

INSTITUTT FOR JORDKULTUR
NORGES LANDBRUKSHØGSKOLE
1432 AS-NLH

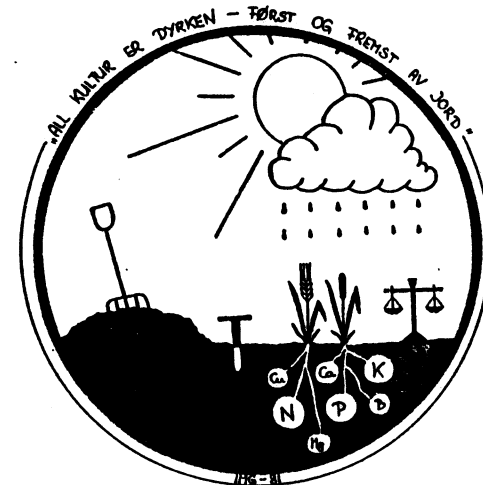
SERIE B 2/82

ENERGIØKONOMISERING OG DYRKINGSTEKNIKK

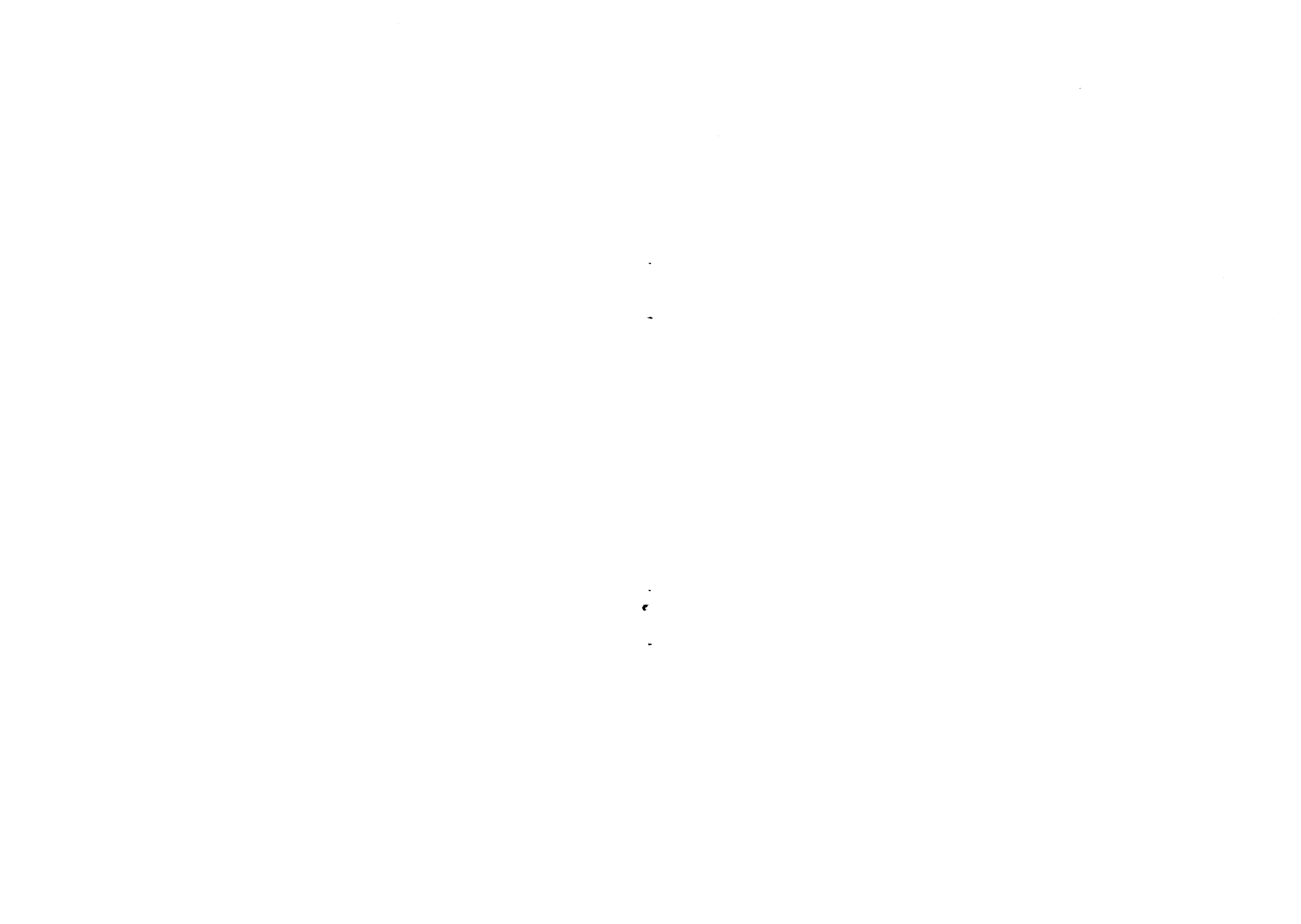
AV

ARNOR NJØS

Foredrag ved Konferanse:
Energiøkonomisering i landbruket
Leangkollen, Asker 26.-27. november 1981
NLVF-utredning nr. 118



DEPARTMENT OF SOIL FERTILITY AND MANAGEMENT
AGRICULTURAL UNIVERSITY OF NORWAY
N-1432 AS-NLH, NORWAY



INNHOLDSLISTE

	Side
Sammendrag	63
Summary	64
Innledning	65
Vann- næringsstoffer - arbeid	66
Fordeling av energibruk mellom innsatsgrupper	67
Bruk av maskiner	68
Jordarbeiding	69
Antall høstinger i grasproduksjonen	70
Bruk av plantevernmidler	72
Gjødsling	72
Virkning av vanning	78
N-gjødsel til poteter	79
Diskusjon	80
Litteratur	85

- MYHR, E. og B. ROGNERUD, 1974. Vatning og ulik gjødsling til 3-årige omløp av poteter, bygg og timotei, Forskn.fors.landbr. 25: 45 - 62.
- MYHR, K. 1975. Faktorielle forsøk med timoteisortar, gjødsling og slåttetider på Vestlandet. Forskn.fors.landbr. 26: 315 - 324.
- MYHR, K. og NJØS, A. 1981. Upublisert melding om jordbrukstrafikk i eng.
- NILSSON, B. 1979. Optimering av arbeids- og maskinsystem inom lantbruket. Skogs- och Lantbr.akad.Tidskr. 118: 331 - 348.
- NJØS, A. 1978. Jordbrukets energibalans - inntekter og utgifter i planteproduksjonen. Norsk Landbruk 9/78. Særtrykk nr 161, Institutt for jordkultur, 4 s.
- NJØS, A. 1980. Djupearbeiding av lagdelt jord. Virkning på jord og avling. Aktuelt fra Landbruksdepartementets opplysningstjeneste 5/1980: 103 - 120.
- NJØS, A. 1981. Energiutnytting som mål for virkning av produksjonsfaktorer i jordbruket. Jord og Myr 5: 47 - 59.
- NLVF-utredning nr. 83 (1976)
- NLVF-utredning nr. 111 (1980)
- NLVFs arbeidsgruppe for energiberegninger 1981. Notat 29. okt. 1981 v/Håkon Romarheim.
- PESTALOZZI, M. 1980. Virkning av høstetid og gjødsling på grasavling og avlingskvalitet. Forskn.fors.landbr. 31: 89 - 103.
- RILEY, H.C. 1981. Arbeidsbehov og energiforbruk ved ulike jordarbeidingsystemer I: Oversikt over forskningsvirksomheten på Statens forskningsstasjon Kise 1981. Kiseinformasjon Nr. 3, s. 18 - 20.
- RILEY, H.C. 1981. Pers meld.
- SLOGGET, G. 1977. Energy used for pumping irrigation water in the United States 1974. In: Agriculture and Energy (ed. W. Lockeret). Academic Press. N.Y.
- UHLEN, G. 1970. Nitrogengjødsling og grasproduksjon ved flere gangers slått. Jord og Avling 3/1970: 4 - 7.
- WHITE, D.J. 1980. Calculating energy use in forage conservation. Span 23(3): 120 - 123.
- ØDELIEN, M. og HVIDSTEN, L. 1957. Stigende kunstgjødselmengder til eng ved ulike slåttetider. Forskn.fors.landbr. 8: 241 - 294.

Forfatteren vil takke professor dr. Knut Breirem og forsker Håkon Romarheim for verdifull hjelp med utarbeiding av dette foredraget.

ENERGIØKONOMISERING OG DYRKINGSTEKNIKK
I PLANTEPRODUKSJONEN
ENERGY EFFICIENCY AND CULTIVATION TECHNOLOGY IN PLANT PRODUCTION

Arnor Njøs, professor
Institutt for jordkultur
Postboks 28
1432 Ås-NLH

Sammendrag

Energis grensevirkningsgrad for den enkelte produksjonsfaktor er et forholdstall som viser økningen i produktets innhold av energi ved økt innsats av hjelpeenergi.

For gjødsel gjelder formelen

$$e_G = \frac{a \cdot \Delta A}{g \cdot \Delta G}$$

hvor

e_G = virkningsgrad for gjødsel

a = energiinnhold i avling, MJ/kg

ΔA = meravling, kg

g = hjelpeenergi til framstilling av gjødsel, MJ/kg

ΔG = mergjødsel, kg

Denne formelen er brukt til å beregne virkningsgrader for N-gjødsling til korn, poteter og eng. En tilsvarende formel kan brukes for vanning.

Det er mulig å bruke $e_N = 1,0$ som et energimessig optimalpunkt for N-gjødsling. Gjødsles det med større N-mengde enn den N-mengden som svarer til $e_N = 1,0$ øker energiinnholdet i produkter mindre enn økningen i hjelpeenergi.

Ved beregningseksempler er det vist at e_N er betydelig større enn 1,0 ved moderat N-gjødsling. Det energimessige optimalpunktet for N-gjødsling til korn ligger litt lavere enn det økonomiske optimalpunktet ved det prisnivået som gjelder i 1981. I et jordbruk hvor en kan regulere både vanntilgang og næringstilgang kan grensevirkningsgraden for energi være en nyttig størrelse for vurde-

ring av optimal innsats av produksjonsfaktorene. Fordelen med en virkningsgrad er at den er uavhengig av endringer i prisene. På den annen side vil produsentene bare reagere på økonomiske forhold. Den energimessige tilpassingen vil derfor bare ha betydning ved ressursmessige vurderinger, hvor energi blir betraktet som en spesiell ressurs.

For de planteproduktene som er aktuelle både som energivækster og mat- eller fôrvekster - og det gjelder mange planteprodukter - er det nyttig å beregne virkningsgraden både på basis av bruttoenergi og omsettbare energi.

De forholdene som er tatt opp i dette foredraget, peker i retning av at den kanaliserte husdyrproduksjonen med dårlig utnyttning av husdyrgjødsel og en energikrevende grasdyrking er det området hvor en energiøkonomisering kan ha størst interesse. Dette problemet går helt ned til grunnlaget for norsk landbrukspolitikk.

Den solide kornbonden som ikke presser N-gjødslinga til det ytterste, men vurderer hele planteproduksjonen som en helhet over en årrekke vil sannsynligvis komme ut svært bra både energimessig og økonomisk. På lang sikt vil han ha flere skurtreskerdager om høsten, fordi han får mindre legde og fordi modningen blir jammere. Han vil også få mindre utgifter til tørking, mindre problemer med kveke og tid til å avslutte høstpløyinga før det blir altfor vått. Han vil sannsynligvis også legge vekt på å ha godt drenert jord, bl.a. ha sikret seg mot overflatevann etter teleløsning, og ha alle maskiner og redskaper i stand, slik at hver eneste brukbar vårdag kan utnyttes.

Summary

The marginal energy efficiency for a given production factor is a ratio showing the increase of energy output at a given increase of the input energy (cultural energy). For fertilizer the following formula may be applied:

$$e_G = \frac{a \cdot \Delta A}{g \cdot \Delta G}$$

e_G = marginal energy efficiency of fertilizer

a = energy content of the crop, MJ/kg

ΔA = yield increase, kg

g = energy equivalent for fertilizer, MJ/kg

ΔG = additional fertilizer, kg, to produce A

This formula has been applied to calculate energy efficiencies for N fertilization of grain crops, potatoes and grass silage. A similar formula may be used for irrigation.

Litteratur

- BREIREM, K. og HOMB, T. 1970: Føremidler of fòrkonservering. Forlag Buskap og Avdrått A/S, Gjøvik, s. 117 - 123.
- BÆRUG, R. og ENGE, R. 1971: Virkning av sterk nitrogen-gjødsling og omløpsform på avling og ulike kvalitetsegenskaper hos matpoteter. I. Virkninger på avling og næringsopptak. Meld. Norg. Landbr. Høgsk. 50 (4): 1 - 25.
- BÆRUG, R. 1977. Nitrogen, kalium, magnesium og svovel til eng på Sør-Østlandet. I. Avlinger og jordanalyser. Forskn. fors. landbr. 28: 533 - 548.
- CLARK, C. and HASWELL, M. 1970: The economics of subsistence agriculture. 4. ed. Macmillan, London.
- DELWICHE, C. C. 1977: Energy relations in the global nitrogen cycle. Ambio VI (2): 106 - 111.
- DIERCKS, R. 1979: Energieeinsparung in der Pflanzenproduktion im Bereich Pflanzenschutz. Agrarwirtschaft und Energie. Vortragstagung München Nov. 1978. Berichte über Landwirtschaft 195. Sonderheft: 142 - 156.
- DUCKHAM, A.N., JONES, J.G.V. JONES & E.H. ROBERTS, 1976: Food production and consumption. North Holland Publ. Co., Amsterdam
- ELONEN, P. 1981. Virkningen av vatning på effektiviteten av N-gjødsling. Foredrag NJF-seminar "Nitrogen-gjødslingens effektivitet og nitrogentap" Ås 17. - 18. februar 1981.
- FRISSEL, M.J. 1977. Application of nitrogen fertilizers. Present trends and projections. Ambio VI(2): 152 - 156.
- HANSEN, P. 1980. Energy notes. Irrigation - no longer cheap. Feedstuffs 52, 19 (May 12, 1980): 7.
- INGEBRIGTSEN, S. 1959. Gjødsling til kløverrik eng. Forskn. fors. landbr. 10: 159 - 206.
- LYNGSTAD, I. 1961. Gjødslingsforsøk i rotvekster. Forskn.fors. landbr. 12: 315 - 335.
- LYNGSTAD, I. 1973. Nitrogen-gjødsling til vårkorn i relasjon til såtid. Forsk.fors. landbr. 24: 523 - 538.
- LYNGSTAD, I. 1977. Unødvendig sterk nitrogen-gjødsling i korn-dyrkingen? Norsk Landbruk 6/77 og særtrykk 154, Institutt for jordkultur.
- LYNGSTAD, I. 1981. Pers. melding.

I en beredskapsplan for hele landet vil korn og poteter spille en stor rolle i matproduksjon. De arealene som kan levere plantereprodukter direkte til mat må beskyttes mot nedbygging. Et areal på 1 dekar med matkorn har en verdi i matforsyningen som svarer til 4 - 5 dekar av et areal hvor det bare drives melkeproduksjon og vel 21 dekar, hvor det drives produksjon av storfekjøtt (NLVF-utredning nr. 111, tabell IV 5).

Det har vært dyrket korn hos oss, både ved kysten og i dal- og fjellbygdene. En beredskapsteknologi bør utarbeides for marginale kornområder.

Potetdyrkingen gir plass for en ganske stor innsats av arbeid, og det bør planlegges hvordan en slik arbeidsinnsats kan innpasses i jordbruket rundt tettstedene under forhold med matkrise. I grovførområdene er det også muligheter for betydelig potetdyrking.

N-gjødsel og vann er de to viktige energiproduserende vekstfaktorene. I en beredskapsplan er det derfor svært viktig å sørge for at disse vekstfaktorene kan utnyttes. Av det som er lagt fram av beregninger, kan vi se at en viss reduksjon av mengden av N-gjødsel øker energiutnyttningen, men senker totalproduksjonen. Balansepunktet i tilfelle reduserte forsyninger bør forskyves mot den N-mengden hvor grensevirkningsgraden begynner å flate ut mot 1,0.

Ved de prisene som gjelder i 1981 svarer 1 kg N til ca 2,5 kg bygg. Energimessig optimum ved utnytting av bygg til mat ligger ved en N-gjødsling hvor en tilleggsjødsling med 1 kg N gir ca 6 - 7 kg bygg. Ved utnytting til kraftfôr vil dette punktet ligge ved ca 4 - 5 kg bygg pr kg N. Det samme gjelder også ved dyrking av hvete til mat.

Ved korndyrking vil en energioptimalisering for gjødsling være avhengig av at vannfaktoren kan kontrolleres. Stort sett kan en si at den største energiproduksjon ved korndyrking kan oppnås ved trekombinasjonen tidlig såing - optimal vanntilgang - optimal nitrogen-gjødsling. Ved kontroll av disse tre faktorene kan det være mulig å drive en rådgivning for gjødsling som vil gi optimal energiutnytting.

Vi har i diskusjonen lagt lite vekt på andre næringsstoffer og kalk, men de må også være til stede. Den uforholdsmessige store oppbyggingen av fosforreserver i jorda på husdyrbrukene er unødvendig. Det hadde vært langt bedre utnytting av husdyrgjødsel å bruke den på større arealer og da med nedmylding.

Brensel er uomgjengelig nødvendig for å gjennomføre produksjon og et par års beredskapslager på hver gård må være et mål. En slik desentralisert lagring vil også ha en stor forsvarsmessig betydning.

The special case where $e_N = 1.0$ may be considered an optimum point for N fertilization. At higher amounts of N than the amount corresponding to $e_N = 1.0$, the increase in energy produced is less than the increased energy input.

In the report a number of calculations demonstrate e_N values considerably higher than 1.0 at moderate fertilizer doses of N. The energetic optimal point for N is situated at a slightly lower N dose than the economic optimal point. (1981 prices). In these calculations a is generally taken as the metabolizable energy equivalent for the product. The marginal energy efficiency may be a useful quantity in estimating the optimal use of resources in plant production. This approach is best suited when nutrients and water can be controlled simultaneously. The advantage of using the energy efficiency approach is that the calculations are not dependent on changing prices. On the other hand farmers do not respond to energy, but to economics. The energetic adaptation therefore only is meaningful when energy is considered as a special resource.

For plant products that may be utilized as energy crops it may be useful to calculate the energy produced as gross energy. In fact the energy efficiency approach is best suited for this situation.

In Norway the agricultural policy has resulted in a very distinctive production pattern, with animal production in the western, northern and high-lying areas, while the grain production is localized to the eastern part of the country, as well as the low-lying areas around the Trondheimsfjord. In the animal production areas a high energy input is required for the grass silage production. At the same time the utilization of animal manure is poor because of great amounts spread on the surface of grassland. An energy analysis related this production pattern would be of special interest.

The good careful farmer who does not press the N application to the utmost limit, would probably be well off over a number of years both in terms of energy and economy. He would probably be very keen on an early start in the spring as well as on a comparatively early finish to the growing season. A grain crop farmer of this type would have more days for combining in the autumn, because of less lodging and a more even maturing. He would have less expenses, both in energy and money, for drying, less problems with the couch grass (*Elytrigia repens*, (L) Nevski) and time for finishing off the tillage works before the soil gets too wet towards winter. He would probably stress the importance of drainage, both internal and surface drainage, to be able to start early in spring, and generally maintain well all his machinery to be able to have as many productive days as possible.

Innledning

Jordbruk er et system for markbruk som går ut på å øke energistrømmen gjennom systemet og dermed arealproduktiviteten. Clark & Haswell (1970) har stilt opp en tabell for arealbruk ved ulike former for utnytting av naturen.

Tabell 1. Arealbehov ved ulike slags markbruk e Clark & Haswell, 1970

Arealbruker	Areal pr person
Eskimo, N.W. Canada	140 000 dekar
Indianer, U.S. prærie	20 000 - 25 000 dekar
Indianer, laksefiske	1 500 dekar
Nomade, masai, Ø. Afrika	600 - 1 300 dekar
Flyttjordbruker, Sentral-Afrika	100 - 200 dekar

Etter Duckham et al (1976) som har undersøkt arealbehovet på University of Readings gårder i England kan det i et moderne vesterlandsk jordbruk regnes:

Tabell 2.

Kosthold	Areal pr person
A. Kornvarer, poteter	0,8 dekar
A. + melk	1,6 dekar
A. + melk, egg, kjøtt	2,6 dekar
Aktuelt kosthold 1962 - 65	5,1 dekar

Ser vi på Norge i dag (1981) med et dyrket areal på ca 2 dekar pr person og en selvforsyningsgrad m.h.t. jordbruksvarer på ca 40 %, kan vi regne med at arealbehovet er rundt 5 dekar pr person. Av dette vil da 3 dekar være dyrket i andre land. Dette er en grov forenkling, da vi også spiser fisk og andre matvarer av innenlandsk produksjon.

En middelstor europeisk bil vil kreve 12 - 13 dekar for brenselproduksjon og en hest 6 - 7 dekar til fôr.

Gjennom utviklingen av jordbruket har arealbehovet gått kraftig ned mens energistrømmen gjennom systemet har økt. Ingen form for jordbruk kan greie seg uten denne energistrømmen. Solenergien er gratis, og planteproduksjon går ut på å kapre mest mulig solenergi ved innsats av hjelpeenergi. *) I det gamle "utmarksjordbruket" hadde gården et lite heimeareal, mens lauv og gras ble samlet inn fra utmarka og brukt som fôr. Husdyrgjødsel ble brukt på et lite område rundt tunet. Dette området fikk dermed en større produksjon som bygde på tilførsler utenfra. Lignende eksempler fins det mange av, f eks tilførsel av tang og tare fra sjøen i kystområder.

I vårt klima som fører med seg betydelig tap av næringsstoffer ved utvasking i tillegg til det som føres bort med produktene, var næringsstoffene en minimumsfaktor gjennom århundrer, til guano og kunstgjødsel ble tatt i bruk. I de tørre klimaområdene er vannet en lignende minimumsfaktor.

Vann - næringsstoffer - arbeid

For planteproduksjonen kan vi sette opp en oversikt over innsatsfaktorer:

Solenergi

CO₂

Vann

*) I stedet for hjelpeenergi brukes av og til handelsenergi.

te året og deretter øke N-mengden med avtakende kløverbestand. I løpet av en engperiode ville denne driftsmåten, sammen med 2 høstinger i S-Norge (1 høsting i N-Norge og til fjells) gi en energikonsolidering, billigere føreheter og billigere protein. Men det trengs mer forskning på dette området.

Avlingen som ble oppnådd i det allsidige vekstomløpet som kom i bruk i England på slutten av 1700-tallet, gir ikke store forhåpninger om å opprettholde dagens avlingsnivå og matproduksjon. Grønngjødselvekster vil ikke passe som mellomvekster i land med svært kort veksttid. De er mest aktuelle etter tidlige grønnsaker eller poteter. Dyrker en tidligkløver i korn, blir det konkurranse om vann og lys, og en kan ikke vente noen store innsparinger - i hvert fall ikke økonomisk. Hvis en kunne utvikle kornslag med evne til biologisk fiksering av nitrogen, ville en god del energi kunne spares inn i form av kunstgjødsel, men avlingene ville sannsynligvis bli begrenset av energi skaffet fra fotosyntesen (Delwiche 1977).

Frissel (1977) oppgir at med de mengder av N-gjødsel som brukes i et moderne jordbruk kan en regne med en effektivitet på 50 % ved åkerdyrking (matvekster) og 60 % ved grasdyrking. På grunn av at nitrogenoverføringen mellom gras og husdyrprodukter er såvidt liten, blir den totale effektiviteten av nitrogen i gras-husdyrsystemet i middel bare 15 %. Frissel slutter av dette at effektiviteten av N-gjødsel brukt til åkervekster (mat-vekster) i utviklingsland vil være større enn til grasmark i industriland.

Kanaliseringsingen av jordbruksproduksjonen med konsentrert husdyrproduksjon i kyst-, dal- og fjellbygder har ført til svak energimessig ressursutnyttning. Det går med store energimengder til transport av konsummelk fordi produksjonen delvis foregår langt borte fra de store forbruksstedene. Den svært dårlige utnyttningen av husdyrgjødsel drar i samme retning. Mengdene på gårdens heimearealer blir uforholdsmessig store på grunn av stort bruk av fôr dyrket utenfor disse arealene (kraftfôr, fôr fra utmarks- og leiearealer). Mye av husdyrgjødsel spres oppå enga. Husdyrgjødsel bør helst myldes ned til vekster som kålrot og poteter. Lyngstad (1961) fant f eks i rotvekster større meravling for stigende N-mengder i kunstgjødsel der det var gitt en grunnjødsling med 3 tonn husdyrgjødsel pr dekar enn der det ble gitt bare kunstgjødsel. Beregninger med basis i Lyngstads avlingstall viste at e₁ avtok til en verdi mindre enn 1,0 i området 15 - 22 kg N/daa der det var gitt kunstgjødsel som tilleggsgjødsel, mens e₂ gikk under 1,0 i området 11 - 19 kg N/daa der det var gitt bare kunstgjødsel.

Endelig må det nevnes at jorda i "husdyrområdene" for det meste er moldrik, mens mye av jorda i kornområdene kunne ha nytte av tilførsel av organisk materiale. Ut fra alle de forhold som er nevnt, må det være på høy tid å vurdere ressurs- og energibruk i den kanaliserte gras- og husdyrproduksjonen, samt beredskapsvirkninger av kanaliseringen.

Ved grasdyrking kan det være plass til betydelig innsparing av energi på maskinsiden. To høstetider i forhold til tre, eventuelt tre i forhold til fire, vil bety like stor energihøst og betydelig mindre energiutgifter. I et eksempel fra det området der tre høstetider har mest for seg - Sør- Vestlandet - var den totale energigevinsten ved å gå fra tre til to høstinger 14-19 liter diesellolje pr dekar. I andre områder kan gevinsten være større. Baksiden av denne innsparingen er mindre førenhetskonstrasjon og mindre proteinavling.

De tallene som er presentert i foredraget viser at den til dels stormende kritikken mot bruk av kunstgjødsel på energibasis må skyldes manglende kunnskap eller vilje til å sette seg inn i jordbrukets energihusholdning. Gjennom hele Middelalderen og til langt inn i det 20. århundre var næringsmangel det alvorligste problem for store deler av den norske planteproduksjonen. På moldrik jord innen deler av kambrosilurområdene kan det være så stor N-reserve at en kan tære på den i lange tider og opprettholde middels store avlinger. Hvis det er 1000 kg N pr dekar i rotsonen, og det blir mineralisert 1 % pr år, gir dette 10 kg N pr dekar. Men slike arealer er unntak.

Belgvekster gir sjelden det samme energiutbyttet pr dekar som karbohydratvekster. Dette skyldes delvis at den biologiske fikseringen av nitrogen er energikrevende. I tillegg må denne energien skaffes fra fotosyntesen (Delwiche 1977). Hvis vi som eksempel setter en grense ved 35 kg N pr dekar og velger en vekst med 2 % N kunne vi produsere 1750 kg tørrstoff. Setter vi 10 % N skulle vi kunne produsere 350 kg tørrstoff. Proteinproduksjonen ville da være den samme, mens energiproduksjonen ville være ca 5 ganger større i første tilfelle. - Likevel, et innslag av kløver i enga og dyrking av andre belgvekster både for mat, fôr og eventuelt som brensel, er aktuelle forskningsspørsmål. Når det gjelder grasproduksjonen, kan det være av interesse å nevne noen eldre forsøksresultater. Ødelien og Hvidsten (1958) fant ved to høstinger (første gang ved skyting av timotei) en avling på 636 kg høy pr dekar uten N, stigende til 1326 kg høy pr dekar ved 18 kg N/daa. Beregninger av e_N for tre trinn N-gjødsel hvert på 6 kg N/daa viser $e_N = 6,6 - 5,3^N < 3$ for de tre N-trinn. Dette materialet gjaldt kløverfattig eng. Ingebrigtsen (1960) - i forsøk med kløverrik eng - fant at avlingene ved 0 kg N/daa var 857 - 694 - 465 kg/daa høy for 1., 2. og 3. år. En beregning av energivirkningsgraden for hans materiale viste at e_N var 5,6 for første N-trinn (4,2 kg N/daa) og 4,2 for andre N-trinn (8,4 kg N/daa) de to første årene og ca 1 enhet høyere det tredje året. Problemet med kløver i eng er sikkerheten. Avlingene avtar ikke bare sterkt med alder på enga, men varierer også sterkt på grunn av overvintringsforhold. Det er ellers grunn til å merke seg at i Ødelien og Hvidstens materiale var e_N for hele området 0 - 18 kg N/daa 5,1, omtrent samme nivå som for korn beregnet etter Lyngstads materiale (1981). Totalt sett skulle det være riktig å ha et betydelig kløverinnslag i enga, spare på N-gjødsel førs-

Næringsstoffer

Arbeid

Oppdyrking
Terrengforming
Drenering
Fjerning av konkurranse fra ugras, sykdommer, skadedyr
Tillaging av såbed
Høsting

Vann og næringsstoffer kan ikke erstattes, mens arbeid kan erstattes med innsats av maskiner og plantevernmidler.

Utviklingen i arbeidsforbruket i Norge de siste 30 årene er vist i tabell 3.

Tabell 3. Noen innsatsfaktorer i norsk jordbruk i perioden 1949 - 79. Tall etter NLVF-utredning 111 (1980) og Budsjettneimda for jordbruket

Innsats	1949	1959	1969	1979
Hester, 1000	198	117	42	22
Årsverk, 1000	321	240	179	122
Traktorer, 4 hjuls, 1000	9	47	90	125
Erstatningstall hester/traktor	2,1	1,7	0,6	
" årsverk/traktor	2,1	1,4	1,6	
Hjelpenergi, TJ/1000 dekar	1,5	2,1	2,9	3,9
Arbeid, årsverk/1000 dekar	33	27	20	14
Hjelpenergi, TJ/TJ mat	2,1	3,0	3,7	4,2
Areal, dekar/TJ mat	1420	1410	1280	1080
Arbeid, årsverk/TJ mat	47	38	25	15
Jordbrukets andel av totalt energibruk, %	6,7	6,4	5,3	4,9

1 TJ = 10^{12} J = 277 777 kWh = 23640 kg oljeekvivalenter.

Mens energibruken pr TJ mat er fordoblet siden 1949 er arbeidsforbruket redusert til ca 1/3 og arealbehovet til ca 3/4. Jordbrukets andel av Norges samlede energiforbruk er gått ned fra 6,7 % til 4,9 % i denne perioden. En av årsakene til forholdsvis liten nedgang i arealbehovet er en økende andel husdyrprodukter i kostholdet.

Det er interessant å legge merke til at erstatningstallet hest/traktor var 2,1 - 1,7 i den 20-års perioden hesten ble erstattet med traktor, mens erstatningstallet årsverk/traktor har variert mellom 2,1 og 1,4 i 30-års perioden 1949 - 79.

Fordeling av energibruk mellom innsatsgrupper

Fordelingen mellom ulike innsatsgrupper i jordbruksproduksjonen er gitt i tabell 4.

Tabell 4. Fordelingen mellom energiinnsatsgrupper i perioden 1949 - 1979 i prosent e. NLVF-utredning 111 (1980).

Innsatsgruppe i jordbruket	1949	År 1969	1979
Samlet energibruk, PJ	14,0	26,5	34,1
Brensel, m.m., prosent	8,4	23,9	22,9
Traktorer, biler, m.m., prosent	8,2	11,3	12,7
Sum maskinbruk, prosent	16,6	35,2	35,6
Gjødsel og kalk, prosent	26,3	25,3	26,8
Føremidler, prosent	36,7	23,8	20,9
Bygninger, prosent	16,5	9,7	10,3
Annet (grøfter, vanningsanlegg m.m.), prosent	3,9	6,0	6,4
Sum	100,0	100,0	100,0

Maskinbruk (brensel + maskiner) gikk opp til ca 35 % i 1969, mens kunstgjødsel og kalk har holdt seg rundt 25 % fra 1949 til 1979. I prosent av planteproduksjonens utgifter blir maskinbruk og gjødsel/kalk enda mer avgjørende, henholdsvis 56 % og rundt 42 %. (Arbeidsgruppe for energiberegninger - energibruk ved ulike driftsformer 1981).

Bruk av maskiner

I planteproduksjonen kan muskelarbeid av mennesker og trekkdyr erstattes med bruk av maskiner og plantevernmidler. Maskiner kan settes inn i jordarbeiding, såing, sprøyting, høsting og transport av fôr og gjødsel.

Maskinbruk øker ikke produksjonen på samme måten som vann og næringsstoffer, men er et nødvendig ledd i produksjonen. Det er nødvendig å skaffe seg opplysninger om størrelse av maskinpark, varighet, brenselforbruk, smøremidler, reparasjoner og annet vedlikehold.

Erstatning av arbeid med maskinbruk beror på rent økonomiske faktorer. I perioden 1950 - 1975 steg arbeidsomkostningene til det 20-dobbelte, mens maskinprisene økte 3,5 - 4 ganger (Nilsson 1979). Valg av alternativer mellom arbeid og maskiner kan derfor nokså enkelt forklares som et kostnadsspørsmål for den enkelte bonde. Men når bonden ikke lenger leier arbeidskraft, kommer det også inn andre vurderinger. Arbeidsevnen for maskinparken velges ut fra forholdet mellom laglighetskostnad og maskinkostnad. Med laglighetskostnad menes det tapet en får ved å bli forsinket med såing om våren, høsting om høsten osv. i forhold til optimal tid (Nilsson 1979). I virkeligheten er dette en slags sikkerhetsvurdering. Skal maskinparken ha stor nok

ninger for den enkelte innsatsfaktor, skulle det i alle fall være riktig å holde solenergien utenfor.

Som optimalverdi for en innsatsfaktor har vi brukt den innsatsmengden som gir en grensevirkningsgrad eller grenseproduktivitet for energi = 1,0, med andre ord det punktet hvor meravlingens energiverdi = merinnsatsens energiverdi.

Denne betraktningmåten passer bra for produksjon av brensel fra skog, etanol eller rapsolje. Når produktet skal brukes til mat eller fôr, kan virkningsgraden være et mål for den ressursmessige energiutnyttningen av innsatsfaktorene i forskjellige produksjoner.

I virkeligheten blir ingen handlinger bestemt av energibetraktninger. Den enkelte bonde vil foreta en økonomisk optimalisering, hvor alle betingelser, medregnet tilskottsordninger, blir vurdert. Selv om prisen på hjelpeenergi stiger sterkt, vil ikke det føre til en ressursmessig bedre energiutnyttning. Ordninger med full kompensasjon for kostnadsøkningen vil ta oppmerksomheten bort fra spørsmål om ressursusholdning. Når det gjelder maskiner, kan det skilles mellom "effektivitetskostnad", "innviklet-hetskostnad" og "komfortkostnad". I dag er det en tendens til at de to siste øker nokså sterkt.

Pengene er den eneste felles måleenhet for produkter og innsatsfaktorer. Fra økonomisk synspunkt har beregninger av et energimessig optimum ingen verdi.

Når det gjelder arbeid, kan det se ut som om optimum alltid ligger i retning av minimum. Prisforholdet mellom arbeid og annen hjelpeenergi, regnet pr kWh, kan ligge i området 50 - 100. I jordbrukets planteproduksjon steg prisforholdet fra ca 70 i 1973 til ca 90 i 1976 (Njøs 1978). Dette må resultere i en sterk mekanisering. Maskiner er et alternativ til arbeidskraft.

Når det gjelder maskinbruk, ser det ut til å være en del å spare ved redusert jordarbeiding og bruk av kombimaskiner for såing av gjødsel og korn. Men selv om en går så langt at en sløyfer all jordarbeiding og sår direkte, blir det ikke snakk om dramatiske innsparinger. I størrelsen av innsparingen kan ligge i området 1 - 2 kg N eller 2 - 3 kg brenselolje pr dekar. Det er også en viss risiko for å dra på seg betydelig ugrasproblemer, eventuelt bli avhengig av større bruk av kjemiske ugrasmidler. Det ville antagelig ha langt større betydning å få en større total-utnyttning av maskinene i jordbruket i form av organiserte maskintjenester i maskinringer. Disse ringene bør da være så store at det blir stor variasjon i såtid og høstetid innen området.

Langvarige forsøk ved Institutt for jordkultur tyder på at pløvedybden kan reduseres til 18 cm uten at dette fører til signifikant avlingsreduksjon, at én harving kan være for lite til å kontrollere ugras (kveke), og at for sterk gjødsling med nitrogen ikke bare gir liten meravling, men også større kvekeproblemer. (På lettere jord (bl a sandjord) har det vært positiv ettervirkning av en gangs dyp pløying, der matjordlaget har vært moldrikt.)

Det er en skarp overgang fra energigevinst til energitap ved økning fra 60 til 90 mm vanning.

Hansen (1980) viste at et åkerbrukssystem med 0-arbeiding og én vanning med i alt 100 mm vann før strekning - skyting kom ut svært gunstig energimessig i forhold til vanning etter behov (500 mm) i et tørkeområde i USA. Vekstene var sorghum og hvete.

Særlig i leirjordsområdene i Norge, kan en tidlig vanning, for å sikre full spiring og busking, tidlig næringsopptak og ensartet, tidlig modning, ha stor praktisk betydning og gi en svært høy virkningsgrad.

Myhr og Rognerud (1974) har etter vanningsforsøk med bygg og poteter publisert resultater som er brukt av forfatteren til å beregne virkningsgrad av vanning som vist i tabell 16.

Tabell 16. Virkningsgrad for vanning, e_v . Beregnet på grunnlag av data i Myhr og Rognerud (1974). 5 års resultater.

Vekst	Etter behov		Vanning		Ved skyting/blomstring	
	Meravl.	mm/år	e_v	Meravl.	mm/år	e_v
Bygg	66	70	2,2	28	28	2,3
Poteter	812	132	4,3	421	62	4,7

Det er regnet med de årene det ble tilført vann på begge forsøksledd for vanning. Meravling er oppgitt i kg pr dekar. Disse tallene viser en energiproduserende virkning av vanning.

Diskusjon

I dette foredraget har vi brukt grenseproduktiviteten eller grensevirkningsgraden for energi som mål for energimessig utnyttning av innsatsfaktorer som gjødsling og vanning. I fysikken defineres energivirkningsgrad slik:

$$\text{Energivirkningsgrad} = \frac{\text{Nyttig energi ut}}{\text{Energi inn}}$$

I planteproduksjonen vil vi få flere virkningsgrader for samme produkt, etter hva produktet skal brukes til. Det er bruken som bestemmer hva som er nyttig energi. Vi har stort sett holdt oss til omsettbare energi til mat eller fôr, men vi har også nevnt bruttoenergi, i tilfelle produktet skal brukes til brensel. Når det gjelder "energi inn" har vi holdt oss til hjelpeenergi, selv om solenergien går inn i prosessen. Når vi bruker grensebetrakt-

arbeidsevne til å mestre værforholdene i 19 av 20 år? 4 av 5 år? Norge har spesielle problemer når det gjelder energiutgiftene til maskinbruk. Først og fremst er Norge et småbruksland, slik at det blir en større andel av energibruken på maskiner enn i land med en mer gunstig bruksstruktur. I tillegg er det en kort vekstsesong som derfor må utnyttes mest mulig. Laglighetsvirkningen blir derfor stor under norske forhold, spesielt i kornproduksjonen, hvor såtiden er svært avgjørende for avlingsstørrelsen.

På grunn av kompensasjonsprinsippet ved jordbruksforhandlingene kan en imidlertid risikere at det ikke er maskinens effektivitet som gir økt maskinkostnader, men faktisk også kjørekomfort, standard i førerhytta, innviklede innstillingsmuligheter etc.

Jordarbeiding

Jordarbeiding er et nødvendig onde med formål å lage i stand et såbed, bekjempe ugras og ellers legge vekstforholdene til rette for kulturplantene. Ugras kan bekjempes mekanisk, kjemisk eller biologisk. Stort sett vil reduksjon av mekanisk ugraskamp føre til behov for større innsats av kjemiske plantevernmidler.

Etter forsøk av Riley (1981) ved Statens forskningsstasjon Rise gjengir vi i tabell 4 noen tall for tradisjonell jordarbeiding og null-arbeiding eller direkte såing.

Tabell 5. Brensel- og energibruk ved tradisjonell jordarbeiding og null-arbeiding til korn e. Riley (1981)

Energiinnsats	År	Jordarbeiding			
		Tradisjonell arbeidning		Null-arbeiding	
		1/daa	MJ/daa	1/daa	MJ/daa
Brensel	1980	3,34		0,94	
Plantevernmidler	1980			0,75	
Sum	1980		117		116
Brensel	1981	3,19		0,72	
Plantevernmidler	1981			0,3	
Sum	1981		112		58
Middel			115		87

Tradisjonell jordarbeiding omfatter pløying, slodding og harving. I 1980 ble det sådd direkte i nedsprøytet eng. Avlingen var da 525 kg korn pr dekar ved begge behandlinger. I middel for 13 felter med redusert jordarbeiding (ikke pløyd) var avlingen 92 %, og for 21 felter med nullarbeiding var også avlingen 92 % av tradisjonell arbeidning. (Riley pers. meld.) Det viktige spørsmålet i samband med redusert jordarbeiding er om ugrasmengden kan holdes nede og avlingsnivået opprettholdes. Hvis det f eks må gjødsles med 1 kg

N pr daa ekstra, svarer det til 65 MJ og dermed er energigevinsten allerede oppbrukt. Utenlandske målinger går i samme retning som Rileys. Tallene i tabell 6 er etter Diercks (1979).

Tabell 6. Energiforbruk ved ulike jordarbeidingsystemer e. Diercks (1979).

Jordarbeiding	Innsats	MJ/dekar
<u>Tradisjonell</u>	Maskinbruk	215
<u>Minimal</u>	Maskinbruk 158 Sprøyting 30	188
<u>Null</u>	Såing 34 Sprøyting 75	109

Hvis vi regner 10 kg N pr dekar vil det utgjøre 650 MJ/daa, slik at redusert eller utelatt jordarbeiding svarer til en sparing av hhv ca 0,3 eller 1,6 kg N/daa. Sparemulighetene er altså tilstede ved å redusere jordarbeiding, men det er ikke snakk om noen dramatisk reduksjon. En rekke forsøk utført ved Institutt for jordkultur har vist at avlingene kan opprettholdes ved redusert jordarbeiding, forutsatt at det ikke er flerårige ugras ved starten eller at en greier å holde dem nede. Ugraset er et betydelig problem under våre klimaforhold. Hjulspor ved høsting er også et problem for neste års direkte-såing.

Antall høstinger i grasproduksjonen

I grasproduksjonen ligger den mest innlysende sparemuligheten i redusert antall høstinger f eks fra 3 til 2 eller 4 til 3. Etter Pestalozzi (1980) og NLVFs arbeidsgruppe for energiberegninger (1981) kan vi sette opp følgende oversikt over energibruk ved tre i forhold til to høstinger.

Tabell 7. Avlingsforskjell og energibruk for tre høstinger (H3) i forhold til to høstinger (H2), Beregningsgrunnlag e. Pestalozzi (1980).

	Avling H3-H2		Hjelpeenergi H3-H2		Total energitap H3-H2
	f.f.e./daa	MJ/daa	N	MJ/daa	
			Høsting, m.m.		
N1	- 16	- 163	260	253	676
N4	+ 3	+ 30	260	253	483

N1 var 16 kg N/daa ved H2 og 20 kg N/daa ved H3, og N4 var 28 og 32 kg N/daa.

Bærug (1977) har publisert en melding om engforsøk på Sør-Østlandet, der det var gitt 12-24-32 kg N/daa. e_N for trinnet 12-24 kg N var 1,2 mens e_N for trinnet 24-32 kg N var 0,5, noe som viser at ett eller annet sted rundt 20 kg N/daa faller e_N under 1. Avlingsnivået ved 12 kg N/daa var i Bærugs materiale 739 kg grastørrstoff pr dekar.

Uhlen (1970) har i en forsøksserie vist at meravlingene for store N-mengder avtok med alder av enga. Beregninger med grunnlag i Uhlens tall viste at e_N ble mindre enn 1,0 ved N-mengder større enn 20 kg/daa, bortsett fra 1. år.

Uhlen (1970) har i en forsøksserie vist at meravlingene for store N-mengder avtok med alder av enga. Beregninger med grunnlag i Uhlens tall viste at e_N ble mindre enn 1,0 ved N-mengder større enn 20 kg/daa, bortsett fra 1. år.

Som en grov regel kan en si at det kreves ca 6,5 kg meravling av grastørrstoff for at den siste innsatte kg nitrogen skal gi like mye energi ut som medgått hjelpeenergi hvis graset brukes til surfor. Siden disse forsøkene ikke omfatter 0-ledd, er det ikke mulig å beregne en gjennomsnittlig virkningsgrad.

Ved dagens engdyrking er det en rekke problemer som henger sammen med kravet til høy førkvalitet, med stort husdyrtall i forhold til gårdens heimeareal og med stort forbruk av før produsert utenfor gårdens heimeareal. Driftsmåten fører med seg stor trafikk ved vannkjøring til fjøset av rått gras, og fra fjøset i form av bløtgjødsel. Resultatet er mange hjulspor, for store mengder bløtgjødsel, dårlig overvintring av graset, overflateavrenning av fosfater til vassdragene. Det er heller ikke noen økonomisk oppmuntring til en langsiktig god planteproduksjon på egne arealer.

N-gjødsel til poteter

Noen forsøksresultater av Bærug og Enge (1971) er brukt som basis for beregning av e_N i poteter. Se tabell 14.

Tabell 14. Virkningsgrad, e_N , for stigende mengder N-gjødsel til poteter beregnet ut fra et materiale av Bærug og Enge (1971) ved bruk av poteter til mat.

	N-trinn, kg/daa			Middel
	5-10	10-15	15-20	
Meravling, kg				
knoller pr kg N	+124	+76	+29	
e_N	5,7	3,5	1,3	3,5

Det er regnet med 3 MJ pr kg knoller eller 12,5 MJ pr kg tørrstoff. Den midlere potetavlingen ved 5 kg N/daa var 3610 kg/daa. Vi ser her at e_v har vært større enn 1,0 selv ved økning i N-mengde fra 15-20 kg/daa. Hvis en skal bruke potetene til matpoteter, kommer selvsagt kvaliteten inn i bildet. Ved dyrking av poteter som energivækt, f eks til etanolproduksjon, kan e_v være en svært nyttig parameter. Da måtte en regne på etanol laget av poteter. Sannsynligvis er meravlingene i dette materialet noe større enn vanlig.

Virkning av vanning

Den store variasjonen for energioptima som er vist i figur 1, kan strengt tatt ikke aksepteres i et moderne jordbruk. I forrige avsnitt så vi den sterke virkningen av tidlig såing i retning av å flytte optimalpunktet mot større N-mengde. Hvis vi tenker på tørkeåret 1976 (figur 1) var sannsynligvis såtidseffekten utnyttet på svært mange av forsøksfeltene. Vanntilgangen har vi stort sett ingen annen mulighet til å regulere enn gjennom vanning, selv om djuparbeiding/jordblanding på sandjord kan gi en viss bedring (Njøs 1980).

Utenlandske erfaringer (f eks Slogget 1977) viser at energiforbruket ved vanning har vært rundt 2,8 MJ pr m^3 tilført vann, mens egne beregninger basert på et par større fellesanlegg i Norge viser litt større tall (3,6 - 4,9 MJ/ m^3). Vi kan bruke 1 kWh/ m^3 + 19,3 til fordelingstap og anlegg = 4,3 MJ pr mm pr dekar (1 m vann = 1 mm/dekar) og regne med de meravlingene som er vanlig å oppnå i vanningsforsøk (se f eks NLVF-utredning nr 83). Vi forutsetter en moderat avlingsøkning på ca 0,8 kg korn for 1 mm vann, noe som gir e_v = energivirkningsgrad for vann, ca 1,9 for utnytting av korn (bygg) til mat og 2,3 til griseføde. Tallene ligger godt over 1,0, men det er grunn til å understreke at det trengs flere data på dette området.

Forsøk i Finland (Elonen 1981) har gitt betydelige meravlinger for vanning til hvete, spesielt av tidlig vanning. N-gjødslingen var her 13,6 kg N pr daa. Hvis en regner 14 MJ omsettable energi pr kg hvete og 4,3 MJ pr dekar-mm, kan det beregnes følgende grensevirkningsgrader, e_v , for vanning.

Tabell 15.

Vanningstrinn:	0-30 mm	30-60 mm	60-90 mm
Meravling	+114 kg	+57 kg	-25 kg
e_v	12,4	6,2	-2,7

For de fleste arbeidsoperasjoner ved 3 høstinger er det regnet et tillegg på 40 % i forhold til 2 høstinger og for maskinslitasje, vedlikehold 20 % tillegg. Det er brukt omsettable energi for grassurfør. I siste kolonne i tabellen er merforbruket av hjelpeenergi, som svarer til ca 15 l dieselolje pr dekar, lagt til avlingstapet ved 3 høstinger, og en får da et totalt energitap som svarer til 19 og 14 l dieselolje pr dekar. Fra økonomisk synspunkt er en slik summering det rene nonsens, men ut fra en ressursbetraktning kan det forsvares.

To høstinger kan være tilfredsstillende for kvaliteten av fôret, dvs proteininnhold og førenhetskonsentrasjon, når det gjelder eng med overveiende innslag av timotei. Da må første høsting tas ved begynnende skyting og annen høsting 6 - 8 uker senere. Tilbakegangen i fordøyelighet ved utsatt annen slått er mindre enn ved første slått, muligens på grunn av ujevn morfologisk utvikling av gjenvæksten. Spørsmål som gjelder kvalitet i forhold til høstetidspunkt er grundig gjennomgått av Breirem og Homb (1970).

I forsøkene til Pestalozzi var råproteinmengden pr dekar 23 kg og 34 kg større for de to N-mengdene ved H3, enn ved H2.

I en forsøksserie med jordpakking i eng (Myhr og Njøs, upubl.) har det vært klare negative virkninger av maskintrafikken ved 3 i forhold til 2 høstinger. I ett forsøk ble timoteien etter hvert borte ved 3 høstinger. Kveka overtok denne plassen. Andre steder i landet har det vært betydelig ugunstigere med tre enn med to høstinger. Myhr (1975) har funnet en avlingsnedgang på 400 - 500 kg tørrstoff pr dekar av timotei ved tre i forhold til to ganger høsting. En viss del av veksttida går tapt når en høster 3 ganger.

White (1980) har studert energiforbruket i grasproduksjonen i England. I tabell 8 er gitt noen tall etter White.

Tabell 8. Energibruk, MJ/kg tørrstoff i engelsk grasproduksjon (White 1980) ved 25 kg N pr dekar og arealstørrelse 250 dekar

Antall høstinger	Energibruk MJ/kg tørrstoff
2	3,5
3	3,8
4	4,1

Det er en viss økning i energibruk pr produsert enhet ved å øke antall høstinger. Men under forhold som i England er 3 høstinger, kanskje også 4, forsvarlig.

Bruk av plantevernmidler

Bruk av plantevernmidler er en form for erstatning av muskelarbeid. Energiinnholdet i plantevernmidler er ikke av de store postene på utgiftssiden i planteproduksjonens energiregnskap. Vanligvis regner vi at 1 kg plantevernmiddel *) representerer 111 MJ til framstilling og transport fram til gården. Det kan imidlertid være at denne verdien er noe for låg, da energiutgiftene til forskning og produktutvikling og produktkontroll er usedvanlig høge i denne sektoren på grunn av strenge kontrollregler og -tiltak. Generelt kan bruk av kjemisk og mekanisk ugraskontroll erstatte hverandre. Når det gjelder et ugras som kveke, koster midlet glyfosat i dag (1981) ca kr 50,- pr dekar og dette drar nok noe i retning av mekanisk ugraskamp ved korn dyrking (stubbarbeiding om høsten).

Gjødsling

Produksjonsfaktorenes virkningsgrad

For å få et mål for energiutnytting ved bruk av gjødsel, kan en bruke grenseproduktiviteten (grensenytten, grensevirkningsgraden) for energi.

$$e_G = \frac{a \cdot \Delta A}{g \cdot \Delta G}$$

e_G = grenseproduktivitet for energi ved bruk av gjødsel

a = energiinnhold pr kg avling

ΔA = meravling

g = energiekvivalent for gjødsel

ΔG = mergjødsling

Resultatet av en slik beregning er avhengig av a , f eks om a representerer bruttoenergi (brennverdi) eller omsettbar energi. Energi i mat og energi i gjødsel har ulik etterspørsel og ulik pris. Men fra et termofysisk standpunkt kan det beregnes en virkningsgrad. Den innsatsen som gir $e_G = 1,0$ er da et energimessig optimalpunkt.

N-gjødsel til korn

Nitrogengjødsel utgjør ca 1 % av Norges samlede energiforbruk og det er derfor naturlig å se nokså grundig på denne posten i energibruken.

*) Aktivt stoff

Tabell 12. Virkningsgrad, e_N , for nitrogengjødsel, når det regnes med bruttoenergi for korn og halm i samme forsøksmateriale som i tabell 11.

Såtid	N-trinn, kg/daa			Middel
	2,3 - 4,6	4,6 - 6,9	6,9 - 9,2	
3. mai	13,5	10,2	6,7	10,1
1. juni	10,2	4,2	2,2	5,5

Bruttoenergi = brennverdi for halm og korn = 18,4 MJ pr kg tørrstoff. Virkningsgradene er her mye høyere og alle er større enn 1,0, men det er fortsatt stor forskjell mellom såtider.

Vi kunne ha tatt med enda en beregning, nemlig halm brukt til fôr og da henholdsvis som tørr halm og ammoniakkebehandlet halm. Dette ville ha gitt energivirkningsgrader mellom de i tabell 11 og 12.

N-gjødsel til gras

Et materiale som omfatter høstetid og N-gjødsel til eng er publisert av Pestalozzi (1980). I dette materialet var det mindre tørrstoffavling ved 3 høstinger enn ved 2 høstinger, og selv om en regnet på førenhetsbasis var det omtrent ikke forskjell.

Som vist i tabell 13 var imidlertid virkningsgraden for N-gjødsling større ved 3 enn ved 2 høstinger. Tallene er beregnet ut fra korrigerede tørrstoffavlinger slik at større energiinnhold ved tidlig høstestadium skulle komme fram.

Tabell 13. Virkningsgrad, e_N , for N-gjødsling ved 2 og 3 høstinger i gras på Sør- og Vestlandet, samt tørrstoffavling pr dekar ved minste og største N-mengde. Beregnet på grunnlag av Pestalozzi (1980).

Antall høstinger	Avling kg tst/daa minste N-mengde	Avling kg tst/daa største N-mengde	e_N ved N-trinn			
			16-20	20-24	24-28	28-32
2	1039	1101	1,5	0,5	0,4	
3	898	995		2,0	1,2	0,6

Det er forutsatt at fôret er brukt til melkeku. Vi ser at e_N er større enn 1,0 ved økning i N-gjødsling fra 16 - 20 kg ved 2 høstinger, men opp til 24 - 28 kg N ved 3 høstinger.

Samspill nitrogen x såtid

I tabell 11 a er vist avlinger av korn i et forsøk med N x såtid (Lyngstad 1973) og i tabell 11 b er vist beregnede virkningsgrader for disse resultatene.

Tabell 11 a. Avling av korn, kg/daa og meravling for N-tillegg i et forsøk med N x såtid.

Såtid	N, kg/daa			
	2,3	4,6	6,9	9,2
3. mai	319	+62	+45	+27
1. juni	302	+36	+9	+3

Tabell 11 b. Grensevirkningsgrad for nitrogen, e_N , er beregnet for hvert N-trinn for resultater i tabell 11 a, ved bruk av korn til mat.

Såtid	N-trinn, kg/daa			
	2,3 - 4,6	4,6 - 6,9	6,9 - 9,2	Middel
3. mai	4,2	3,0	1,8	3,0
1. juni	2,4	0,6	0,2	1,1

Det er regnet med 10 MJ omsettbar energi pr kg korn. Vi ser at e_N ved første såtid har variert fra 4,2 til 1,8 når N-mengden har økt fra 2,3 til 9,2 kg N/daa. Ved siste såtid har e_N vært 2,4 for første N-tillegg og under 1,0 ved videre økning av N-mengden. Tabell 10 b viser at ved tidligste såing burde det ha vært gitt større N-mngde enn 9,2 kg pr dekar for å nå et energimessig optimum.

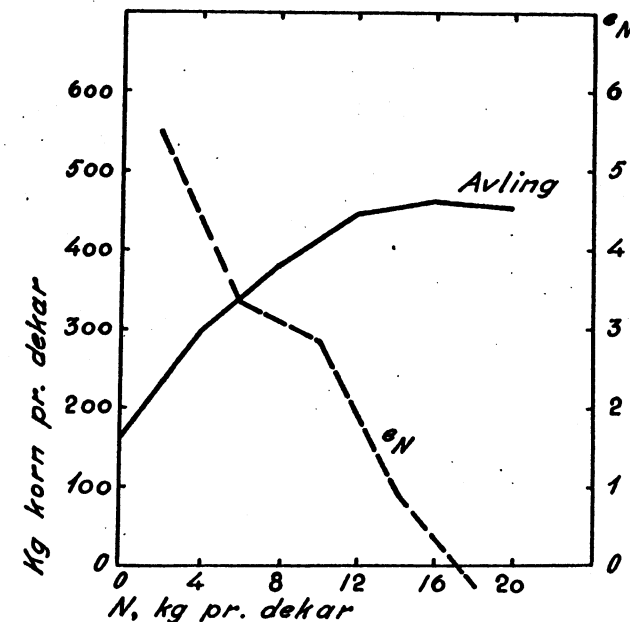
Halmen har en stor brennverdi og det betyr at virkningsgraden for nitrogen øker mye med å ta halmen med - under forutsetning av at den kan brukes til brensel. I tabell 11 er vist en beregning av virkningsgrad for nitrogen under forutsetning av at energiverdien for meravlingen settes lik brennverdien. Halmavlingene er beregnet ut fra Lyngstad (1973).

I tabell 9 er gitt noen grensevirkningsgrader for nitrogengjødning beregnet på basis av et langvarig nitrogenforsøk av Lyngstad (1981).

Tabell 9. Grensevirkningsgrad for energi ved N-gjødsling til korn. Forsøk med bygg ved NLH (1981).

Kg N pr dekar	Avling, kg/dekar		e_N		Sum	Sum (br)
	Korn	Halm	Korn	Halm		
0	168	105	-	-	-	-
4	+129	+100	5,5	2,2	7,7	13,5
8	+77	+88	3,3	1,9	5,2	9,7
12	+66	+45	2,8	1,0	3,8	6,5
16	+20	+29	0,8	0,6	1,4	2,9
20	-10	+14	-0,4	0,3	-0,1	0,2

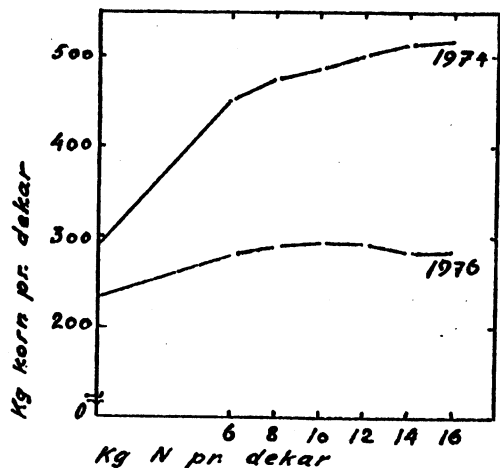
Sum (br) = sum brennenergi (18 MJ/kg tørrstoff). Se også figur 1.



Figur 1. Avling og nitrogengjødning til korn i et flerårig forsøk. e_N = N-gjødslingens energetiske grensevirkningsgrad. Beregnet på grunnlag av tall oppgitt av I. Lyngstad (1981) fra et forsøk på lettleire i Ås.

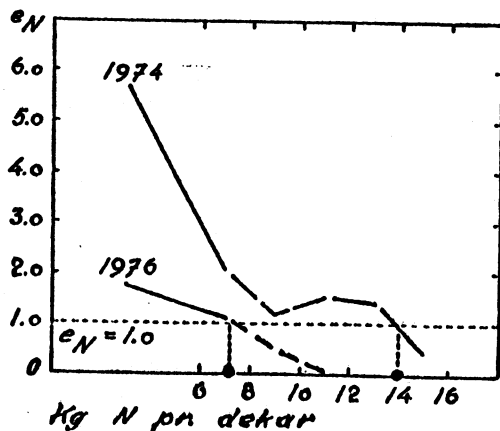
Det er forutsatt at korn er brukt til kraftfôr i melkeproduksjonen. Vi legger merke til at for korn går grensevirkningsgraden under 1,0 for N-trinnet 12 - 16 kg N pr dekar. Punktet $e_N = 1,0$ representerer den innsatsmengde i N-gjødsling som gir akkurat like mye energi ut i meravling som det har gått med til meravgjødslingen. For totalt energiinnhold (brennenergi) er verdiene adskillig høyere enn for omsettbare energi.

Middel e_N -verdi for området 0 - 16 kg N er 4,9 for kornavling, når det regnes med omsettbare energi i avlingen, og 8,2 når det regnes bruttoenergi for korn + halm i det samme intervallet.



Figur 2 a.
Avling av korn i forhold til N-gjødsling e. forsøk av Lyngstad (1977)

I figur 2 a er vist kornavlinger ved stigende N-gjødsling til korn på Østlandet (Lyngstad 1977). I figur 2 b er disse opplysningene brukt til å beregne energivirkningsgrad for nitrogen.



Figur 2 b.
 e_N = grensevirkningsgrad for energiutbytte i forhold til energiinnsats ved N-gjødsling til korn, beregnet ut fra resultater i figur 2 a.

Vi ser at utnyttingsgraden for N-gjødsling faller med økende N-mengde, og at den går under 1,0 ved 14 kg N/daa i 1974 og ved 7 kg N/daa i 1976. Året 1974 var det store kornåret på Østlandet, mens 1976 var et tørkeår. Ellers er det klart av avlingen ved 0 kg N/daa i dette materialet ligger adskillig høyere enn hva en kunne vente i flerårige forsøk. I dette materialet må vi regne at det er betydelig ettervirkning av N-gjødsling i tidligere år.

Når det gjelder bruken av N-gjødsling til korn er det neppe tvil om at tidlig våronn og tørr ettersommer i første del av 1970-årene har ført til at mange Østlandsbønder har hatt små problemer med legde. I 1978 - 80 har det vært større fuktighet i vekst- og høstperioden. Under slike forhold vil for sterk N-gjødsling resultere i mye legde, forsinket modning, nedsatt avling, nedsatt kvalitet, mer ugras og større tørkeutgifter. Faren for utvasking av N, og dermed forurensning av vassdragene, er størst etter tørre år med små avlinger.

Mens energioptimum ligger ved en meravling på ca 4,5 kg korn (bygg) pr kg N ved føring av gris, vil det økonomiske optimum ligge ved ca 2,5 kg meravling ved 1981 års priser. Da prisene på nitrogen er stigende, er det trolig at denne forskjellen kan jamne seg ut med tiden. Tar vi imidlertid i betraktning alle de uheldige følgene av for sterk N-gjødsling, f eks færre skurteskerdager ved utsatt modning, større energiforbruk til tørking pga større vanninnhold og på lengre sikt større energiinnsats mot økte ugrasmengder, vil det økonomiske optimum selv i dag forskyves nedover mot energimessig optimum. Det er i dette eksemplet ikke regnet med bruk av halmavlingen.

I tabell 10 er vist avling og kvekeprosent i et langvarig forsøk med jordarbeiding og nitrogen ved Institutt for jordkultur.

Tabell 10. Avling og kvekeprosent i et langvarig forsøk med jordarbeiding og stigende N-mengder på lettleire i Ås. Bedømmelse 1979. Ulik N-gjødsling fra 1962.

kg N pr daa	Avling kg korn/daa	Kvekeprosent
5	501	8
10	576	13
15	599	19
LSD* 5 a	60	6

Kvekemengden har økt betydelig med stigende N-gjødsling. Meravlingen for økning av N-mengden fra 10 - 15 kg N var ikke signifikant og e_N var bare ca 0,7 for dette tillegget i N-gjødsling. Økningen i kvekemengde var signifikant.

* LSD = minste signifikante forskjell (Least Significant Difference).