at størrelsesgruppen 100-200 daa fordeler seg likt på størrelse, blir det 9644 driftsenheter med mer enn 166 daa korn. 18% av disse utgjør 1736 vendepløgger à 51 343 kr (inkl. investeringsavgift) = ca. 89 mill. kr. Usikkerheten med hensyn til antall vendepløgger er stor. Jeg benytter derfor en normalfordeling med standardavvik på 20 %, altså 18 mill. kr.

Det er forutsatt en avlingsøkning på det aktuelle arealet (jfr. kap. 3.3). Ut fra forutsetningene ovenfor, antas denne økningen å gjelde 18 % av det arealet som har grønnfôr, silovekster eller salgsproduksjon, altså gras unntatt. Denne produksjonen har følgende verdi (jfr. 4.1.1):

Grønnfôr og silovekster: 516 mill. f.e. × 2,06 kr/f.e. × 18 %	= 191 mill. kr
Solgt avling: 2608 mill kr × 18 %	= 469 mill. kr
Sum	= 660 mill. kr

Avlingsøkningen ble i kap. 3.3 anslått til 1 %, som i så fall gir ca. 7 mill. kr. Her er det stor usikkerhet både med hensyn til størrelsen av avlingsøkningen og hvor stort areal den vil omfatte, derfor velger jeg en rektangulær fordeling med 0 og 14 mill. kr som ytterpunkter.

Det aktuelle arealet for leiepløying er 10 % av totalt åkerareal, som gir 0,42 mill. daa. Betaling til utleiefirma ved leiepløying, rettidskostnad ved leiepløying og sparte maskinkostnader

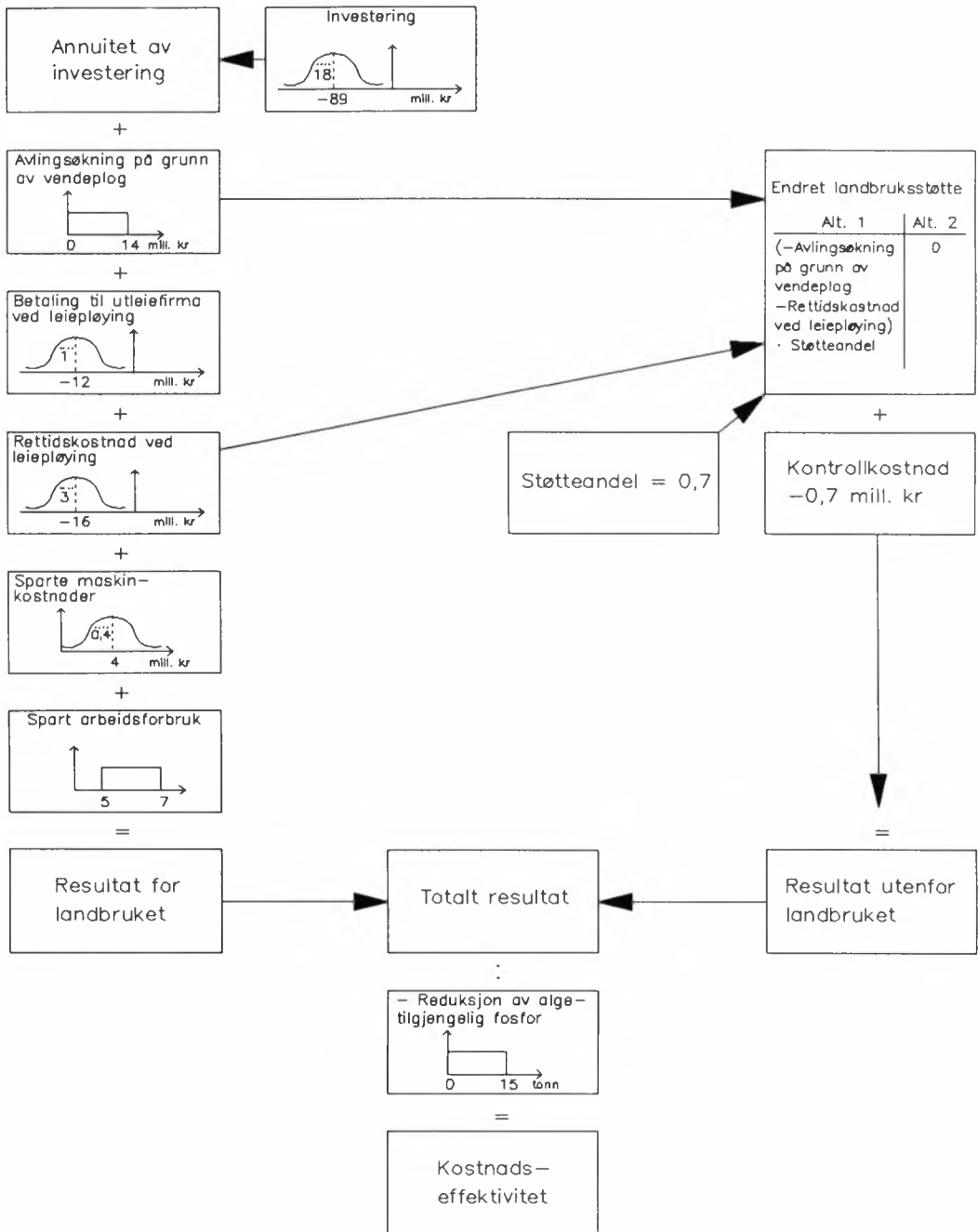
ved leiepløying er anslått i den foretaksøkonomiske analysen. Ved å multiplisere forventningsverdiene fra den foretaksøkonomiske kalkylen med 0,42 millioner, får jeg samfunnsøkonomiske forventningsverdier. Avvikene fra forventningen er satt prosentvis halvparten så store som i den foretaksøkonomiske analysen.

Kontrollen med at tiltaket gjennomføres, kan utføres visuelt fra bil. Jeg forutsetter derfor at det er tilstrekkelig med 100 timer pr. år i hvert

³⁹⁾ I 1979 befant 29,8 % av kornarealet seg på bruk med 100-200 daa korn, mens 38,1 % av kornarealet befant seg på bruk med mer enn 200 daa korn (STATISTISK SENTRALBYRÅ 1985, s. 86). Med utgangspunkt i lønnsomhetsgrensen på 166 daa for kjøp av egen vendepløgg, kan et rimelig anslag være at 50 % av det bratte arealet vil bli pløyd med egen vendepløgg, resten ved leiepløying. Det innebærer i så fall at 10 % av det totale åkerarealet pløyes med egen vendepløgg og 10 % ved leiepløying.

VIRKNINGER FOR LANDBRUKET

VIRKNINGER UTENFOR LANDBRUKET



Figur 15. Skisse av samfunnsøkonomisk analyse av tiltaket «pløying på tvers av fallretningen».

fylke, som gir ca. 2000 timer på landsbasis. Med en timepris på 350 kr blir kostnaden 0,7 mill. kr.

Med bakgrunn i GEFO's erfaringer er virkningen anslått til 0-10 %. Den totale avrenningen av algetilgjengelig fosfor fra åker er anslått til 150 tonn, slik at virkningen av tiltaket blir 0-15 tonn.

Forutsetningene som er nevnt i det foregående, er oppsummert i figur 15. Resultatene er oppsummert i tabell 16.

Som det framgår av tabell 16, er tiltaket lite følsomt overfor valg av verdensmarkedets eller innenlands priser for verdsetting av produktene.

Pløying på tvers av fallet befinner seg i den gruppen av tiltak som kan gjennomføres med små samfunnsøkonomiske kostnader, men hvor det vil være en samfunnsøkonomisk nettokostnad. Kostnaden vil måtte bæres av gårdbrukerne. Det som ikke kommer fram i tabellen, er at fordelingen av kostnadene innenfor landbruket trolig er skjevare ved dette tiltaket enn ved de fleste andre tiltak. De fleste gårdbrukere vil ikke merke noen kostnad, mens noen få brukere blir påført en betydelig kostnad som de kanskje vil mene at de har svært lite utbytte av.

Grensen for «10 % høyeste» kostnadseffektivitet ligger svært høyt. Dette skyldes at an-

slaget for redusert fosforutslipp går helt ned til 0. En moderat kostnad dividert på en virkning nær 0 vil gi et meget høyt kostnadseffektivitetstall.

4.4 Grasdekte vannveier

Med utgangspunkt i 3.4, forutsetter jeg at de økonomiske virkningene for landbruket vil bestå av tapt avling samt arbeidsmessige ulemper. Det offentlige vil få utgifter til kontroll og eventuelt reduserte kostnader til landbruksstøtte.

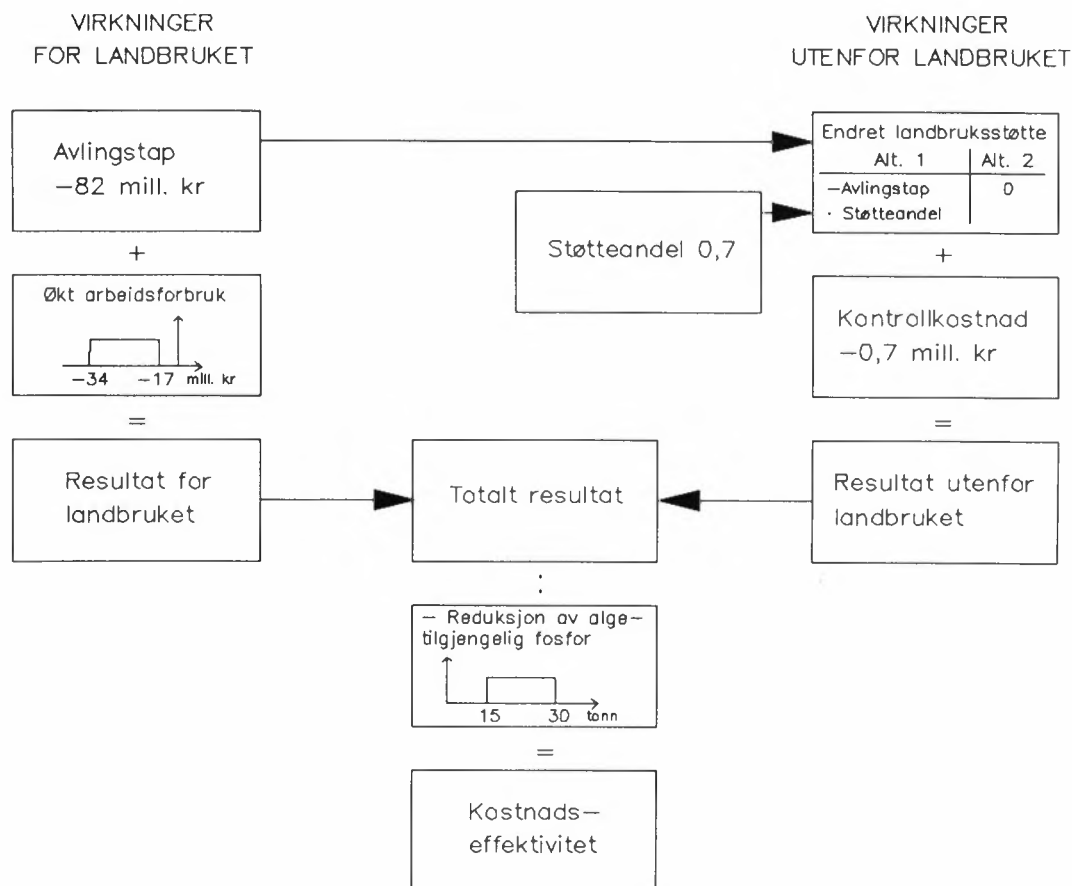
Avlingstapet er i 3.4 verdsatt til 19 kr/daa og de arbeidsmessige ulempene er verdsatt til 4-8 kr/daa. Disse tallene er multiplisert med det totale åkerarealet. Kontrollkostnadene verdsettes på samme måte som i forrige avsnitt. Virkningen er i samråd med GEFO anslått til 10-20 % av fosforavrenningen fra åker, dvs. 15-30 tonn.

Forutsetningene som er nevnt i det foregående, er oppsummert i figur 16. Resultatene er oppsummert i tabell 17.

Vi ser at kostnadene for landbruket er betydelige, og at valg av innenlandske eller verdensmarkedets priser spiller en betydelig rolle for de totale samfunnsøkonomiske kostnadene. Pr. enhet redusert fosforutslipp er tiltaket ikke av de aller gunstigste.

Tabell 16. Simulerte samfunnsøkonomiske resultater ved tiltaket «pløying på tvers av fallretningen». Se fotnote til tabell 13.

		10 % laveste	Forventning	10 % høyeste
Verdensmar- kedspriser	Resultat for landbruket	-31	-24	-16
	Resultat utenfor landbruket	1	6	10
	Totalt resultat	-22	-18	-14
	Kostnadseffektivitet	1,3	2,4	14
Innenlandske priser	Resultat for landbruket	-31	-24	-16
	Resultat utenfor landbruket	-1	-1	-1
	Totalt resultat	-32	-24	-17
	Kostnadseffektivitet	1,7	3,3	16



Figur 16. Skisse av samfunnsøkonomisk analyse av grasdekte vannveier.

Tabell 17. Simulerte samfunnsøkonomiske resultater ved grasdekte vannveier. Se fotnote til tabell 13.

		10 % laveste	Forventning	10 % høyeste
Verdensmarkedspriser	Resultat for landbruket	-114	-108	-101
	Resultat utenfor landbruket	57	57	57
	Totalt resultat	-58	-51	-44
	Kostnadseffektivitet	1,8	2,3	3,1
Innenlandske priser	Resultat for landbruket	-114	-108	-101
	Resultat utenfor landbruket	-1	-1	-1
	Totalt resultat	-115	-108	-102
	Kostnadseffektivitet	3,8	4,8	6,6

4.5 Vårpløyning

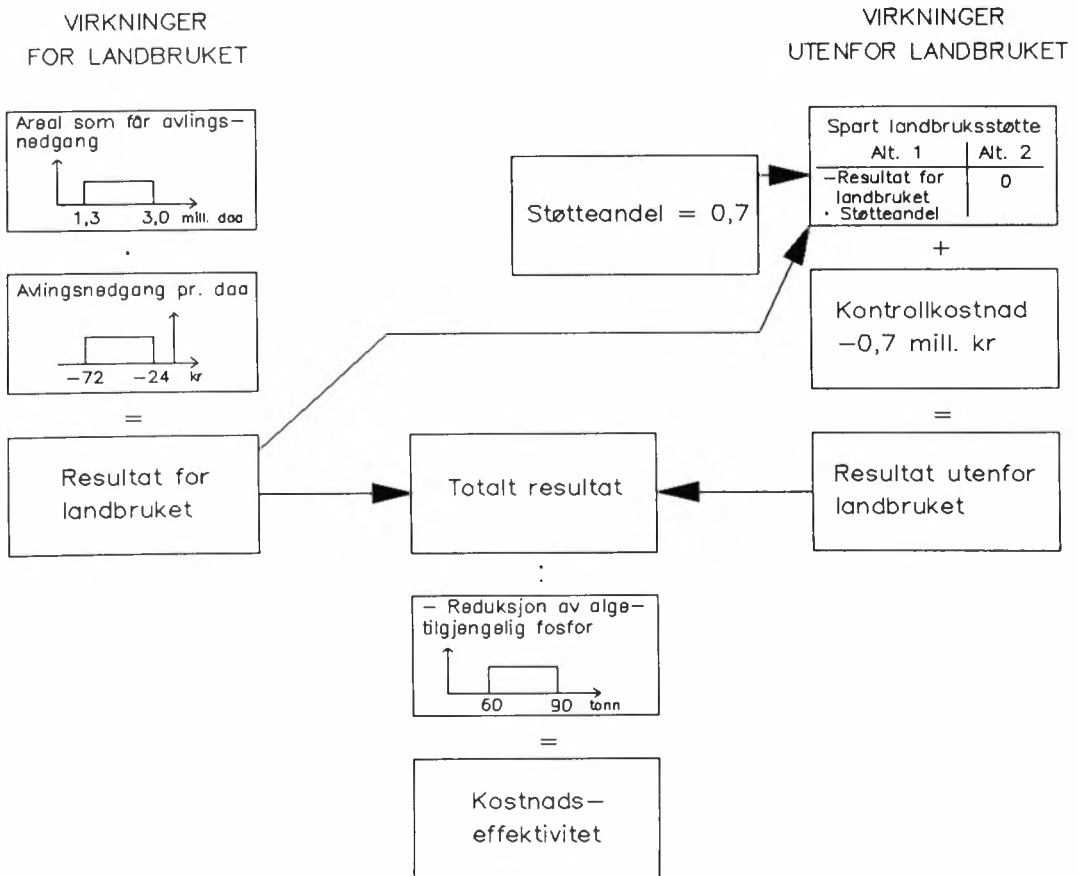
Ifølge forutsetningene i 3.5, består de foretaksøkonomiske konsekvensene av vårpløyning i at noen arealer vil få avlingsnedgang. På siltjord regner man med at vårpløyning kan ha en gunstig effekt. Et utdrag fra Jorddatabanken viste at bare 7 % av jordprøvene for korn og poteter befant seg på siltjord. Det virker imidlertid helt urimelig å forutsette at 93 % av arealet skulle få avlingsnedgang, både på bakgrunn av resultatene til NJØS og EKEBERG (1980) og på bakgrunn av vår spørreundersøkelse. Datamaterialet er mangelfullt på dette området, og det tilsier at forutsetningene må gjøres med stor usikkerhet. Jeg velger å forutsette at mellom 30 % og 70 % av åkerarealet rammes. Dette gir mellom 1,3 og 3,0 mill. daa som får avlingsnedgang.

Avlingsnedgangen pr. daa er i den foretaksøkonomiske analysen satt til mellom 0 og 95 kr. Jeg halverer usikkerheten i den samfunnsøkonomiske kalkylen. Dette gir et tap på 24-72 kr/daa.

Virkningen utenfor landbruket består av spart landbruksstøtte og kontrollkostnad. Disse verdsettes på samme måte som tidligere.

Virkningen i form av redusert utslipp er i samråd med GEFO satt til 40-60 % av den totale avrenningen av fosfor fra åpen åker. Ifølge forutsetningene som er gjengitt i 2.3.6, gir dette en reduksjon av algetilgjengelig fosfor på 60-90 tonn.

Disse forutsetningene gir en analyse som skissert i figur 17. Resultatene er gjengitt i tabell 18.



Figur 17. Skisse av samfunnsøkonomisk analyse av vårpløyning.

Tabell 18. Simulerte samfunnsøkonomiske resultater ved vårpløying. Se fotnote til tabell 13.

		10 % laveste	Forventning	10 % høyeste
Verdensmar- kedspriser	Resultat for landbruket	-157	-103	-59
	Resultat utenfor landbruket	40	72	109
	Totalt resultat	-48	-32	-18
	Kostnadseffektivitet	0,2	0,4	0,7
Innenlandske priser	Resultat for landbruket	-160	-103	-55
	Resultat utenfor landbruket	-1	-1	-1
	Totalt resultat	-161	-104	-55
	Kostnadseffektivitet	0,7	1,4	2,2

Som det framgår av tabell 18, ser tiltaket ut til å gi en økonomisk belastning på jordbruket i størrelsesorden 100 mill. kr. Samfunnsøkonomisk innebærer tiltaket en netto kostnad, men størrelsen av denne kostnaden er sterkt avhengig av hvorvidt man benytter innenlandske eller verdensmarkedets priser. Kostnadseffektiviteten tyder på at tiltaket er svært gunstig ut fra verdensmarkedets priser, men heller ikke avskrekkinge kostbart målt med innenlandske priser.

4.6 Redusert eller ingen jordarbeiding

4.6.1 Direktesåing

Jeg forutsetter at direktesåing bare kan gjennomføres på arealer hvor det dyrkes korn, dvs. 3,49 mill. daa (STATISTISK SENTRALBYRÅ 1988a s. 26). Tiltaket kan heller ikke gjennomføres på arealer som har en ugunstig jordart, er for små eller har for stor helning. Jeg forutsetter at tiltaket bare er aktuelt på halvparten av kornarealet, dvs. 1,75 mill. daa.

Jeg har i kap. 3.6.1 forutsatt at hver direktesåmaskin vil bli brukt på 500 daa. Hvis 1,75 mill. daa skal direktesås, kreves det dermed ca. 3500 direktesåmaskiner. Med en pris på 130 000 kr pr. direktesåmaskin, innebærer dette en investering på 455 mill. kr. I dette tallet ligger en betydelig usikkerhet som i første rekke

gjelder hvor stort areal hver maskin vil dekke. Jeg forutsetter derfor 20 % standardavvik.

Tidsbesparelsen er i den foretaksøkonomiske analysen beregnet til 0,55 timer/daa. Med 1,75 mill. daa gir dette en total besparelse på 0,96 mill. timer. Besparelsen av arbeidskraft og variable maskinkostnader som følge av redusert kjøretid er verdsatt på samme måte som tidligere.

Den årlige merkostnaden ved bruk av plantervern er verdsatt på samme måte som i den foretaksøkonomiske analysen. Den eneste forskjellen er at anslaget for hyppigheten av glyfosatbehandlingen er gitt en mindre spredning i den samfunnsøkonomiske analysen. Yttergrensene er dermed blitt henholdsvis hvert annet og hvert fjerde år, mot hvert år og hvert femte år i den foretaksøkonomiske analysen.

Kostnaden ved kontroll av forskrift er som før verdsatt til 0,7 mill. kr.

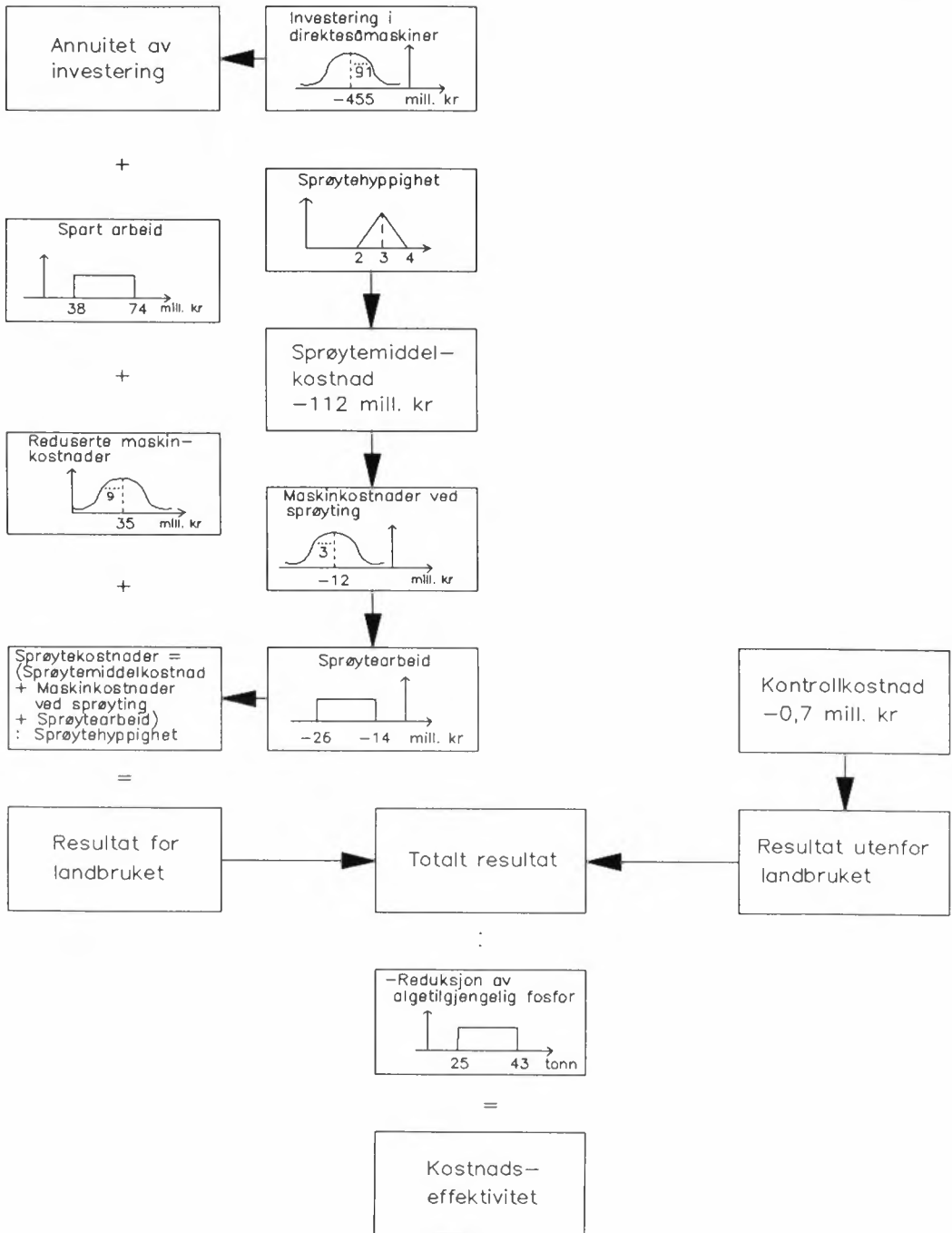
Virkningen i form av redusert fosforutslipp er anslått til 40-70 %. Med 35 gram algetilgjengelig fosfor pr. daa og 1,75 mill. daa, gir dette en reduksjon av algetilgjengelig fosfor på 25-43 tonn.

Forutsetningene som er nevnt i det foregående, er oppsummert i figur 18. Resultatene er oppsummert i tabell 19.

Som det går fram av tabell 19, vil tiltaket

VIRKNINGER FOR LANDBRUKET

VIRKNINGER UTENFOR LANDBRUKET



Figur 18. Skisse av samfunnsøkonomisk analyse av direkte såing.

Tabell 19. Simulerte samfunnsøkonomiske resultater ved direktesåing. Se fotnote til tabell 13.

	10 % laveste	Forventning	10 % høyeste
Resultat for landbruket	-48	-22	3
Resultat utenfor landbruket	-1	-1	-1
Totalt resultat	-49	-22	2
Kostnadseffektivitet	-	0,7	1,6

mest sannsynlig gi en netto samfunnsøkonomisk kostnad. Kostnaden er imidlertid ikke avskrekkende, og kostnadseffektiviteten synes å være gunstig. Usikkerheten er imidlertid betydelig for dette tiltaket.

4.6.2 Vårharving som eneste jordarbeiding

Jeg forutsetter at vårharving som eneste jordarbeiding vil være gjennomførbart på et areal tilsvarende hele kornarealet, altså 3,49 mill. daa.

I kapittel 3.6.2 ble innsparingen av kjøretid anslått til 0,25 timer/daa. Ut fra dette tallet er innsparing av arbeid og maskinkostnader verdsett på samme måte som før. Kostnadene i tilknytning til bruk av plantevernmidler er verdsett på samme måte som ved direktesåing, bare med de forskjeller som følger av at aktuelt areal er forutsatt dobbelt så stort ved vårharving som eneste jordarbeiding. Kontrollkostnaden er den samme som før. Virkningen i form av redusert utslipp av algetilgjengelig fosfor er anslått til 40-60 %.

Disse forutsetningene gir en kalkyle som skissert i figur 19. Resultatene er oppsummert i tabell 20.

Som det går fram av tabell 20, har vi ikke grunnlag for å fastslå hvorvidt overgang til vårharving som eneste jordarbeiding vil gi samfunnsøkonomiske nettokostnader. Det mest sannsynlige er at det vil oppstå en netto kostnad, men alt tyder på at eventuelle nettokostnader er små i forhold til den effekten som kan ventes av tiltaket.

4.7 Omdisponering av åker

Jeg tar her utgangspunkt i åkerarealet på 4,23

mill. daa. Imidlertid antar jeg at det ikke kan bli aktuelt å omdisponere all åker, bl.a. fordi det i så fall ville oppstå uoverstigelige problemer med disponering av husdyrgjødsel. Jeg velger derfor å ta utgangspunkt i at halvparten av åkerarealet omdisponeres. Som i den foretaksøkonomiske analysen, forutsetter jeg at arealet skal tilplantes med skog.

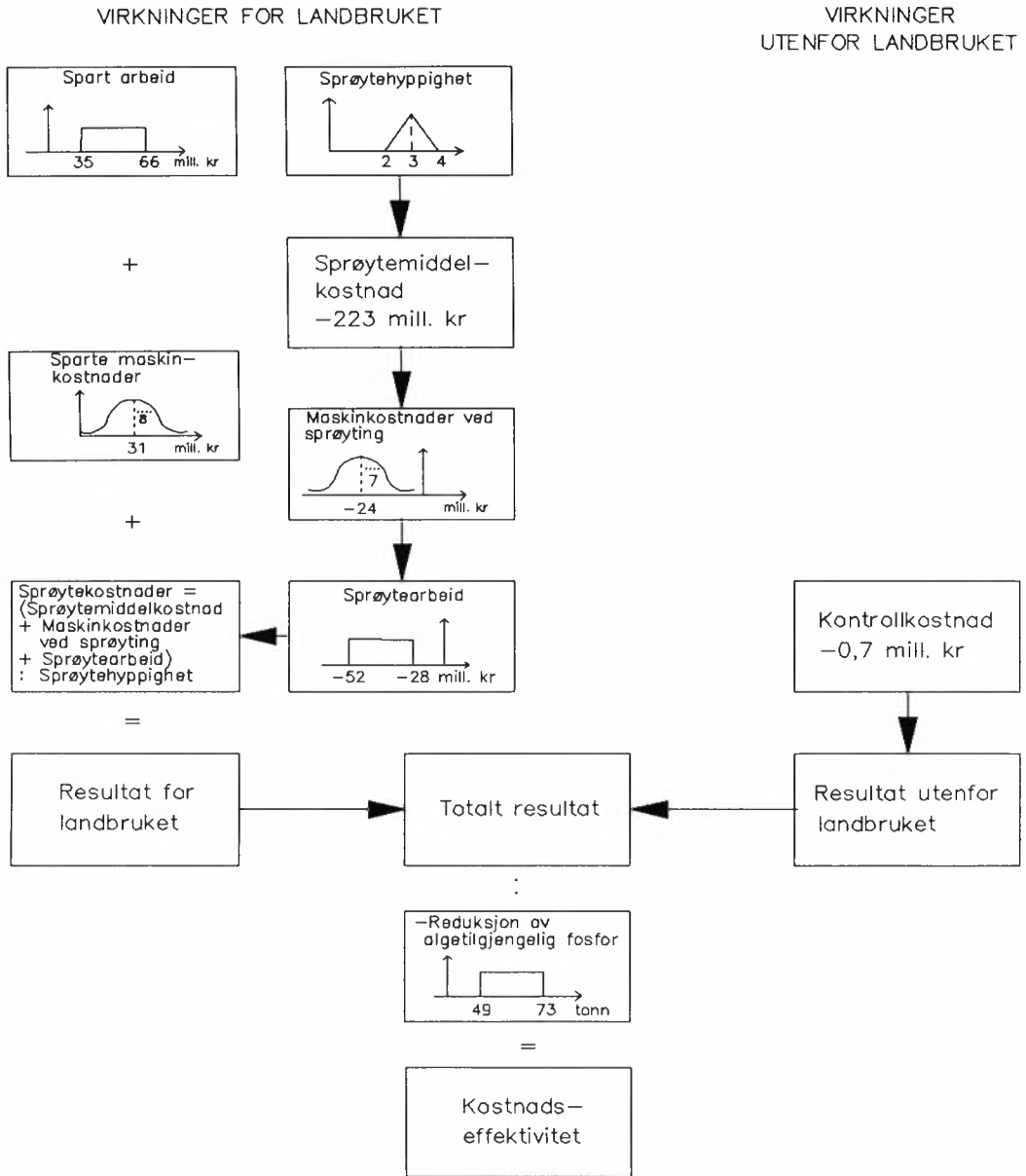
Kostnadene ved avstandsregulering er i 3.7 anslått til 60 kr/daa i år 12. Dette gir 127 mill. kr for hele det aktuelle arealet. Jeg regner fortsatt 10 %, dvs. 13 mill. kr, som standardavvik.

Inntektene er i 3.7 beregnet til 3072 kr/daa i år 45. For hele arealet gir dette 6497 mill. kr. Siden usikkerheten først og fremst er knyttet til framtidige markedsforhold, er det grunn til å regne like stor usikkerhet i den samfunnsøkonomiske som i den foretaksøkonomiske analysen. 30% standardavvik tilsvarer 1949 mill. kr.

Forventet tap for landbruket ved at åkerdyrkingen faller bort er verdsatt ved å multiplisere den foretaksøkonomiske verdien fra kapittel 3.7 med arealet på 2,12 mill. daa. Avstanden mellom forventningen og ytterverdiene er imidlertid halvert i forhold til den foretaksøkonomiske analysen.

For å beregne innsparing utenfor landbruket, er det også nødvendig å anslå verdien av avlingstapet. Jeg tar utgangspunkt i en normalårsavling av bygg på 371 kg/daa som omsettes for 2,58 kr/kg. Med 2,115 mill. daa gir dette et avlingstap på 2025 mill. kr. Kostnader ved kontroll forutsettes å være neglisjerbart i forhold til de andre størrelsene vi opererer med i denne kalkylen.

Virkningen i form av redusert fosforavren-



Figur 19. Skisse av samfunnsøkonomisk analyse av vårharving som eneste jordarbeiding.

ning er anslått til 80-90 % av avrenningen på de arealer som berøres.

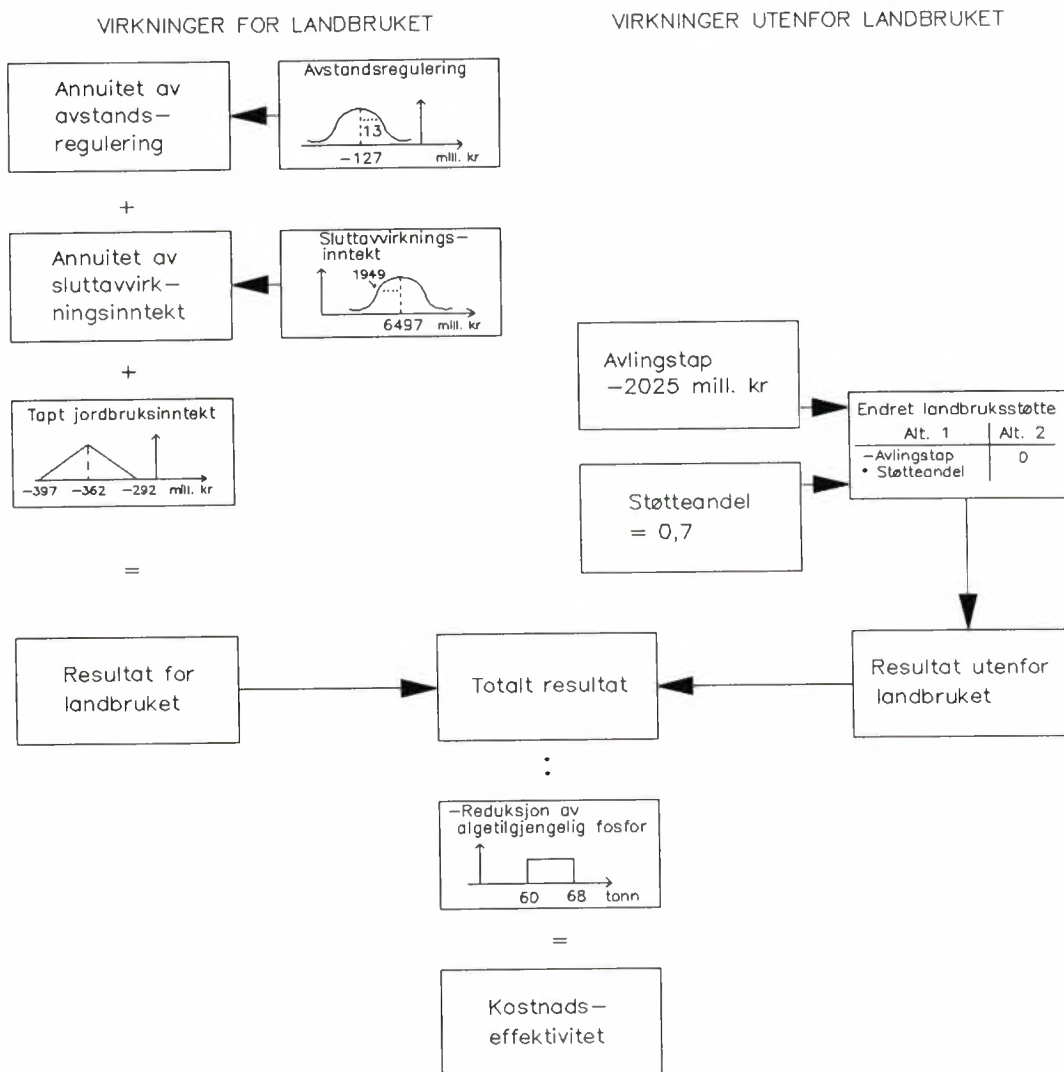
Disse forutsetningene og vurderingene er oppsummert i figur 20. Resultatene er oppsummert i tabell 21.

Som det framgår av tabell 21, er dette tiltaket

svært kostbart både i absolutte tall og pr. tonn redusert fosforutslipp når produksjonen verdsettes til innenlandsk prisnivå. Når avlingene verdsettes til verdensmarkedets priser, oppnås en netto samfunnsøkonomisk innsparing i størrelsesorden en milliard kroner.

Tabell 20. Simulerte samfunnsøkonomiske resultater ved vårharving som eneste jordarbeiding. Se fotnote til tabell 13.

	10 % laveste	Forventning	10 % høyeste
Resultat for landbruket	-41	-14	6
Resultat utenfor landbruket	-1	-1	-1
Totalt resultat	-41	-15	6
Kostnadseffektivitet	-	0,2	0,7



Figur 20. Skisse av samfunnsøkonomisk analyse av omdisponering fra åker til skog.

Tabell 21. Simulerte samfunnsøkonomiske resultater ved omdisponering fra åker til skog. Se fotnote til tabell 13.

		10 % laveste	Forventning	10 % høyeste
Verdensmar- kedspriser	Resultat for landbruket	-342	-332	-317
	Resultat utenfor landbruket	1418	1418	1418
	Totalt resultat	1075	1086	1101
	Kostnadseffektivitet	-	-	-
Innenlandske priser	Resultat for landbruket	-343	-332	-318
	Resultat utenfor landbruket	0	0	0
	Totalt resultat	-343	-332	-318
	Kostnadseffektivitet	4,8	5,2	5,5

5 Diskusjon

5.1 Drøfting av forutsetninger

De foretaksøkonomiske beregningene i kapittel 3 er utført med nominelle priser og nominell rente. Dette gir samme nåverdi etter skatt for det enkelte tiltak som om jeg hadde brukt faste priser og realrente, samtidig som beregningene går via netto betalingsstrøm for det enkelte år. På denne måten får jeg et grunnlag for å analysere lønnsomhet og likviditet med bakgrunn i en og samme beregning. Dette er en noe uvanlig framgangsmåte, som har bidratt til å komplisere beregningene idet en ren lønnsomhetsberegning er enklere med faste priser og realrente. Imidlertid ville jeg i så fall ha behøvd egne likviditetsberegninger, noe som ville ha bidratt til å gjøre framstillingen mindre konsentrert.

Valget av fosfor som effektivitetsmål i den samfunnsøkonomiske analysen er begrunnet i kapittel 2.2.1. Etter algekatastrofen i 1988 ble det inngått en Nordsjø-konvensjon som pålegger landene rundt Nordsjøen å redusere utslippet av fosfor og nitrogen til Nordsjøen med 50 % innen 1995. Hvis prosjektet skulle startes på nytt i dag, ville det på bakgrunn av Nordsjø-konvensjonen ha vært mer naturlig å bruke en kombinasjon av nitrogen og fosfor som effektivitetsmål. I så fall ville også utvalget av tiltak som skulle analyseres, ha vært noe annerledes enn i det foreliggende arbeidet.

De samfunnsøkonomiske analysene er utført både med innenlandske priser og med verdensmarkedspriser. Her vil det være ulike synspunkter på hva som er mest riktig å bruke. For visse tiltak kan valget av innenlandske eller verdensmarkedets priser være avgjørende for hvorvidt

man vil gå inn for tiltaket. Slik jeg ser det, oppfatter jeg landbruksstøtten som samfunnets betaling til landbruket knyttet til visse tjenester landbruket utfører. Dette gjelder tjenester som ikke omsettes i et marked, slike som matvareberedskap og opprettholdelse av bosetning i distriktene. I den grad et tiltak påvirker oppfyllelsen av slike målsetninger, vil det være riktig å bruke høyere priser enn verdensmarkedets. Vi vet ikke hvilke priser som gir det korrekte uttrykket for de mål landbruket forventes å oppfylle, men jeg forutsetter at de innenlandske prisene gir et korrekt uttrykk for verdien av målene for landbrukspolitikken. Dersom de nevnte målsetningene er upåvirket av tiltaket, ser jeg det som riktigst å benytte verdensmarkedets priser.

Av de tiltak som er analysert, er det etter mitt syn bare omdisponering fra åker til skog som vil komme i konflikt med beredskapshensynet og distriktshensynet. Jeg anser det derfor riktig å legge størst vekt på innenlandske priser ved omdisponering fra åker til skog, mens jeg vil vurdere beregningene ut fra verdensmarkedets priser som riktigst for alle andre tiltak. Jeg antar at dette er en vurdering det vil være ulike meninger om. Dette er grunnen til at jeg har valgt å presentere begge typer beregninger for alle tiltak.

Jeg har forutsatt samme prisstigning på alle priser som inngår i analysen. Man bør legge inn relative prisendringer hvis det er grunn til å tro at prisstigningen på visse varer og tjenester blir høyere eller lavere enn den generelle prisstigningen. De framtidige verdensmarkedsprisene på planteprodukter er et område hvor mening-

ene er særlig sprikende. Alt i alt har jeg ikke funnet tilstrekkelig grunnlag for å forutsette relative prisendringer i analysene.

5.2 Drøfting av resultater

De foretaksøkonomiske resultatene som er presentert, kan ikke være representative for alle forhold vi finner i Norge med hensyn til topografi, klima, jordart, bruksstørrelse og driftsform. Det er sannsynlig at en større detaljeringsgrad i analysen ville ha gitt lavere foretaksøkonomiske kostnader. Dette skyldes at enkelte brukere vil reagere annerledes på tiltakene enn det som er forutsatt i det foreliggende arbeidet. Når brukere velger andre løsninger, vil det normalt være fordi disse andre løsningene er foretaksøkonomisk gunstigere i det enkelte tilfellet. Ved avgift på fosfor i handelsgjødsel, vil for eksempel en del brukere kunne hente husdyrgjødsel hos brukere med for lite spredeareal, og dermed unngå avgiftsbelastningen. Ved strenge tiltak mot erosjon fra åpen åker, vil noen brukere se seg tjent med for eksempel å gå over fra åkerdrift til grasproduksjon. En rekke slike eksempler kan gis, hvor enkelte brukere kan finne gunstigere tilpasninger til miljøvernrestriksjoner enn det som er forutsatt i analysen.

Dette vil også berøre den samfunnsøkonomiske analysen. Det er sannsynlig at en sterkere detaljering av analysene, med flere ulike tilpasningsmåter, ville ha gitt lavere kostnader for landbruket enn det som går fram av kapittel 4. Det er også åpenbart at hensynet til skatt vil skyve en del kostnader fra landbruket over på det offentlige i den samfunnsøkonomiske analysen. Etter mitt syn, gir «kostnader for landbruket» i den samfunnsøkonomiske analysen likevel et rimelig mål på hvor store beløp landbruket må gis som kompensasjon hvis man ønsker å holde næringa økonomisk skadesløs for tiltaket, forutsatt at en slik kompensasjon vil arte seg som et tilskudd til inntekt før skatt.

Behandlingen av usikkerheten er vesentlig i dette arbeidet. Hensynet til usikkerheten er ivaretatt ved å benytte simulering. Det kommer tydelig fram at resultatene er usikre, og at det derfor ikke er holdbart å trekke konklusjoner bare

på grunnlag av forventningsverdiene for det enkelte tiltak. Likevel er det vesentligste utbyttet av simuleringen at den dokumenterer at viktige konklusjoner kan trekkes på tross av usikkerheten i datamaterialet.

Som det framgår av kapittel 1.3, foreligger det svært lite materiale fra tidligere undersøkelser som kan belyse foretaksøkonomiske kostnader og samfunnsøkonomisk kostnadseffektivitet ved de tiltakene mot fosforavrenning som er analysert i dette arbeidet. For enkelte vassdrag er det gjort undersøkelser som er langt enklere og mindre gjennomarbeidede enn det foreliggende arbeidet, og som delvis bygger på tall jeg har utarbeidet i dette prosjektet. En sammenligning med slike resultater anser jeg for å være av liten interesse. Det samme gjelder resultater fra andre land hvor de naturgitte forhold og prisene på jordbruksvarer kan være radikalt forskjellig fra de vi finner i Norge.

5.2.1 Økonomiske virkninger for den enkelte gårdbruker

Den foretaksøkonomiske virkningen av ulike tiltak er oppsummert i tabellene 4-12 og i enda mer konsentrert form i tabell 22. Datagrunnlaget er på flere punkter så usikkert at det vil være meningsløst å oppfatte tallene i tabellene som eksakte størrelser. Imidlertid vil grensen for henholdsvis de 10 % laveste og de 10 % høyeste av utfallene gi et uttrykk for hvilke konklusjoner som kan trekkes med rimelig sikkerhet. Det er derfor mulig å gjøre en del vurderinger av det enkelte tiltak.

Gjødselplanlegging vil i de aller fleste tilfeller gi et positivt resultat for den enkelte gårdbruker. Det positive resultatet kan gå opp til flere titalls kroner pr. daa og år. Det er ikke noe som tyder på at det er risiko for å få et negativt resultat av betydning ved dette tiltaket.

Avgift på 10 kr/kg fosfor i handelsgjødsel vil derimot gi en økonomisk belastning som ofte vil komme opp i et tosfret antall kroner pr. daa og år.

Det vil normalt være lønnsomt å spre all husdyrgjødsel i vekstsesongen hvis man har tilstrekkelig lagerkapasitet til husdyrgjødsel. Hvis

man må utvide gjødsellageret for å kunne spre all gjødsel i vekstsesongen, vil dette normalt gi et negativt foretaksøkonomisk resultat. Ordningen med direkte utgiftsføring av pålagte miljøinvesteringer bidrar imidlertid til at investeringen kan gå omtrent i balanse for brukere med høy marginalsatt.

Pløying på tvers av fallretningen kan gjennomføres uten økonomiske konsekvenser der hvor den redskapen som finnes på gården kan brukes til slik pløying. Der hvor det må anskaffes eller leies vendepløyg, kan det bli en økonomisk belastning på flere titalls kroner pr. daa for små bruk, mens innkjøp av vendepløyg kan balansere økonomisk på større bruk.

Grasdekte vannveier vil i de fleste tilfeller gi større kostnader enn pløying på tvers av fallet.

Vårpløying antas å kunne utføres uten ekstra kostnader for gårdbrukeren i de tilfeller hvor metoden egner seg, spesielt på siltjord. På andre jordarter vil det oppstå et tap som kan gå opp i flere titalls kroner pr. daa.

Direktesåing kan være foretaksøkonomisk lønnsomt hvis direktesåmaskin anskaffes som alternativ til redskap for tradisjonell våronn, men vil normalt neppe være lønnsomt hvis direktesåmaskin anskaffes i tillegg til tradisjonell redskap. Her er imidlertid resultatene usikre.

Vårharving som eneste jordarbeiding synes i de fleste tilfeller å gi et lite tap, men dette er sterkt avhengig av i hvor stor grad ekstra bruk av sprøytemidler blir nødvendig.

Omdisponering av åkerarealer til skog vil gi betydelige foretaksøkonomiske tap. Dette er det eneste tiltaket hvor det årlige tapet pr. daa før skatt i de fleste tilfeller vil komme opp i et tresifret beløp.

For de tiltakene som innebærer investering av betydning, kan likviditet være vesentlig. Dette gjelder all spredning av husdyrgjødsel i vekstsesongen når tilleggs lager for gjødsel må bygges, pløying på tvers av fallretningen når vendepløyg må anskaffes og direktesåing. For disse tre tiltakene gjelder at med lav marginalsatt får man en større belastning av tiltaket de første årene, mens betalingsstrømmen blir gunstigere de siste årene av tiltakets levetid. Med høy marginalsatt får man gjerne et likviditetsmessig

overskudd de første årene, mens belastningen ved tiltaket kommer i de siste årene av tilbakebetalingstida på lånet til investeringen.

5.2.2 Samfunnsøkonomisk effektivitet av tiltak mot arealavrenning

Kostnadseffektiviteten av de ulike tiltak er framstilt i tabellene 13-21 og i mer konsentrert form i tabell 23 og 24. Resultatene kan oppsummeres slik:

Gjødselplanlegging vil redusere fosforavrenningen samtidig som tiltaket gir netto samfunnsøkonomisk gevinst. Dette tiltaket kan klart anbefales.

Avgift på fosfor vil også gi samfunnsøkonomisk gevinst når produksjonen verdsettes etter verdensmarkedets priser. Når produksjonen verdsettes etter innenlandske priser, vil tiltaket gi en kostnad i størrelsesorden 1-5 millioner kroner pr. tonn redusert utslipp av algetilgjengelig fosfor. For dette tiltaket kan virkningen i form av redusert fosforutslipp være underestimert. Jeg har bare regnet virkning i form av redusert bruk av handelsgjødsel-fosfor. Avgiften har også positive effekter ved at det blir mer lønnsomt å ta vare på husdyrgjødsel ved å forebygge avrenning fra gjødsellager, motivasjonen for gjødselplanlegging blir sterkere og det vil i større grad enn før lønne seg å fordele husdyrgjødsel på et stort areal framfor å overdosere på et lite areal.

Å foreta all gjødselspredning i vekstsesongen vil innebære betydelige kostnader, men også en stor virkning på fosforutslippet. Kostnadseffektiviteten vil bli i området 1-2 millioner kroner pr. tonn.

Pløying på tvers av fallretningen vil kunne gjennomføres med små kostnader. Imidlertid er virkningen så liten og usikker at prisen pr. tonn redusert fosforutslipp kan bli uakseptabelt høy.

Grasdekte vannveier innebærer betydelige kostnader når produktene verdsettes med innenlandske priser. Samtidig ser virkningen ut til å være beskjeden. Dette gir en kostnadseffektivitet i størrelsesorden 4-7 millioner kr pr. tonn når produktene verdsettes med innenlandske priser. Med verdensmarkedets priser vil kost-

naden pr. tonn algetilgjengelig fosfor komme ned i 2-3 millioner kroner.

Vårpløying av all åpen åker vil gi betydelige kostnader når produksjonen verdsettes til innenlandske priser, men langt mer beskjedne kostnader med verdensmarkedets priser. Virkningen er svært betydelig. Dette gir en kostnadseffektivitet i størrelsesorden 1-2 millioner kr pr. tonn med innenlandske priser, men under 1 million kr pr. tonn med verdensmarkedets priser.

Direktesåing på egnede arealer kan gjennomføres til en beskjeden, men relativt usikker kostnad. Virkningen er svært god pr. daa, men etter forutsetningene omfatter tiltaket færre daa enn noen av de andre tiltakene. Kostnadseffektiviteten vil ligge i størrelsesorden 0-2 millioner kr pr. tonn. Vårharving som eneste jordarbeiding er forutsatt gjennomført på et større areal og gir derfor større total virkning enn direktesåing, samtidig som kostnaden er beskjeden. Kostnadseffektiviteten blir her i størrelsesorden 0-1 millioner kr pr. tonn fosfor.

Omdisponering av arealer fra åker til skog vil gi en sterk reduksjon av fosforavrenningen. Valg av verdsettingsprinsipp for produktene er avgjørende for det økonomiske resultatet. Med innenlandske priser gir tiltaket en samfunnsøkonomisk kostnad på flere hundre millioner kroner og en kostnadseffektivitet i størrelsesorden 5-6 mill. kr pr. tonn fosfor. Med verdensmarkedspriser gir tiltaket en årlig samfunnsøkonomisk gevinst i størrelsesorden en milliard kroner.

5.2.3 Kostnadseffektivitet ved tiltak mot avrenning fra landbruksarealer sammenlignet med kostnadseffektivitet ved tiltak mot andre forurensningskilder

I tillegg til fosforet fra arealavrenning, mottar vannforekomstene fosfor fra punktkilder i landbruket, boligkloakk, industri, turistbedrifter og fiskeoppdrett. Noen tall fra undersøkelser av ulike kilder er oppsummert i tabell 1.

De dominerende kildene til fosforutslipp er landbruk og kommunal kloakk. Det mest interessante sammenligningsgrunnlaget for arealav-

renning er derfor kostnadseffektiviteten ved tiltak mot fosforutslipp i kommunal sektor.

LANDBRUKSDEPARTEMENTET (1986) har gjennomgått flere undersøkelser og kommet til at normal marginalkostnad for tiltak i kommunal sektor ligger på 1 kr/g (tilsvarende millioner kr/tonn) i ikke spesielt forurensningstruede vassdrag og 3 kr/g i spesielt forurensningstruede vassdrag. Disse tallene gjelder pr. enhet totalfosfor. For å få tall som er sammenlignbare med tallene i foreliggende undersøkelse, er det nødvendig å regne om til kostnader pr. enhet algetilgjengelig fosfor. NIVA (1988) har funnet 50 % algetilgjengelighet i urensset kloakk. Vi kan dermed forutsette at halvparten av den fosfor som renses vekk i kommunal sektor er algetilgjengelig. Dette gir oss en marginal rensekostnad på 6 millioner kr pr. tonn fosfor i spesielt forurensningstruede vassdrag og 2 millioner kr pr. tonn i andre vassdrag. Med disse grensene kan vi trekke følgende konklusjoner om den samfunnsøkonomiske effektiviteten av de analyserte tiltakene:

I særlig forurensningstruede vassdrag vil alle tiltak unntatt pløying på tvers av fallretningen være gunstige når produksjonen vurderes til verdensmarkedets priser. Materialet gir ikke grunnlag for å fastslå hvorvidt pløying på tvers av fallretningen er gunstig eller ugunstig i forhold til grensen på 6 mill. kr/tonn fosfor for tiltak overfor kommunal sektor i særlig forurensningstruede vassdrag. Vurdert med innenlandske priser er både grasdekte vannveier og pløying på tvers av fallretningen usikre tiltak, mens de andre tiltakene er gunstige.

I andre vassdrag vil gjødselplanlegging, direktesåing og vårharving som eneste jordarbeiding være gunstige tiltak. Avgift på fosfor er gunstig når produksjonen verdsettes med verdensmarkedets priser, men usikker ut fra innenlandske priser. All gjødselspredning i vekstsesongen er etter alt å dømme gunstig. Pløying på tvers av fallretningen er usikkert, men sannsynligvis ugunstig. Grasdekte vannveier er ugunstig med innenlandske priser og sannsynligvis ugunstig også med verdensmarkedets priser. Vårpløying er gunstig med verdensmarkedets priser og sannsynligvis gunstig med innen-

landske priser. Omdisponering av åker til skog er gunstig med verdensmarkedets priser, men ugunstig med innenlandske priser.

Vurderingen i det foregående gjelder når tiltakene gjennomføres enkeltvis. Ved samtidig gjennomføring av to eller flere tiltak, kan vurderingen bli annerledes. Det samme gjelder når ulike konkurrerende tiltak skal vurderes opp mot hverandre. Et eksempel: For å redusere fosfor knyttet til erosjon fra åker, kan man sette inn jordarbeidingstiltakene vårpløying, direktesåing eller vårharving som eneste jordarbeiding. Hvis man i stedet for å sette inn jordarbeidingstiltak velger å omdisponere åker til skog, vil den tilleggseffekten man oppnår ved å gjennomføre skogplanting i stedet for jordarbeidingstiltak bli langt mer kostbar enn ca. 5 mill. kr/tonn når produksjonen verdsettes med innenlandske priser.

Dette problemet kan løses ved å sette sammen aktuelle kombinasjoner av tiltak til tiltakspakker og gjøre sammenlikninger av kostnadseffektivitet mellom tiltakspakker i stedet for å sammenlikne det enkelte tiltak. En annen og sannsynligvis bedre framgangsmåte er å bygge en lineær programmeringsmodell hvor hvert enkelt tiltak med sine virkninger og kostnader går inn som prosesser i modellen og hvor man minimaliserer kostnadene under restriksjoner for størrelsen av fosforutslippet.

5.3 Forhold som ikke er kvantifisert i analysene

Mange av tiltakene vil ha betydning for andre forurensningskomponenter enn fosfor. Gjødseplanlegging, all spredning av husdyrgjødsel i vekstsesongen og omdisponering av åker kan ventes å ha stor effekt også på nitrogenavrenningen. Derimot vil erosjonshindrende tiltak som pløying på tvers av fallet, grasdekte vannveier, vårpløying, direktesåing og vårharving som eneste jordarbeiding ha liten virkning på nitrogen siden nitrogenet ikke bindes til jordpartikler slik fosfor gjør. Avgift på fosfor i handelsgjødsel må forutsettes å virke bare på fosfor.

Plantevernmidler kan representere et forureningsproblem. Det er forutsatt at bruken av

plantevernmidler vil øke ved redusert eller ingen jordarbeiding. Det er også tenkelig at vårpløying kan føre til økt bruk av plantevernmidler, fordi vårpløying under visse forhold gir en dårligere bekjempelse av kveke enn høstpløying. Omdisponering av åker vil føre til redusert bruk av plantevernmidler. De øvrige tiltak som er analysert antas ikke å påvirke behovet for plantevernmidler.

Erosjon kan være et problem uavhengig av de plantenæringsstoffene som følger med erosjonsmateriale, noe som er omtalt i kap. 2.3.3. Jordarbeidingstiltakene vil medføre redusert erosjon. Det samme gjelder grasdekte vannveier og omdisponering av åker. De øvrige tiltakene antas ikke å ha virkning på erosjonen.

Risikoen for jordpakking vil øke dersom det kjøres på jord som er for fuktig. På grunn av økt tidsknapphet om våren, er det fare for at vårpløying og vårspredning av husdyrgjødsel vil friste gårdbrukere til å kjøre på jorda før den er laglig. Dette vil øke strukturskadene i jorda. Redusert eller ingen jordarbeiding vil derimot føre til færre arbeidsoperasjoner på jordet og dermed redusert jordpakking. Dersom åker omdisponeres til skog, vil ikke jordpakking lenger være noe problem. De øvrige tiltakene antas ikke å påvirke jordpakkingen.

Omdisponering av åker til skog vil ha en positiv miljøvirkning ved at skogproduksjonen binder karbondioksyd og dermed motvirker drivhuseffekten.

5.4 Anbefalinger om valg og utforming av tiltak

Redusert bruk av handelsgjødselsfosfor bør være et høyt prioritert langsiktig tiltak. Hvis fosforkapitalen i jorda reduseres, vil dette gi et vesentlig bidrag til reduksjon av arealavrenningen. Hvis fosforkapitalen i jorda derimot får fortsette å øke, vil dette på sikt kunne oppveie den positive effekten av andre tiltak. Hvis vi for eksempel klarer å halvere erosjonen, vil vi være like langt dersom fosforinnholdet i jorda i samme periode får lov til å bygge seg opp til det dobbelte.

Gjødselplanlegging og avgift på fosfor i handelsgjødsel har en gunstig samvirkende effekt.

Ved gjødselplanlegging unngår man gjødsling ut over det som er foretaksøkonomisk optimalt. Ved avgift på fosfor forskyves optimalpunktet for foretaksøkonomisk riktig gjødsling nedover. I tillegg vil en høy avgift på fosfor i handelsgjødsel øke verdien av husdyrgjødsel betydelig. Dette trekker i retning av at husdyrgjødsel vil bli spredd i vekstsesongen og at den blir fordelt over et større areal slik at overdosering unngås.

Det er dokumentert at gjødselspredning utenom vekstsesongen kan gi meget høy avrenning. Spredning av all gjødsel i vekstsesongen innebærer netto kostnader foretaksøkonomisk og samfunnsøkonomisk i de tilfeller hvor gjødsellageret må utvides. Siden spredning utenom vekstsesongen gir forurensning ut over det som kan tolereres, er det nærliggende å tenke seg et forbud mot spredning utenom vekstsesongen, eventuelt kombinert med utvidelse av dagens tilskottsordning for utbedring av gjødsellagre.

Ut fra de ambisiøse målsetningene som foreligger for reduksjon av næringsstoffutslipp fra jordbruket, må tiltak som bare gir reduksjon av fosforavrenningen i størrelsesorden 10-20 % oppfattes som utilstrekkelige. For erosjon fra åkerarealer betyr dette at pløying på tvers av fallretningen og grasdekte vannveier er utilstrekkelige tiltak, mens vårpløying, direkteåing og vårharving som eneste jordarbeiding vil gi en sterk reduksjon av avrenningen.

Ved gjennomføring av jordarbeidingstiltak, er det viktig at gårdbrukeren selv får velge mellom de tiltakene som anses for tilstrekkelig gode. For jordarbeidingstiltakene kan dette oppnås ved å gi et forbud mot jordarbeiding om høsten. Et slikt forbud vil gi brukeren valget mellom vårpløying, direkteåing, vårharving som eneste jordarbeiding eller omlegging til permanent eng. Ved at hver enkelt bruker tilpasser seg på best mulig måte, vil dette gi lave kostnader, foretaksøkonomisk og samfunnsøkonomisk, enn om ett av disse tiltakene skulle gjennomføres kategorisk.

Omdisponering fra åker til skog vil neppe bli aktuelt å gjennomføre i så stor målestokk at det får betydning for den nasjonale forurensningssituasjonen. Dette gjelder så lenge målene for landbrukspolitikken ligger fast. Ambisjons-

nivået for norsk landbruksproduksjon kan tenkes å bli radikalt endret i framtiden, som resultat av enten endrede landbrukspolitiske holdninger nasjonalt, eventuelt norsk EF-medlemskap eller GATT-regler. I så fall kan dette tiltaket bli høyst aktuelt. Dette skyldes at tiltaket gir størst reduksjon av fosforavrenning pr. daa av alle vurderte tiltak, samtidig som tiltaket er samfunnsøkonomisk lønnsomt hvis vi bruker verdensmarkedets priser og dermed ser bort fra målene for den nasjonale landbrukspolitikken.

Ved gjennomføring av tiltakene, er det et vesentlig økonomisk poeng i å unngå å legge kostnadskrevenne tiltak på områder som ikke har avrenning til utsatte vassdrag eller havområder. I og med Nordsjø-konvensjonen vil det imidlertid bare være en mindre del av jordbruksarealet i Norge som kan unntas fra tiltak mot næringsstoffavrenning.

Med bakgrunn i vurderingene og resultatene som er presentert, anbefaler jeg at forurensningsmyndighetene prioriterer følgende tiltak:

- Tilbud om gjødselplanlegging til alle gårdbrukere i landet.
- Avgift i størrelsesorden 10 kr/kg på fosfor i handelsgjødsel.
- Unngå spredning av husdyrgjødsel utenom vekstsesongen i alle områder som har avrenning til ferskvanns- eller saltvannsforekomster hvor forurensning med fosfor er et problem.
- Unngå jordarbeiding om høsten i de samme områdene som nevnt i forrige strekpunkt.

Det er rimelig grunn til å tro at disse tiltakene til sammen vil kunne gi en reduksjon av fosforavrenningen fra dyrket mark til utsatte vassdrag og havområder i størrelsesorden 50 %. Denne reduksjonen vil skje til en relativt lav samfunnsøkonomisk kostnad. De foretaksøkonomiske kostnadene vil derimot bli betydelige.

Når det gjelder gjødselplanlegging, foreligger det så mange positive erfaringer at få om noen vil sette spørsmålstegn ved ønskeligheten av tiltaket. Derimot kan det være grunn til å knytte noen kommentarer til de øvrige anbefalte tiltakene.

En avgift på fosfor i størrelsesorden 10 kr/daa vil innebære en umiddelbar og kraftig økning av et vesentlig kostnadselement om avgiften gjennomføres plutselig, og det vil være fare for irrasjonelle beslutninger på gårdsnivå hvis så drastiske prisendringer gjennomføres brått. Slik sett kan det være en fornuftig strategi slik det har skjedd hittil, med å starte med en nærmest symbolsk avgift og øke den noe for hvert år. Likevel er det grunn til å peke på at med den nåværende veksttakten i avgiftene på handelsgjødsel, vil det gå svært lang tid før fosforavgiften er forurensningsmessig effektiv etter mine forutsetninger.

Hvis en slik avgift innføres, synes det rimelig at de store midlene Staten tar inn på fosforavgift bør føres tilbake til landbruket for å kompensere noe av den foretaksøkonomiske kostnaden. Hvis inntektsmålet for landbruket skal opprettholdes, må man i alle tilfeller forutsette at økte kostnader for gårdbrukerne blir kompensert. Dette står i kontrast til prinsippet om at forurenseren skal betale (polluter pays principle). Dette prinsippet går ut på at det er forurenseren som skal betale både tiltakene for å redusere forurensningen og de ulemper som den resterende forurensning påfører samfunnet etter at tiltaket er gjennomført. Avveiningen mellom inntektsmålsetningen for jordbruket og prinsippet om at forurenseren skal betale er i stor grad et politisk spørsmål som materialet i det foreliggende arbeidet ikke gir grunnlag for å svare på.

Forbud mot gjødselspredning utenom vekstsesongen og mot jordarbeiding om høsten vil umiddelbart oppleves som dramatisk av mange gårdbrukere. Det er også betydelig usikkerhet knyttet til de økonomiske og miljømessige virkningene av tiltakene. En rimelig framgangsmåte vil være å prøve ut disse to tiltakene i et begrenset nedbørfelt hvor vannforekomstene er betydelig påvirket av landbruksforurensninger. Ved å studere de miljømessige forandringene i vassdraget og de økonomiske og driftsmessige tilpasningene på gårdsbrukene i nedbørfeltet over 2-3 år, vil man få et langt bedre grunnlag for å vurdere landsomfattende gjennomføring av disse tiltakene. Forbud mot jordarbeiding om

høsten bør sannsynligvis ikke gjennomføres i Nord-Norge, hvor vekstsesongen er så kort at forsinket såing kan få verre konsekvenser enn forutsatt i mine analyser.

5.5 Oppgaver for videre forskning

Tiltakene mot fosforavrenning kan påvirke andre forurensningsparametre enn fosfor. Det vil være av interesse å behandle fosfor, nitrogen og plantevernmidler samlet i en samfunnsøkonomisk analyse, siden det er en uttalt målsetning at avrenning av fosfor, avrenning av nitrogen og bruken av plantevernmidler bør reduseres. En slik analyse kan gjøres ved å knytte forurensningsparametre til en totalmodell for norsk jordbruk. Vel så interessant vil det antakelig være å knytte økonomiske parametre til en modell som beskriver forurensningssituasjonen under ulike forutsetninger. Modeller av sistnevnte type er under utarbeidelse ved GEFO (Institutt for georessurs- og forurensningsforskning) og SI (Senter for industriforskning).

Det vil også være av stor interesse å behandle tiltak mot landbruksforurensninger og tiltak mot andre kilder for næringssaltutslipp i en samlet samfunnsøkonomisk modell hvor både fosfor og nitrogen trekkes inn i modellen. Målet ville være å komme fram til en modell hvor man ga mål for reduksjon av nitrogen og fosfor som input og hvor modellen beregnet hvilke tiltak som burde gjennomføres og i hvilket omfang for å nå målet til lavest mulig samfunnsøkonomisk kostnad, samt hvor stor denne kostnaden ville bli. Tilsvarende regionale modeller avgrenset av et vassdrags nedbørfelt samt modeller på gårdsbruksnivå vil også være av interesse. Tallene i den foreliggende undersøkelsen kan benyttes som data i slike modeller. For å kvantifisere usikkerheten, kan det også være aktuelt å benytte stokastisk analyse i slike modeller.

I forbindelse med nye husdyrgjødselsforskrifter, vil det bli innført krav om spredeareal. Det som er sagt i det foreliggende arbeidet om redusert bruk av husdyrgjødsel i husdyrtette områder, gir ikke en tilstrekkelig behandling av dette temaet, spesielt fordi det finnes langt flere mulige tilpasningsmåter til spredearealkravet enn det som er behandlet. Det kan være av interesse

å spørre brukere som mangler tilstrekkelig spredeareal om hvilken tilpasning de planlegger, samt å utarbeide foretaksøkonomiske kalkyler for ulike tilpasningsmåter. Dette er interessant blant annet fordi det har betydning for forurensningseffekten av tiltaket hvilken tilpasning den enkelte bruker velger.

Det er sannsynlig at forurensningene fra jordbruket påvirkes i betydelig grad av hvilken landbrukspolitikk som føres. Priser på innsatsvarer og produkter samt utformingen av

støtteordninger for de ulike produksjonene er sannsynligvis viktig i denne forbindelse. Det vil derfor være av interesse å undersøke hvordan ulike landbrukspolitiske alternativer kan påvirke forurensningssituasjonen.

Det foreliggende arbeidet går ikke særlig dypt i spørsmål omkring bruk av virkemidler. En interessant oppgave kunne være å analysere alternative økonomiske og administrative virkemidler for å få gjennomført et tiltak eller en tiltakspakke.

6 Konklusjoner

Problemstilling A.

Hva er de økonomiske virkningene av hvert enkelt tiltak for den enkelte gårdbruker?

Gjødselplanlegging vil normalt gi foretaksøkonomisk gevinst på opptil flere titalls kr/daa. All gjødselspredning i vekstsesongen er lønnsomt hvis eksisterende gjødsellager er stort nok, men det er normalt ikke lønnsomt å bygge tilleggslager for å kunne spre i vekstsesongen. Tiltakene grasdekte vannveier og avgift på 10 kr/kg fosfor gir begge forventet nettokostnad før skatt i størrelsesorden 20-30 kr/daa. Vårpløying og pløying på tvers av fallet vil kunne utføres uten kostnader der hvor forholdene ligger til rette for disse metodene, men vil gi årlige kostnader på flere titalls kroner/daa på dårligere egnede arealer. Direktesåing vil sannsynligvis gi netto kostnad når redskap for tradisjonell dyrking finnes på bruket, men netto gevinst hvis redskap for tradisjonell dyrking ellers må anskaffes eller skiftes ut. Vårharving som eneste jordarbeiding vil sannsynligvis gi en netto kostnad i de fleste tilfeller. Omdisponering av åker til skog vil gi et tresifret årlig tap pr. daa før skatt.

Problemstilling B.

Hvor økonomisk effektivt er hvert enkelt tiltak, sett fra samfunnets side?

I kapittel 5.1 kommer jeg fram til at plante produkter bør verdsettes med innenlandske priser for tiltaket «omdisponering av åker til skog», mens verdensmarkedets priser bør brukes for de andre tiltakene. Hvis vi aksepterer denne forutsetningen, kan jeg trekke følgende konklusjoner:

Gjødselplanlegging og avgift på fosfor i han-

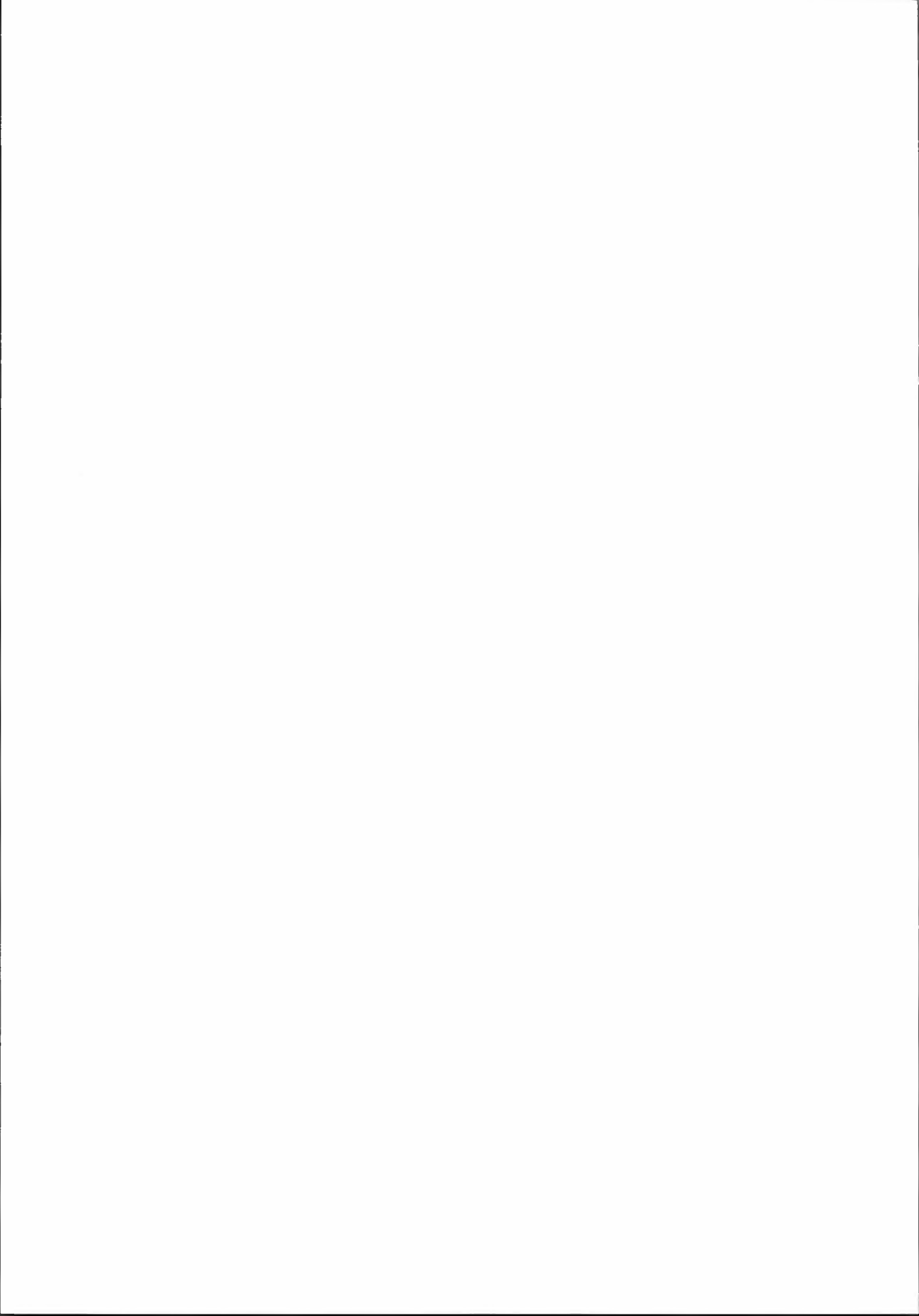
delsgjødsel kan gjennomføres uten netto samfunnsøkonomisk kostnad. Tiltakene «all gjødselspredning i vekstsesongen», vårpløying, direktesåing og «vårharving som eneste jordarbeiding» kan gjennomføres til en kostnad i området 0-2 mill. kr pr. tonn algetilgjengelig fosfor. Pløying på tvers av fallretningen, grasdekte vannveier og omdisponering av åker til skog har forventet kostnad over 2 mill. kr pr. tonn fosfor.

Avgift på fosfor i handelsgjødsel og omdisponering av skog er særlig følsomme overfor valg av innenlandske eller verdensmarkedets priser. Med innenlandske priser har avgift på fosfor i handelsgjødsel en forventet samfunnsøkonomisk kostnad i overkant av 2 mill. kr pr. tonn. Med verdensmarkedets priser gir omdisponering av åker til skog en netto samfunnsøkonomisk gevinst.

Problemstilling C.

Hvor økonomisk effektivt er bekjempelse av arealavrenning i forhold til bekjempelse av andre forurensningskilder?

Som sammenligningsgrunnlag bruker jeg marginale rensekostnader i kommunal sektor, som normalt antas å ligge på 2 kr pr. tonn algetilgjengelig fosfor. Etter dette er alle tiltak som i problemstilling B er funnet å kunne gjennomføres uten samfunnsøkonomisk nettokostnad eller med samfunnsøkonomisk nettokostnad i området 0-2 mill. kr pr. tonn fosfor, mer gunstige enn marginale tiltak i kommunal sektor. De tiltakene som har forventet kostnad over 2 mill. kr pr. tonn fosfor er mindre gunstige enn det som vanligvis regnes som marginale tiltak i kommunal sektor.



7 Sammendrag

Forurensende utslipp av næringssalter, spesielt fosfor, har ført til oppblomstring av alger i norske vannforekomster. En betydelig del av disse næringssaltene kommer fra landbruksarealer. Denne undersøkelsen består av økonomiske analyser av ni tiltak mot arealavrenning av fosfor fra jordbruket. Problemstillingen for arbeidet har vært:

- Hva er de økonomiske virkningene av hvert enkelt tiltak for den enkelte gårdbruker?
- Hvor økonomisk effektivt er hvert enkelt tiltak sett fra samfunnets side?
- Hvor økonomisk effektivt er bekjempelse av arealavrenning i forhold til bekjempelse av andre forurensningskilder?

En del utenlandske undersøkelser av økonomien i tiltak mot nitrogen, fosfor og erosjon fra jordbruket er referert. Det foreligger også noen norske undersøkelser om økonomiske konsekvenser av tiltak mot næringsstoffutslipp, herunder landbruksforurensning. Men det foreligger ingen undersøkelser som uten videre kan gi svar på noen av de tre skisserte problemstillingene.

Det er foreslått mange ulike tiltak mot landbruksforurensninger. Et betydelig antall slike tiltak er vurdert i forbindelse med denne undersøkelsen, hvorav mange er sløffet i analysedelen. Dette gjelder tiltak som har liten betydning for fosforutslippet, tiltak som ikke kan gjennomføres i stor skala og tiltak hvor det ikke har vært mulig å framskaffe tilstrekkelige data til å gjøre analyser. Tilbake står ni tiltak som er analysert i denne undersøkelsen:

- Gjødseplanlegging
- Avgift på fosfor i handelsgjødse
- All spredning av husdyrgjødse i vekstsesongen
- Pløying på tvers av fallretningen
- Grasdekte vannveier
- Vårpløying
- Direktesåing
- Vårharving som eneste jordarbeiding
- Omdisponering av åker.

I den foretaksøkonomiske delen beregnes endringer i gårdbrukerens fortjeneste som følge av tiltaket. Usikkerheten er tatt hensyn til ved å benytte sannsynlighetsfordelinger der hvor en størrelse ikke kan fastsettes eksakt. Utregningene er gjort med Monte Carlo-simulering. Resultatene er regnet ut med henholdsvis 0, 30 og 60 % marginalskatt. Virkninger på likviditet er kvantifisert ved å regne ut betalingsstrømmen for hvert enkelt år før resultatene for det enkelte år diskonteres og deretter regnes om til annuitet.

Ulike samfunnsøkonomiske analysemetoder er drøftet. Ut fra prosjektets formål har jeg valgt å gjøre en kostnadseffektivitetsanalyse med kostnader i millioner kr pr. tonn reduksjon av algetilgjengelig fosfor som benevnning. Også i den samfunnsøkonomiske analysen er usikkerheten anslått som sannsynlighetsfunksjoner og utregningene gjort ved hjelp av Monte Carlo-simulering. Økonomisk resultat i og utenfor landbruket er først regnet ut separat. Deretter er disse summert til totalt resultat, som divideres på virkningen i form av redusert fosforutslipp.

Denne kvotienten er kostnadseffektivitetsbrøken.

Det er gjort to sett av samfunnsøkonomiske beregninger: En hvor jordbruksproduktene verdsettes med verdensmarkedets priser og en hvor jordbruksproduktene verdsettes med innenlandske priser. Jeg betrakter landbruksstøtten som samfunnets betaling for de målene i landbrukspolitikken som ikke er knyttet til

matproduksjon. Verdensmarkedets priser er dermed mest relevante som verdsetting for tiltak som ikke berører målene for landbrukspolitikken i vesentlig grad. Omdisponering fra åker til skog er det eneste av de vurderte tiltakene som kommer i konflikt med målene for landbrukspolitikken. For dette tiltaket anses innenlandske priser som mest relevante.

De viktigste tallene fra den foretaksøkonomo-

Tabell 22. Foretaksøkonomiske virkninger av tiltak mot fosforavrenning fra jordbruksarealer.⁴⁰⁾

Tiltak	10 % laveste	Forventning	10 % høyeste
Gjødselplanlegging			
Planteproduksjonsbruk	- 1	13	28
Husdyrbruk	11	32	55
Avgift på fosfor i handelsgjødsel	- 37	- 23	- 9
All gjødselspredning i vekstsesongen			
Eksisterende gjødsellager stort nok			
Spredning på eng	10	17	24
Spredning på åker	8	14	22
Tilleggslager må bygges			
Spredning på eng	- 38	- 27	- 16
Spredning på åker	- 42	- 30	- 19
Pløying på tvers av fallretningen			
Vendeplog finnes eller er unødvendig	0	0	0
Vendeplog anskaffes			
Korndyrking	- 4	- 1	3
Grovfôrvekster	- 39	- 34	- 28
Leiepløying benyttes	- 51	- 35	- 19
Grasdekte vannveier	- 26	- 25	- 23
Vårpløying			
Egnede arealer	0	0	0
Arealer som ikke egner seg	- 10	- 48	- 86
Direktesåing			
Tradisjonell redskap finnes	- 35	- 13	2
Tradisjonell redskap må ellers skaffes	- 6	13	25
Vårharving som eneste jordarbeiding	- 22	- 4	4
Omdisponering av åker til skog	-166	-141	-108

⁴⁰⁾ Tallene i tabellen er gitt som årlige kostnader i hele kr/daa (1988-kr), med unntak av «all gjødselspredning i vekstsesongen» hvor tallene er gitt i kr/tonn husdyrgjødsel. Tallene gjelder årlig resultat før skatt regnet som annuitet for alle år i analysen. Kolonnen «10 % laveste» angir 10 % sannsynlighet for at resultatet vil ligge under dette tallet. Tilsvarende gjelder for «10 % høyeste». «Forventning» er framkommet ved bruk av forventningsverdiene for de usikre elementene i kalkylen, altså uten simulering.

miske analysen er oppsummert i tabell 22. Den samfunnsøkonomiske analysen er oppsummert i tabell 23 og 24. Tabell 23 gjelder analysen med verdensmarkedets priser, mens tabell 24 gjelder analysen med innenlandske priser. Med bakgrunn i de tre tabellene kan de ulike tiltakene vurderes slik:

Gjødselplanlegging er lønnsomt både fra et foretaksøkonomisk og et samfunnsøkonomisk synspunkt. Lønnsomheten er best for gårdsbruk med husdyr. Tiltaket kan anbefales for alle gårdsbruk og bør kunne gjennomføres på frivillig basis.

En avgift på fosfor i handelsgjødning i størrelsesorden 150% av fosforprisen vil innebære en betydelig belastning på den enkelte gårdbruker hvis ikke gårdbrukerne blir kompensert for tapet. Samfunnsøkonomisk er tiltaket lønnsomt dersom man aksepterer at produksjonen i dette tilfellet verdsettes etter verdensmarkedets priser.

All gjødning i vekstsesongen er foretaksøkonomisk lønnsomt hvis gjødsellageret er stort nok. Hvis gårdbrukeren må bygge tilleggslager for å unngå spredning utenom vekstsesongen, vil tiltaket normalt ikke være foretaksøkonomisk lønnsomt. Brukere med høy marginalsatt kan nærme seg lønnsomhetsgrensa for bygging av tilleggslager. Tiltaket antas å ha stor virkning på forurensningene. Den samfunnsøkonomiske kostnadseffektiviteten vil bli i størrelsesorden 1-2 mill. kr pr. tonn algetilgjengelig fosfor. Dette anses som en gunstig pris for reduksjon av fosforutslipp.

Pløying på tvers av fallretningen kan gjennomføres uten kostnader av mange gårdbrukere, men ikke av de som trenger vendepløying for å gjennomføre slik pløying. Dette vil gi en betydelig økonomisk belastning for små bruk, mens større korngårder kan ha økonomisk fordel av å anskaffe vendepløying. Samfunnsøkonomisk er kostnadene små, men virkningen også

Tabell 23. Samfunnsøkonomiske resultater med verdensmarkedspriser.⁴¹⁾

Tiltak	Omfang, mill. daa	Samfunnsøkonomisk resultat, mill. kr/år	Reduksjon av algetilgjengelig fosfor, tonn/år	Kostnadseffektivitet mill. kr/tonn
Gjødselplanlegging.....	9,9	164 (118/ 204)	27 (18/36)	-
Avgift på fosfor i handelsgjødning	9,9	39 (25/ 54)	25 (10/45)	-
All gjødselspredning i vekstsesongen.....	-	- 85 (-108/- 64)	56 (25,100)	1,5 (1,1/2,1)
Pløying på tvers av fallretn. .	4,2	- 18 (- 22/- 14)	8 (0,15)	2,4 (1,3/1,4)
Grasdekte vannveier	4,2	- 51 (- 58/- 44)	23 (15,30)	2,3 (1,8/3,1)
Vårpløying	4,2	- 32 (- 48/- 18)	75 (60/90)	0,4 (0,2/0,7)
Direktesåing.....	1,8	- 22 (- 49/ 2)	34 (25/43)	0,7 (- /1,6)
Vårharving	3,5	- 15 (- 41/ 6)	61 (49/73)	0,2 (- /0,7)
Omdisp. av åker til skog	2,1	1086 (1075/1101)	64 (60/68)	-

⁴¹⁾ Alle tall er avrundet. Tallene utenfor parentes er forventningsverdier. Tallene i parentes i kolonnene for samfunnsøkonomisk resultat og kostnadseffektivitet representerer grensen for henholdsvis de 10 % laveste og de 10 % høyeste utfallene ved simulering. Tallene i parentes i kolonnen for reduksjon av algetilgjengelig fosfor representerer henholdsvis laveste og høyeste anslag. Minus (-) i rubrikken for kostnadseffektivitet angir at kostnadseffektiviteten er negativ. Det betyr at tiltaket ikke innebærer netto kostnad, slik at tallverdien av kostnadseffektivitetsbrøken er uten interesse.

Tabell 24. Samfunnsøkonomiske resultater med innenlandske priser. Jfr. fotnote til tabell 23.

Tiltak	Omfang, mill. daa	Samfunnsøkonomisk resultat, mill. kr/år	Reduksjon av algetilgjengelig fosfor, tonn/år	Kostnads-effektivitet mill. kr/tonn
Gjødselplanlegging.....	9,9	141 (93/ 189)	27 (18/36)	–
Avgift på fosfor i handelsgjødsel	9,9	- 67 (-106/- 31)	25 (10/45)	2,7 (1,3/4,5)
All gjødselspredning i vekstsesongen.....	–	- 88 (-111/- 65)	56 (25,100)	1,6 (1,2/2,1)
Pløying på tvers av fallretn. .	4,2	- 24 (- 32/- 17)	8 (0,15)	3,3 (1,7/16)
Grasdekte vannveier	4,2	-108 (-115/-102)	23 (15,30)	4,8 (3,8/6,6)
Vårpløying	4,2	-104 (-161/- 55)	75 (60/90)	1,4 (0,7/2,2)
Diktesåing.....	1,8	- 22 (- 49/ 2)	34 (25/43)	0,7 (- /1,6)
Vårharving	3,5	- 15 (- 41/ 6)	61 (49/73)	0,2 (- /0,7)
Omdisp av åker til skog.....	2,1	-332 (-343/-318)	64 (60/68)	5,2 (4,8/5,5)

liten og usikker. Dette betyr at kostnaden pr. tonn reduksjon av fosforutslippet blir høy, samtidig som tiltaket ikke gir en tilstrekkelig reduksjon av fosforavrenningen fra åkerarealer.

Grasdekte vannveier gir en foretaksøkonomisk kostnad i størrelsesorden 25 kr/daa før skatt. Samfunnsøkonomisk gir tiltaket en kostnad i størrelsesorden 2-3 mill. kr pr. tonn algetilgjengelig fosfor. Tiltaket er dermed mindre samfunnsøkonomisk gunstig enn andre tiltak mot avrenning fra åker, og gir heller ikke noen stor virkning i form av redusert fosforutslipp.

Vårpløying forutsettes å kunne gjennomføres på alle åkerarealer. Tiltaket vil ikke få foretaksøkonomiske konsekvenser på arealer som egner seg for slik behandling, mens det på uegnede arealer vil gi et foretaksøkonomisk tap av varierende størrelse. Tiltaket vil gi en stor reduksjon av fosforavrenningen fra åker. Kostnadseffektiviteten er under 1 mill. kr pr. tonn algetilgjengelig fosfor hvis vi aksepterer verdsetting av produksjonen i henhold til verdensmarkedets priser. En kostnadseffektivitet på under 1 mill. kr pr. tonn anses for svært gunstig.

Diktesåing forutsettes å kunne gjennomføres på halve kornarealet. Foretaksøkonomisk vil tiltaket gi en netto kostnad når redskap for

tradisjonell våronn finnes på bruket. Hvis all redskap for tradisjonell dyrking ellers må fornyes, ser diktesåing ut til å være et foretaksøkonomisk gunstig alternativ. Samfunnsøkonomisk synes direkte-såing å gi en relativt rimelig reduksjon av fosforutslippet, men usikkerheten er større enn for vårpløying.

Vårharving som eneste jordarbeiding forutsettes å kunne gjennomføres på et areal tilsvarende hele kornarealet. Tiltaket vil i beste fall kunne gjennomføres uten foretaksøkonomiske kostnader, og kostnadene synes i alle tilfeller å bli beskjedne. Samfunnsøkonomisk vil tiltaket gi en meget beskjeden kostnad pr. tonn reduksjon av algetilgjengelig fosfor.

Omdisponering av åker til skog vil gi i særklasse de høyeste foretaksøkonomiske kostnadene av alle undersøkte tiltak. Hvis vi aksepterer argumentasjonen om at dette tiltaket bør vurderes ut fra innenlandske priser, gir tiltaket en langt mer kostbar fosforreduksjon enn tiltakene vårpløying, diktesåing og vårharving som eneste jordarbeiding. Med verdensmarkedets priser, vil tiltaket være samfunnsøkonomisk lønnsomt.

Diktesåing og vårharving, muligens også vårpløying vil gi økt bruk av kjemiske plan-

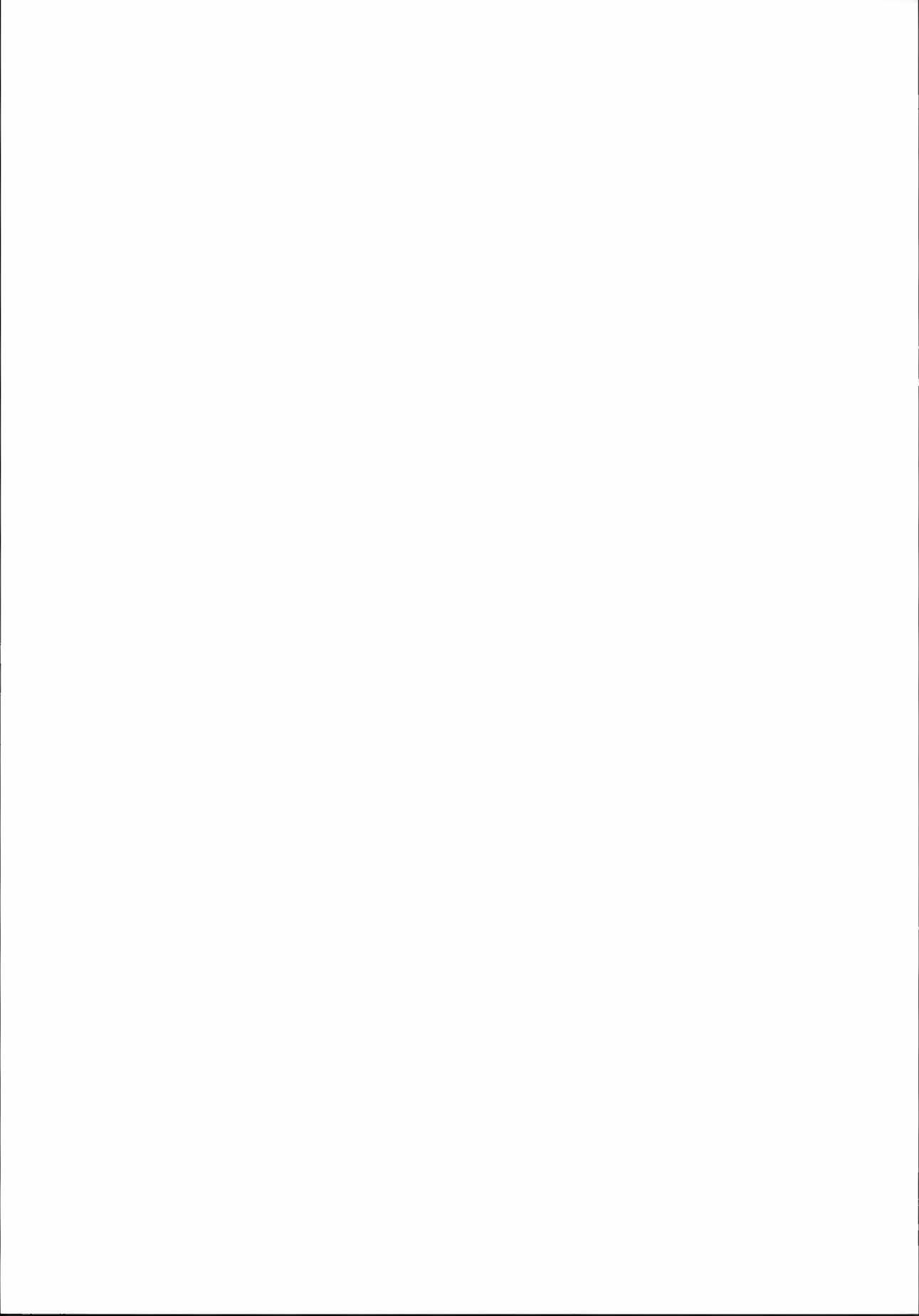
tevernmidler. Dette kan gi miljøproblemer som ikke kommer fram gjennom tallet for kostnadseffektivitet.

I den foretaksøkonomiske analysen er det sannsynlig at usikkerheten vil spille størst rolle der hvor det er stor usikkerhet om hvorvidt tiltaket gir netto tap eller gevinst. Dette gjelder pløying på tvers av fallreningen ved anskaffelse av vendepløyg på korngårder, direktesåing og vårharving som eneste jordarbeiding.

I den samfunnsøkonomiske analysen er det sannsynligvis mer interessant å se på usikkerhet om hvorvidt et tiltak har høy eller lav kostnadseffektivitet sammenlignet med tiltak i sektorer utenfor landbruket. Det antas at marginale prosjekter utenfor landbruket har en kostnadseffektivitet i området 2-6 mill. kr/tonn fosfor. Hvis vi aksepterer argumentasjonen for at innenlandske priser bør benyttes ved omdisponering av åker til skog mens verdensmarkedets priser bør benyttes for alle andre tiltak, kan tiltakene vurderes slik ut fra de forutsetninger som er gitt: Tiltakene «pløying på tvers av fallrening»

», «grasdekte vannveier» og «omdisponering av åker til skog» er usikre tiltak. Tiltaket «all gjødselspredning i vekstsesongen» er kostnadseffektivt med høy sannsynlighet, mens de øvrige fem tiltakene med sikkerhet kan sies å være kostnadseffektive sammenlignet med tiltak i andre sektorer.

På bakgrunn av resultatene kan det anbefales å gjennomføre gjødselplanlegging og avgift på fosfor i størrelsesorden 150% som landsomfattende tiltak. I tillegg anbefales at det gjennomføres virkemidler mot spredning av husdyrgjødsel utenom vekstsesongen og mot jordarbeiding om høsten i områder som har avrenning til vannforekomster hvor forurensning med fosfor er et problem. Det anbefales at fosforavgiften gjennomføres ved en gradvis økning av den eksisterende avgift og at virkemidler mot spredning av husdyrgjødsel utenom vekstsesongen og mot jordarbeiding om høsten forsøkes i et mindre nedbørfelt før en eventuell landsomfattende gjennomføring finner sted.



8 Summary

Polluting discharges of nutrient salts, especially phosphorus, have led to algae blooms in Norwegian waters. A substantial quantity of these salts come from cultivated areas. This study consists of economic analyses of nine measures against phosphorus runoff from agriculture. The study has looked at the following questions:

- What are the economic consequences of each measure for the individual farmer?
- How effective in economic terms is each measure seen from the point of view of society?
- How effective in economic terms are measures against runoff from agricultural land compared to measures against other sources of pollution?

A number of foreign studies of the economics of measures against nitrogen, phosphorus and agricultural erosion are referred to. There are also some Norwegian studies of the economic consequences of measures against the discharge of nutrients, including pollution from agriculture. But no study has yet been made which can give us the answers to the three above-mentioned questions.

Many different measures have been proposed to combat agricultural pollution. A substantial number of such measures have been considered in connection with this study, many of which have been excluded in the analysis section. These are measures which have little bearing on phosphorus discharge, measures which cannot be carried out on a large scale and measures for which it has not been possible to obtain enough

data to make analyses. That leaves us with nine measures which have been analysed in this study:

- Planned fertilizing
- Tax on phosphorus in fertilizer
- All manure spreading in growing season
- Contour ploughing
- Grassed waterways
- Spring ploughing
- Direct sowing
- Spring harrowing as only tillage
- Conversion of cropland

In the business-economic analyses, the changes in the farmer's profits resulting from the measure in question have been calculated. The uncertainty factor is taken into consideration by using probability distribution where an amount cannot be calculated exactly. The calculations are done by Monte Carlo simulation. The results are calculated at 0, 30 % and 60 % tax differential respectively. The effect on liquidity is quantified by working out the flow of payments for each single year before the results for each year are discounted and converted into annuities.

Different methods of socio-economic analysis are discussed. On the basis of the main goal of the project I have chosen to make a cost-effectiveness analysis with costs of NOK 1 million per tonne reduction in algae-accessible phosphorus as the denominator. In the socio-economic analysis too the uncertainty factor is calculated as probability functions and estimates are made using Monte Carlo simulation. Economic results both within and outside agri-

culture are first reckoned out separately. These are then combined to give a total result, which is divided by the effect in the form of reduced phosphorus discharge. This quotient is a cost-effectiveness fraction.

Two sets of socio-economic calculations are made. One in which agricultural products are

valued at world-market prices and one where the agricultural products are valued at domestic prices. I view agricultural subsidies as society's payment for those goals in the agricultural policy which are not related to food production. The world-market prices are thus most relevant in valuing measures which do not have great

Table 25. Business-economic consequences of measures against phosphorus pollutions from non-point agricultural sources.⁴²⁾

Measure	10 % lowest	Expectations	10 % highest
Planned fertilizing			
Crop farming	- 1	13	28
Livestock farming	11	32	55
Tax on phosphorus in fertilizer	- 37	- 23	- 9
All manure spreading in growing season			
Existing manure storage room sufficient			
Spreading on meadowland	10	17	24
Spreading on cropland	8	14	22
Additional storage room needed			
Spreading on meadowland	- 38	- 27	- 16
Spreading on cropland	- 42	- 30	- 19
Contour ploughing			
Reversible plough exists or is not necessary	0	0	0
Reversible plough to be acquired			
Grain cultivation	- 4	- 1	3
Coarse fodder cultivation	- 39	- 34	- 28
Hired ploughing used	- 51	- 35	- 19
Grassed waterways	- 26	- 25	- 23
Spring ploughing			
Suitable areas	0	0	0
Unsuitable areas	- 10	- 48	- 86
Direct sowing			
Traditional equipment exists	- 35	- 13	2
Traditional equipment would have to be bought	- 6	13	25
Spring harrowing as the only tillage	- 22	- 4	4
Conversion of cropland to woodland	-166	-141	-108

⁴²⁾ The figures in the table are given as annual costs in whole NOK (price level of 1988) per decaire (0,1 ha) with the exception of «all manure spreading in the growing season» where the figures are given in NOK per tonne manure. The figures refer to the annual profit/loss before tax for all years considered in the analysis. The «10 % lowest» column gives the 10 % probability that the result will be less than this figure. Similarly for the «10 % highest» column. The «expectations» figures have been arrived at by using expected values for the uncertain elements in the estimate, i.e. without simulation.

bearing on the goals of the agricultural policy. Conversion from cropland to woodland is the only measure of the ones considered which come into conflict with the agricultural policy goals. The domestic prices are considered most relevant to this measure.

The most important figures from the business economic analysis are collected in Table 25, while the most important figures from the so-

cio-economic analysis are collected in Tables 26 and 27. Table 26 is related to world-market prices, while Table 27 refers to the analysis using domestic prices. On the basis of the three tables the different measures are assessed as follows:

Planned fertilizing pays off both from the view of business economics and social economics. Profitability is greatest for farms with

Table 26. *Socio-economic consequences at world-market prices.*⁴³

Measures	Size, mill. decares	Socioeconomic result, mill NOK/year	Reduction of algae-accessible P, ton/year	Cost effectiveness, mill. NOK/ton
Planned fertilizing	9,9	164 (118/204)	27 (18/36)	-
Tax on phosphorus in fertilizers	9,9	39 (25/ 54)	25 (10/45)	-
All manure-spreading during the growing season	-	-85 (-108/-64)	56 (25,100)	1,5 (1,1/2,1)
Contour ploughing	4,2	-18 (- 22/-14)	8 (0, 15)	2,4 (1,3/14)
Grassed waterways	4,2	-51 (- 58/-44)	23 (15, 30)	2,3 (1,8/3,1)
Spring ploughing	4,2	-32 (- 48/-18)	75 (60/90)	0,4 (0,2/0,7)
Direct sowing	1,8	-22 (- 49/ 2)	34 (25/43)	0,7 (-1,6)
Spring harrowing	3,5	-15 (- 41/ 6)	61 (49/73)	0,2 (-0,7)
Conversion of cropland to woodland	2,1	1086 (1075/1101)	64 (60/68)	

Table 27. *Socio-economic consequences at domestic prices. Cf. footnote to table 26.*

Measures	Size, mill. daa.	Socioeconomic result, mill NOK/year	Reduction of algae-accessible P, ton/year	Cost effectiveness, mill. NOK/ton
Planned fertilizing	9,9	141 (93/189)	27 (18/36)	-
Tax on phosphorus in fertilizers	9,9	-67 (-106/-31)	25 (10/45)	2,7 (1,3/4,5)
All manure-spreading during the growing season	-	-88 (-111/-65)	56 (25,100)	1,6 (1,2/2,1)
Contour ploughing	4,2	-24 (- 32/-17)	8 (0, 15)	3,3 (1,7/16)
Grassed waterways	4,2	-108 (-115/-102)	23 (15, 30)	4,8 (3,8/6,6)
Spring ploughing	4,2	-104 (-161/- 55)	75 (60/90)	1,4 (0,7/2,2)
Direct sowing	1,8	-22 (- 49/2)	34 (25/43)	0,7 (-1,6)
Spring harrowing	3,5	-15 (-41/6)	61 (49/73)	0,2 (-0,7)
Conversion of cropland to woodland	2,1	-332 (-343/-318)	64 (60/68)	5,2 (4,8/5,5)

⁴³ All figures have been rounded off. The figures outside the brackets are anticipated values. The figures in brackets in the columns for socio-economic result and cost-effectiveness represent the limit for the 10 % lowest and the 10 % highest of the outcomes respectively upon simulation. The figures in brackets in the column for reduction of phosphorus absorbed by algae represent the lowest and highest estimate respectively. Minus (-) in the column for cost-effectiveness indicates that cost-effectiveness is negative. This means that the measure does not involve net cost, so that the numerical value of the cost-effectiveness fraction is without interest.

livestock. The measure can be recommended for all farms and should be able to be implemented on a voluntary basis.

A tax on phosphorus in artificial fertilizers in the range of 150 % of the price of phosphorus will mean the individual farmer will have to bear a considerable cost if the farmers are not compensated for the loss. In socio-economic terms the measure is profitable if one accepts that production in this case is priced according to world market prices.

All manuring during the growing season is profitable in terms of business economics if manure storage is large enough. If the farmer needs to build an additional storage room to avoid spreading outside the growing season, this measure will normally not be profitable. Farmers with a high differential tax rate can approach the profitability limit for building an additional storage room. The measure is expected to have a great effect on pollution. The socio-economic cost-effectiveness will be in the order of NOK 1-2 million per tonne algae-accessible phosphorus. This is regarded as a favourable price for reduction of phosphorus discharge.

Contour ploughing can be implemented without costs by many farmers, but not by those who need a reversible plough to implement such ploughing. This would put a considerable financial strain on small farms, while large grain farms could have financial advantages in acquiring a reversible plough. In socio-economic terms the costs are minor, but the effect is also small and uncertain. This means that the cost per ton reduction of phosphorus runoff is high, while at the same time the measure does not give a sufficient reduction of phosphorus runoff from cropland areas.

Grassed waterways give a business-economic cost in the order of 25 NOK/decare before tax. In terms of socio-economics the measure gives a cost in the order of NOK 2-3 million per tonne algae-accessible phosphorus. The measure is thus less favourable in socio-economic terms than other measures against runoff from cropland, and does not give any great effect in the form of reduced phosphorus discharge.

It is presupposed that spring ploughing can

be implemented on all cropland areas. The measure will not have business-economic consequences for areas that are suited for such treatment, while unsuitable areas will give a business-economic loss of varying amounts. The measure will give a large reduction of phosphorus runoff from cropland. The cost-effectiveness is below NOK 1 million per tonne algae-accessible phosphorus if we accept valuing of production in accordance with world-market prices. A cost-effectiveness at below NOK 1 million per tonne is regarded as very favourable.

It is presupposed that direct sowing can be implemented on half of the grain area. In terms of business economics the measure will give a net cost when equipment for traditional spring farming is available on the farm. If equipment for traditional cultivation must otherwise be replaced, direct sowing seems to be a favourable alternative. In socio-economic terms direct sowing seems to give a relatively cheap reduction of phosphorus discharge, but the uncertainty is greater than for spring ploughing.

It is presupposed that spring harrowing as the only form of tillage could be implemented on an area corresponding to the entire Norwegian grain area. At best the measure could be implemented without business-economic costs, and the costs seem to be modest under any circumstances. In socio-economic terms the measure will give a very modest cost per tonne reduction of algae-accessible phosphorus.

Conversion of cropland will give the highest business-economic costs of all the measures studied. If we accept that this measure should be considered based on domestic prices, the measure gives a far more costly reduction of phosphorus than the measures spring ploughing, direct sowing and spring harrowing as the only form of tillage. At world-market prices the measure will be profitable in socio-economic terms.

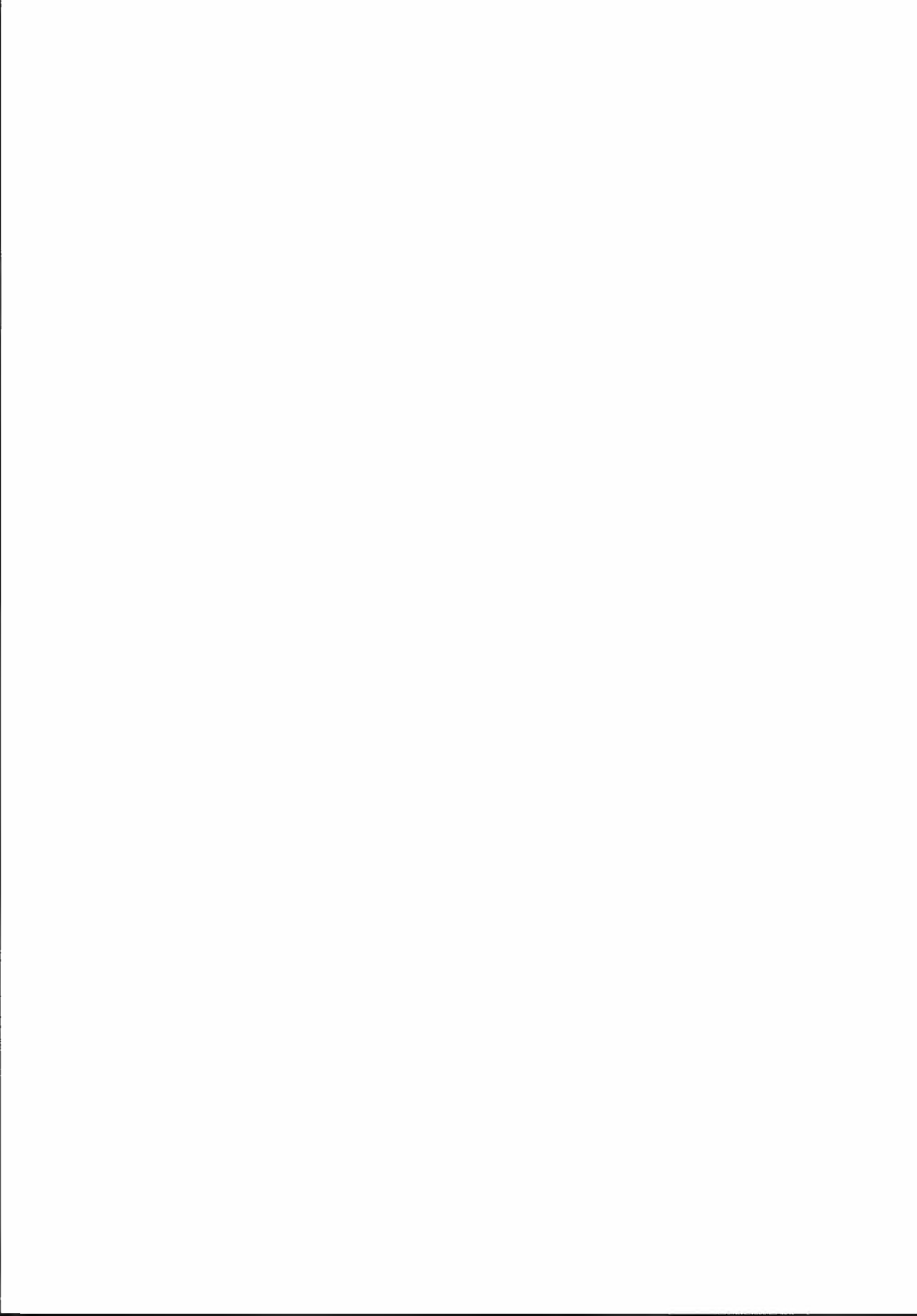
Direct sowing and spring harrowing, possibly also spring ploughing will give increased use of chemical plant protectants. This can give environmental problems that do not appear in the figure for cost-effectiveness.

In the business-economic analysis it is probable that the uncertainty will play the greatest part where there is great uncertainty as to whether the measure will give a net loss or gain. This applies to contour ploughing when acquiring a reversible plough on grain farms, to direct sowing, and to spring harrowing as the only form of tillage.

In the socio-economic analysis it is probably more interesting to look at uncertainty as to whether a measure has a high or low cost-effectiveness compared with measures in sectors outside agriculture. Marginal projects outside agriculture seem to have a cost-effectiveness in the range of 2-6 million NOK/tonne phosphorus. If we accept the reasoning that domestic prices should be used when converting cropland to woodland, while the world-market prices should be used for all other measures, the measures can be considered in such a manner based on the premises given: The measures «contour ploughing», «grassed waterways» and «con-

version of cropland to woodland» are uncertain measures. The measure «all manure-spreading during the growing season» is cost-effective with a high probability, while the remaining five measures can be said with certainty to be cost-effective compared with measures in other sectors.

On the basis of the results it can be recommended that planned fertilizing and tax on phosphorus in the order of 150 % are implemented as nation-wide measures. In addition, the implementation of measures is recommended against spreading of manure outside the growing season and against tillage in the autumn in areas with runoff to water sources where pollution by phosphorus is a problem. It is recommended that the large phosphorus tax is implemented by a step-wise increase of the present tax, and that measures against spreading manure outside growing season and against tillage in the autumn is tried in a smaller area before it is implemented nation-wide.



9 Litteratur

9 LITTERATUR

ALT, K.F., J.A. MIRANOWSKI & E.O. HEADY 1979. Social costs and effectiveness of alternative nonpoint pollution control practices. In: Best management practices for agriculture and silviculture. Ann Arbor Science Publishers Inc., Michigan. s. 321-327.

ANDERSEN, E. 1982. Några ekonomiska aspekter på kväveutlakningen i jordbruket. Exemplifiering från Närke Svartå. Institutionen för ekonomi och statistik, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Rapport nr. 208. 74 s. + 23 s. bilag.

ANDERSSON, A.-K. 1985. Vattenvårdsåtgärder i Ringsjöområdet – en företagsekonomisk analys. Institutionen för ekonomi och statistik, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Rapport nr. 257. 80 s. + 13 s. bilag.

ANDREASSON, I.-M. 1988a. Costs of controls on farmers' use of nitrogen. A study applied to Gotland. Ekonomiska forskningsinstitutet vid Handelshögskolan i Stockholm. 176 s.

ANDREASSON, I.-M. 1988b. Samanfattning av «regional miljöpolitik mot kväveföroreningar». Innlegg under seminaret «Jordbruk og miljø – utviklingstendenser og styringsmidler» arr. av miljøforskningsgruppen under embetsmannskomiteén for miljøspørsmål i Nordisk Råd, Tune Landboskole, Danmark, 26.-27.10.88. 6 s.

BECKER, H. 1988. The impact of soil productivity regulating measures on supply, demand and technology in German agricultural production systems. Paper, «Economic aspects of environmental regulations in agriculture», 18th seminar of European Association of Agri-

cultural Economists (EAAE), Tune landboskole, Denmark, 1.11.-4.11.88. 10 s.

BERGE, E., O.Ø. HOLDHUS & R. AASLAND 1979. Husdyrgjødsellagre i forurensnings-sammenheng. Avsluttende rapport fra prosjektet «Bygningstekniske undersøkelser av husdyrgjødsellagre med sikte på å unngå forurensende avsig». Intern serie 352, Institutt for bygningsteknikk, Norges landbrukshøgskole, Ås-NLH. 94 s. + 36 s. bilag.

BERGER, M.S. & F.H. JOHNSEN 1988. Kostnader ved tiltak mot landbruksforurensninger. Beregninger for Mjøsas nedbørfelt og sammendrag for Indre Oslofjord. Forskningsmelding A-007-88, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning, Oslo. 79 s.

BREZONIK, P.L. et al. 1978. Nitrates: an environmental assessment. National Academy of Sciences, Washington D.C. 723 s.

BUDSJETTNEMNDEN FOR JORDBRUKET 1988. Totalkalkylen for jordbruket. Oslo. 187 s. + vedlegg.

DEMPSTER, T.H. & J.H. STIERNA 1979. Procedure for economic evaluation of best management practices. In: Best management practices for agriculture and silviculture. Ann Arbor Science Publishers Inc., Michigan. s. 383-391.

DOSI, C.M. & G. STELLIN 1988. Limiting nitrogen release from agricultural land: A case study. Paper, «Economic aspects of environmental regulations in agriculture», 18th seminar of European Association of Agricultural Economists (EAAE), Tune landboskole, Denmark, 1.11.-4.11.88. 10 s.

DRAKE, L. 1988. A regionalized non-linear dynamic model of the Swedish agricultural sector with environmental considerations. Paper,

«Economic aspects of environmental regulations in agriculture», 18th seminar of European Association of Agricultural Economists (EAAE), Tune landboskole, Denmark, 1.11.-4.11.88. 10 s.

DUBGAARD, A. 1988. Input levies as a means of controlling the intensities of nitrogenous fertilizer and pesticides. Paper, «Economic aspects of environmental regulations in agriculture», 18th seminar of European Association of Agricultural Economists (EAAE), Tune landboskole, Denmark, 1.11.-4.11.88. 12 s.

ENGLISH, B.C., E.O. HEADY & K.F. ALT 1985. Potential agricultural resource use and structure under soil conservation alternatives for the future. CARD report 132, The Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University, USA. 182 s.

EKEBERG, E. 1987. Redusert jordarbeiding på morenejord. I: Korn. Norsk landbruksforskning 1.1: 1-5.

FAGERÅS, E. 1986. Økonomisk analyse av tiltak mot forurensning fra jordbruket. Telemark distriktshøgskole, Bø. Skrifter nr. 107. 64 s.

FINANSDEPARTEMENTET 1979. Programanalyse. Veiledning for arbeid med programanalyser. Tanum-Norli, Oslo. 172 s.

FORBORD, M. 1989. En vurdering av dataprogram for gjødselplanlegging med hensyn på miljø. Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning, Oslo. 25 s. + 18 s. bilag.

FØRSUND, F. 1978. Om behandling av forurensninger i økonomisk teori. Statsøkonomisk tidsskrift 1/78: 16-33.

FØRSUND, F. & S. STRØM 1980. Miljø- og ressursøkonomi. Forurensninger og utnyttelse av naturressurser. Universitetsforlaget. 391s.

GABRIELSEN, M. 1986. Miljøavgift på kunstgjødsel-nitrogen på Østlandets flatbygder. En samfunnsøkonomisk analyse. Semesteroppgave i RØ2, Norges landbrukshøgskole, Ås.

GIÆVER, H. 1982. Jordbrukets foretaksøkonomi, del I. 3. utg. Institutt for landbruksøkonomi, Norges Landbrukshøgskole, Ås. 139 s.

GRANN, J.M. Mc & J.MEYER 1979. Farm-level economic evaluation of erosion

control and reduced chemical use in Iowa. In: Best management practices for agriculture and silviculture. Ann Arbor Science Publishers Inc., Michigan, s. 359-372.

HAEN, H. de 1982. Economic aspects of policies to control nitrate contamination resulting from agricultural production. European Review of Agricultural Economics, 64.3: 547-552.

HAEN, H. de 1984. Interdependence of prices, production intensity and environmental damage from agricultural production. In: Agricultural markets and prices. Working group A5 papers. IVth European congress of agricultural economics. s. 33-56.

HAGEN, K.P. & A. SANDMO 1983. Kalkulasjonsrente og prosjektvurdering. Universitetsforlaget. 144 s.

HAHLIN, M. & J. ERICSSON 1981. Fosfor och fosforgjødsling. Aktuelt från lantbruksuniversitetet 294. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. 21 s.

HEGRENES, A. 1985. Mekaniseringsøkonomi på enkeltbruk. Norges landbruksøkonomiske institutt, Oslo. Melding nr. F-279-85. 176 s.

HEADY, E.O., K.J. NICOL & J.C. WADE 1976. Economic trade-offs to limit nonpoint sources of agricultural pollution. Water, Air and Soil Pollution 5.4: 415-430.

HOCHMAN, E., PINES D. & ZILBERMAN D. 1977. The effects of pollution taxation on the pattern of resource allocation: the downstream diffusion case. Giannini Foundation Paper 460, University of California. 14 s.

HOLDHUS, O.Ø. 1981. Husdyrgjødsellager i Mjøsaksjonens område. Undersøkelse av utbedringenes effektivitet. Inst. for bygningsteknikk, Norges Landbrukshøgskole, Ås. Stensiltrykk nr. 176. 63 s.

HUNT, K.E. 1974. The economics of the use of chemicals in agriculture. In: Pollution and the use of chemicals in agriculture, s. 111-125. Butterworths, London.

HÅLAND, Å. & K. AASE 1987. Fosfor til eng på tidlegare sterkt fosforgjødsla jord. Norsk landbruksforskning vol. 1.3: 147-159.

JACOBS, J.J. & G.L. CASLER 1979. Inter-

nalizing externalities of phosphorus discharges from crop production to surface water: Effluent taxes versus uniform reductions. *American Journal of Agricultural Economics* 61.2: 309-312.

JACOBS, J.J. & J.F. TIMMONS 1974. An economic analysis of agricultural land use practices to control water quality. *American Journal of Agricultural Economics* 56.4: 791-798.

JERVEN, M. & K.B. RINGØY 1985. Avkastning av investeringer i jordbruket. Internrente ved investering i nydyrking, grøfting, vatningsanlegg og bruksutbygging. Norges landbruksøkonomiske institutt, Oslo. Melding nr. I-727-85. 47 s.

KUMM, K.-I. 1976. Vattenförorening från jordbruket. Orsaker, risker och kostnader för åtgärder. Institutionen för ekonomi och statistik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Rapport 157, 90s + 95s vedlegg.

KUMM, K.-I. 1979. Några metoder för miljövårdsbeslut. Institutionen för ekonomi och statistik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Rapport 157, 90 s. + 95 s. bilag.

KVAAL, C. & R.G. ANDERSEN 1988. Skattebok for jord- og skogbrukere. Inntektsåret 1988. Landbruksforlaget, Oslo. 262 s.

KVERNELAND A/S 1985. Redskapskatalogen 1985 og veiledende prisliste nr. 161. Kverneland. 32 s. + 16 s.

LANDBRUKETS PRISCENTRAL. Priser på jordleie. 27.4.88. 3 s.

LANDBRUKSDEPARTEMENTET 1984. Forurensninger fra jordbruket. Omfang og virkemidler. Delutredning nr. 1. Rapport nr. 2. Oslo. 61 s.

LANDBRUKSDEPARTEMENTET 1986. Forurensning fra jordbruket – kostnader ved forurensningsbegrensende tiltak og aktuelle virkemidler. Delutredning II. Oslo. 71 s.

LANDBRUKSTEKNISK INSTITUTT 1977. Prøve med Kverneland 14" vendeplog. Melding nr. 429. Ås-NLH. 9 s.

LANGVATN, H. 1973. Forelesninger i foretaksøkonomi grunnkurs. Norges landbrukshøgskole, Institutt for driftslære og landbruksøkonomi. Ås-NLH. 185 s.

LIND, H. 1978. Två jämførelsesmetoder: Måluppfyllelsesanalys och Lichfield's planning balance-sheet method. In: *Jämførelsesmetoder i samhällsplaneringen*. Nordiska institutet för samhällsplanering, Nordisk ministerråd. s. 71-110.

LOGAN, T.J & D.L. FORSTER 1982. Alternative management options for the control of diffuse phosphorus loads to Lake Erie. Ohio State University, Ohio. 46 s.

LUNNAN, A. 1988. Økonomisk analyse av bioenergiinvesteringar. Rapport nr. 1/1988, Institutt for skogøkonomi, Norges landbrukshøgskole, Ås. 232 s.

LÅG, J. 1983. Jordvern som likevel lønner seg. Aschehoug, Oslo. 128 s.

MATTSSON, B. 1979. Lönsamhet från samhällets synpunkt. En presentation av olika kalkylmetoder med exempel och övningsuppgifter. Akademiförlaget, Stockholm. 228 s.

MATTSSON, C. 1986. Kvæveprisets inverkan på gödselgivor og stallgödselhanteringens lönsamhet. Rapport 265, Sveriges landbruksuniversitet, institutionen för ekonomi og statistik, Uppsala. 30 s. + 3 s. bilag.

MIKKELSEN, P. 1986. Forurensning fra husdyrgjødsel – økonomisk analyse m.h.p. spredetidspunkt. Hovedoppgave, Institutt for skogøkonomi, Norges Landbrukshøgskole, Ås. 51 s. + 8 s. vedlegg.

MILJØVERNDEPARTEMENTET 1985. Om tiltak mot vann- og luftforurensninger og om kommunalt avfall. St. meld. nr. 51 (1984-85). 93 s.

MILJØVERNDEPARTEMENTET 1989. Forskrift om husdyrgjødsel. 10 s.

NILF 1988a. Driftsgranskninger i jord- og skogbruk. Regnskapsresultater 1987. Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning, Oslo. 237 s.

NILF 1988b. Handbok for driftsplanlegging 1988/89. Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning, Oslo. 272 s.

NILF 1988c. Økonomiforsøk 1987. Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning, Oslo. 28 s.

NIVA 1988. Algetilgjengelighet av fosfor i jordbruksavrenning sammenlignet med andre

foreureningskilder. Vekstforsøk med ferskvannsalgen *Selenastrum capricornutum*. Fase 1. Fremdriftsrapport. Norsk institutt for vannforskning. 25 s.

NJØS, A. & E. EKEBERG 1980. Forsøk med høstpløying til to dybder høst og vår på morenejord i Stange i årene 1969-1975. Forskning og forsøk i landbruket 31.3: 221-242.

NORSK LANDBRUK 1988. Nøkkeldata: Ploger, slodder, tromler, harver. Norsk landbruk 107.4:47-56.

NORUM, L. 1971. Usikkerhet ved planlegging i jordbruket. Norges landbruksøkonomiske institutt, Oslo. 111 s.

NYBAKKEN, Ø. 1983. En teknisk-økonomisk analyse av de ulike tiltak som kom inn under rammen av Mjøs-aksjonen. Den relative effektiviteten av de enkelte tiltak. Institutt for vassbygging, seksjon for VAR-teknikk, Norges tekniske høgskole. 135 s. + 66 s. bilag.

PALMINI, D.J., C.R. TAYLOR & E.R. SWANSON 1977. The potential economic impact of selected agricultural pollution controls on two counties in Illinois. Dept. of Agricultural Economics, University of Illinois. Agricultural Economics research report 154. 41 s.

PEARCE, D.W. & C.A. NASH 1981. The social appraisal of projects. A text in cost benefit analysis. Mac Millan Press. 223 s.

RASMUSSEN, S. 1979. Udskiftningsplanlægning for inventar. Foredragsbilag, NJF's XVI kongress, seksjon IX: Landbruksøkonomi. Jordbruksøkonomisk Institut, Valby, Danmark. 12 s.

RENEAU, D.R. & C.R. TAYLOR 1979. An economic analysis of erosion control options in Texas. In: Best management practices for agriculture and silviculture. Ann ARBOR Science Publishers Inc., Michigan. s. 393-418.

RILEY, H. 1981. En vurdering av mulighetene for direktesåing av korn. Aktuelt fra Statens fagteneste for landbruket nr. 2/81, s. 3-11.

ROBILLARD, P.D., M.F. WALTER & L.M. BRUCKNER 1979. Joint evaluation of the effects and costs of agricultural nonpoint source water quality controls. ASAE technical paper no. 79-2502. American Society of Agri-

cultural Engineers, St. Joseph, Michigan, USA. 14 s.

SEFO 1987. Satser for forskningsoppdrag. Hvordan bør forskningsoppdrag kostnadsberegnes? Senter for forskningsoppdrag, Ås. 7 s.

SEITZ, W.D., C. OSTEEEN & M.C. NELSON 1979. Economic impacts of policies to control erosion and sedimentation in Illinois and other corn belt states. In: Best management practices for agriculture and silviculture. Ann Arbor Science Publishers Inc., Michigan. s. 373-382.

SHARP, B.M. & S.J. BERKOWITZ 1979. Economic, institutional and water quality considerations in the analysis of sediment control alternatives: A case study. In: Best management practices for agriculture and silviculture. Ann Arbor Science Publishers Inc., Michigan. s. 429-453.

SIMONSEN, J.W 1989. Miljøavgifter på kunstgjødsel-N og -P og på plantevernmidler. Institutt for landbruksøkonomi, Ås-NLH. 63 s. + 43 s. bilag.

SKJØLBERG, P.O. 1988. Handtering og bruk av husdyrgjødsel. En økonomisk analyse. Forskningsmelding A-005-88, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning, Oslo. 107 s.

SOLBERG, B. 1984. En stokastisk modell for beregning av lønnsomheten under risiko ved planting av *Pinus contorta* på lav bonitet. Rapport nr. 8/1984, Institutt for skogøkonomi, Norges landbrukshøgskole. 18 s.

SQUIRE, L. & H.G. TAK 1975. Economic analysis of projects. The John Hopkins University Press.

STATENS FORURENSNINGSTILSYN 1984. Utprøving av tiltak mot arealavrenning i landbruket. Høringsutkast til prosjektplan. Oslo. 14 s. + 43 s. vedlegg.

STATENS KORNFORRETNING 1984-1989. Årsmelding og regnskap 1983-1988. 89 s, 88 s, 79 s, 80 s, 86 s.

STATISTISK SENTRALBYRÅ 1985. Landbruksteljing 1979. Hefte VIII. Oslo-Kongsvinger. Oversikt. 194 s.

STATISTISK SENTRALBYRÅ 1979. Jordbruksstatistikk 1978. Oslo. 122 s.

- STATISTISK SENTRALBYRÅ 1988a. Jordbruksstatistikk 1986. Oslo-Kongsvinger. 129 s.
- STATISTISK SENTRALBYRÅ 1988b. Statistisk årbok 1988. Oslo-Kongsvinger. 502 s.
- STRAND, E. 1984. Korn og korndyrking. Landbruksforlaget. 128 s.
- SUNDSBØ, S. 1970. Forurensninger fra jordbruket. En oversikt over mengder og årsaker. Institutt for driftslære og landbruksøkonomi, Norges landbrukshøgskole, Ås. 84s.
- SVELLE, M. 1988. Tiltaksanalyse for Indre Oslofjord. Innlegg under seminaret «Jordbruk og miljø – utviklingstendenser og styringsmidler» arr. av miljøforskningsgruppen under embetsmannskomiteén for miljøspørsmål i Nordisk Råd, Tune Landboskole, Danmark, 26.-27.10.88. 5 s.
- SØDAL, D.P. 1988. Regional employment effects of the new measure to control pollution from animal husbandry in Norway. Paper, «Economic aspects of environmental regulations in agriculture», 18th seminar of European Association of Agricultural Economists (EAAE), Tune landboskole, Denmark, 1.11.-4.11.88. 10 s.
- SÖDERBAUM, P. 1975. Utforming av beslutsunderlag vid samhällsplanering. Positionsanalys som alternativ til traditionell costbenefitanalys. Institutionen för ekonomi och statistik, Lantbrukshögskolan, Uppsala. Rapport 63. 57 s.
- SÖDERBAUM, P. 1982. Miljövårdens ekonomi. En introduktion. Institutionen för ekonomi och statistik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Rapport 207. 35 s.
- TAYLOR, C.R. & K.K. FROHBERG 1977. The welfare effects of erosion controls, banning pesticides and limiting fertilizer application in the Corn Belt. American Journal of Agricultural Economics 59.1: 25-36.
- TAYLOR, C.R. & E.R. SWANSON 1974. Economic impact of imposing per acre restrictions on use of nitrogen fertilizers in Illinois. Illinois Agricultural Economics 14.2: 1-5.
- TAYLOR, C.R. & E.R. SWANSON 1975. The economic impact of selected nitrogen restrictions on agriculture in Illinois and 20 other regions in the United States. Dept. of Agricultural Economics, University of Illinois. Agricultural Economics Research Report 133. 37 s.
- TVEITNES, S., Å. HÅLAND & I. SCHJELDERUP 1985. Handlingsprogram for forskning innan behandling og bruk av blautgjødsel. Ås/Klepp/Tromsø. 38 s. + 34 s. + 17 s. bilag.
- TVEITNES, S. & O. TJERNSHAUGEN 1984. Treatment of liquid manure and the effect of treated manure on agricultural crops. Meldinger fra Norges landbrukshøgskole nr. 3 1984. 21 s.
- UHLEN, G. 1978. Nutrient leaching and surface runoff in field lysimetres on a cultivated soil. II. Effects of farm yard manure spread on a frozen ground and mixed in the soil on water pollution. Meldinger fra Norges landbrukshøgskole 57:28. 23 s.
- UHLEN, G. 1984. Overdosering med fosforgjødsel. Norsk landbruk 14/84 s. 46-47.
- UNDHEIM, G. 1988. Ny viten om gjødselavrenning. Bondevennen nr. 1/88 s. 4-5.
- UNIDO 1972. Guidelines for project evaluation. United Nations, New York.
- VOCKE, G.F., E.O. HEADY, W.G. BOGGES & H.J. STOCKDALE 1977. Economic impacts on U.S. agriculture from insecticide, fertilizer, soil loss, and animal waste regulatory policies. Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University. CARD Report 73. 94 s.
- WADE, J.C. & E.O. HEADY 1977. Controlling nonpoint sediment sources with cropland management: a national economic assessment. American Journal of Agricultural Economics 59.1: 13-24.
- WERNER, R. 1988. Effects of environmental regulations in agriculture on farm income and development. Paper, «Economic aspects of environmental regulations in agriculture», 18th seminar of European Association of Agricultural Economists (EAAE), Tune landboskole, Denmark, 1.11.-4.11.88. 10 s.
- WHITE, G.B. & E.J. PARTENHEIMER 1979. The economic implications of erosion and sediment control plans for selected Pennsylvania dairy farms. In: Best management

practices for agriculture and silviculture. Ann Arbor Science Publishers Inc., Michigan. s. 341-357.

ZIEMER, R.F., W.N. MUSSEY & I.D. CLIFTON 1978. Agricultural input use and potential water pollution associated with irrigation

in Georgia. Research bulletin 222, University of Georgia. 25 s.

ÅSTEBØL, S.O. 1988. Tiltaksanalyse for Mjøsa. Forventet effekt av tiltak i jordbruket. GEFO (Institutt for georessurs- og forurensningsforskning), Ås. 50s.