

Dyrkingssystemene på Apelsvoll

Avlings- og avrenningsresultater fra dyrkingssystemene på Apelsvoll 2000-02

Audun Korsæth, Ragnar Eltun og Torkel Gaardløs, Planteforsk Apelsvoll forskingssenter
audun.korsaeth@planteforsk.no

Innledning

Dyrkingssystemforsøket ble anlagt i 1989 med målsetting om å utvikle dyrkingsmetoder som gir:

- minst mulig avrenning av næringssalter og plantevernmidler
- sunne produkter med optimal næringsverdi
- tilfredsstillende avlinger og økonomi

Våren 2000 ble det gjort en del endringer i forsøksplanen. En detaljert beskrivelse av endringene og bakgrunnen for disse står i boka «Jord- og Plantekultur 2001» (Korsæth et al. 2001). I forbindelse med endringene ble begrepet «optimal produksjon» innført. Optimal produksjon er i denne sammenheng definert som størst mulig produksjon av føreheter for melkeproduksjon (FEM) per enhet tapt nitrogen.

Prosjektet er finansiert av Hydro Agri Norge og Planteforsk.

Forsøksanlegg

Forsøksanlegget, som dekker ca 32 daa, er detaljert beskrevet i boka «Jord- og Plantekultur 1993». Forsøket består av 12 blokker á 1,8 daa. Hver blokk er inndelt i fire skifter og blir drevet individuelt som et lite mini-gårdsbruk, også kalt modellgård. Modellgårdene har et fireårig vekstskifte der alle vekstene er med hvert år. Hver modellgård er systematisk drenert for å fange opp mest mulig av sigevannet, og er dessuten utstyrt for oppsamling av overflateavrenning. Alt grøfte- og overflatevann ledes separat fra hver modellgård inn i målehus, hvor vannstrømmen registreres kontinuerlig (vippekar påkoblet datalogger), og hvor volumproporsjonale vannprøver blir tatt automatisk. Vannprøvene analyseres på månedsbasis for pH, tørrstoff, total-N, ammonium-N, nitrat-N, total-P og fosfat-P.

Forsøksplan

I forsøket undersøker vi følgende seks ulike dyrkingssystemer med to modellgårder per dyrkingssystem:

- Referansebruk; planteproduksjon uten husdyrgjødsel (1985), REF₀₋ («0» betyr null engandel, «-» betyr uten husdyrgjødsel). Dette systemet drives som et konvensjonelt planteproduksjonsbruk i regionen slik det var i 1985, med bruk av datidens jordarbeiding og gjødslingsstrategi, men med bruk av plantevernmidlene som er tilgjengelige i dag.
- Optimal planteproduksjon uten husdyr, OPT₀₋. All den kunnskap vi sitter med i dag

skal benyttes i dette systemet for å få en optimal planteproduksjon (høyest mulig FEM-avling per enhet utvasket nitrogen), og hvor bruken av innsatsfaktorene skal være innenfor rammen av dagens lovverk for konvensjonelt jordbruk. Systemet er basert på redusert jordarbeiding (vårharving).

- Økologisk planteproduksjon uten husdyr, ØKO₂₅₋. Dette er også et rent planteproduksjonsbruk uten husdyrgjødsel, der 25% av arealet brukes til grønngjødsling (eneste gjødselkilde) i form av kløvereng. Kløverenga pusses med halmsnitter når bestandshøyden er ca. 20 cm.
- Optimal planteproduksjon med husdyr, OPT₅₀₊. Systemet har 50% eng. Mengden husdyrgjødsel tilgjengelig beregnes ut fra gjennomsnittlig grovfôrproduksjon i systemet. Innkjøpt kraftfôr utgjør 25% av den totale førmengden. Optimalisering skal skje på samme måte som for OPT₀₋.
- Økologisk planteproduksjon med husdyr; ØKO₅₀₊. Mengden husdyrgjødsel tilgjengelig beregnes ut fra gjennomsnittlig fôrproduksjon i systemet, hvor en tar utgangspunkt i 100% selvforsyning av fôr (ingen import av kraftfôr). Hveteavlingen selges. Eng utgjør 50% av arealet.
- Økologisk planteproduksjon med husdyr; ØKO₇₅₊. Systemet drives som ØKO₅₀₊, men andelen eng er her 75%. All planteproduksjon går til eget fôr.

Se tabell 1 for flere detaljer.

Vær, vekst og vann

Vekstsesongen 2000 var i grove trekk karakterisert ved en varm start i mai, en nokså kald og vindfull juni, mens lite sol og hyppige regnbyger preget juliværet. Innhøstingen gikk greit, da været var nokså stabilt i august og september. Høsten og starten på vinteren var spesielt mild og fuktig dette året. Middelsestemperaturen lå mer enn 3 °C over normalen for både oktober, november og desember (Tabell 2). Til sammen kom det over 360 mm nedbør i løpet

av oktober og november på Apelsvoll. Dette er 310% over normalen i samme periode og utgjør godt over halvparten av nedbøren i et normalår. De ekstreme nedbørsforholdene høsten 2000 førte, ikke uventet, til meget stor grøftevannsavrenning i samme periode.

Etterjuls vinteren 2001 forløp som vanlig, med frost i jorda og minimal avrenning fram til snøsmelting i april. Våronna i 2001 kom i gang litt senere enn normalt, og ble ytterligere forsinket pga. noe regn midt i. Forsommeren var kjølig og nedbør med jevne mellomrom bidro til å holde forsommertørken på avstand. Slutten av juni og juli var varm, og det ble etter hvert nokså tørt i jorda. Vanning ville nok virket positivt på 2. engslåtten og på potetene dette året, men etter omlegginga i 2000 er vanning konsekvent utelatt (modellgårdene er nå definert som bruk uten tilgang på vanning). Innhøstingen var problematisk med mye regnbyger i august og september. Senhøsten 2001 var også relativt mild, men i motsetning til i 2000, kom det mindre nedbør enn normalt. Dette resulterte i forholdsvis lite grøftevann denne høsten. I desember og januar var det frost i jorda og lite avrenning, men februar var uvanlig mild, noe som førte til over 20 mm grøftevannsavrenning. Det er svært sjelden vi registrerer vann i grøftene på denne tiden av året. Også mars var mildere enn normalt. Dette ga tidlig snøsmelting, med mer grøftevann i mars og mindre i april sammenlignet med året før. Snøsmeltingen førte ikke til overflateavrenning våren 2002.

Våronna 2002 kom tidligere i gang enn normalt, og forholdene var fine. Mye nedbør i slutten av mai ga imidlertid kornet problemer, og særlig bygget skrantet en periode. Sesongen forøvrig var preget av nokså jevn temperatur i juni og juli. Nedbør i passende doser og avstand ga gunstige forhold for enga. Det ble imidlertid etter hvert mye sopp i kornet der det ikke var sprøytet, spesielt i hveten. Med august kom sommervarmen, med en middelsestemperatur som lå nesten 5 °C over normalen. Modningen av kornet gikk rekordraskt, slik at alle kornartene kunne treskes omtrent samtidig i forsøket.

Tabell 1. Beskrivelse av dyrkingssystemene

Vekstskifte	Sort	Mineralgjødsel kg N/daa	Husdyrgjødsel t/daa ¹⁾	Plantevern	Jordarbeiding
Referansebruk (REF₀)					
Potet	1 Peik	11,0	-	Kjemisk, mekanisk	
Hvete	2 Bastian	14,1	-	Kjemisk	Høstpløying
Havre	3 Lena	12,0	-	Kjemisk	
Bygg	4 Sunnita	12,0	-	Kjemisk	
Optimal planteproduksjon uten husdyr (OPT₀)					
Potet	1 Peik	11,0 ²⁾	-	Kjemisk, mekanisk	
Hvete+fangvekst	2 Bastian/Tove	14,0 ²⁾³⁾	-	Kjemisk, mekanisk	Vårharving
Havre+fangvekst	3 Lena/Maco	12,0 ²⁾	-	Kjemisk, mekanisk	
Bygg+fangvekst	4 Sunnita/Tove	12,0 ²⁾	-	Kjemisk, mekanisk	
Økologisk planteproduksjon uten husdyr (ØKO₂₅₋)					
Bygg+gjenlegg	1 Sunnita/ ⁴⁾	-	-	Manuell	
Kløvereng	2 -	-	-	-	Vårpløying ⁵⁾
Hvete+fangvekst	3 Bastian/Tove	-	-	Manuell, mekanisk	
Havre+erter	4 Lena/Delta	-	-	Manuell	
Optimal planteproduksjon med husdyr; 50% eng (OPT₅₀₊)					
Bygg+gjenlegg	1 Sunnita/ ⁶⁾	3,2 ²⁾	2,5	Kjemisk	
1. års eng	2 -	6,7 ²⁾	2,0	-	Vårpløying ⁵⁾
2. års eng	3 -	6,7 ²⁾	3,0	-	
Hvete+fangvekst	4 Bastian	5,0 ²⁾³⁾	2,5	Kjemisk, mekanisk	
Økologisk planteproduksjon med husdyr; 50% eng (ØKO₅₀₊)					
Bygg+gjenlegg	1 Sunnita/ ⁶⁾	-	3,0	Manuell	
1. års eng	2 -	-	-	-	Vårpløying ⁵⁾
2. års eng	3 -	-	1,5	-	
Hvete+fangvekst	4 Bastian/Tove	-	3,0	Manuell, mekanisk	
Økologisk planteproduksjon med husdyr; 75% eng (ØKO₇₅₊)					
Bygg+gjenlegg	1 Sunnita/ ⁶⁾	-	4,0	Manuell	
1. års eng	2 -	-	1,0	-	Vårpløying ⁵⁾
2. års eng	3 -	-	3,0	-	
3. års eng	4 -	-	3,0	-	

¹⁾ Mengde normert husdyrgjødsel (0,5% total-N og 0,29% mineral-N), de faktiske gjødselmengdene blir korrigert ut fra analyser av husdyrgjødsla om våren

²⁾ Mineralgjødselmengden justeres ut fra nitrogenprognosen om våren

³⁾ Delgjødsling i henhold til måling med Hydro N-tester

⁴⁾ Såfrø til kløvereng: 55% Grindstad timotei, 20% Vega timotei, 15 % Bjursele rødkløver og 10% Milkanova hvitkløver

⁵⁾ Høstpløyd i 2000 i forbindelse med omleggingsprosessen

⁶⁾ Såfrø til eng: 55% Grindstad timotei, 35% Fure engsvingel, 10% Nordi/Bjursele rødkløver

Avling

Korn

Det var generelt høyt avlingsnivå både i 2000 og 2001 (tabell 3). I 2002 lå det an til å bli gode kornavlinger, men tildels kraftige angrep av sopp og for rask modning av kornet gjorde sitt til at dette året ble det dårligste kornåret i perioden. Sådato for kornet var ca. 13. mai alle åra. Referansebruket ga størst kornavling for alle arter alle år, med unntak av havre i 2000, der

OPT₀ var best. I 2001 og 2002 lå byggavlingen til OPT₀ henholdsvis 5 og 9% under referansebruket, mens den i 2000 lå hele 37% lavere. En av årsakene til dette kan være at det var mye nedbør i juni og juli dette året, og høy jordfuktighet. OPT₀ vårharves, og redusert jordarbeiding passer vanligvis dårligere i fuktige enn i tørre år. En annen sannsynlig årsak til den relativt lave byggavling i OPT₀ i 2000 er at det ble dyrket bygg etter bygg (REF₀ og OPT₀.)

Tabell 2. Temperatur, nedbør, fordampning og avrenning (summen av grøfte- og overflateavrenning) for perioden mai 2000 - september 2002

Tidsrom		TEMP. °C		NEDBØR, mm		FORDAMPING, mm ¹⁾		AVRENNING
		Målt	Normal 1961-	Målt	Normal 1961-	Målt	Normal 1963-	Målt, mm
2000	Mai	11,5	9	42,2	44	70	64	6
	Juni	12,5	13,7	66,1	60	75	85	1
	Juli	14,5	14,8	92,1	77	58	82	16
	August	13,6	13,5	51	72	62	66	1
	September	9,6	9,1	24	66	27	40	1
	Oktober	7,7	4,6	168	64			136
	November	3,8	-1,3	195	53			188
	Desember	-0,9	-5,3	51	40			63
2001	Januar	-4,9	-7,4	69	37			0
	Februar	-7,9	-7	30	26			0
	Mars	-4,7	-2,5	48	29			1
	April	2,5	2,3	42	32			201
Mai 2000 - April 2001		4,8	3,6	878	600			614
Mai-Sept. 2000		12,3	12,0	275	319	292	337	25
2001	Mai	10,1	9	43	44	74	64	8
	Juni	13,3	13,7	44	60	70	85	1
	Juli	16,3	14,8	43	77	71	82	0
	August	13,9	13,5	102	72	55	66	1
	September	9,9	9,1	77	66	20	40	20
	Oktober	6,9	4,6	64	64			44
	November	1	-1,3	16	53			16
	Desember	-5,4	-5,3	26	40			1
2002	Januar	-6,6	-7,4	62	37			2
	Februar	-1,6	-7	79	26			21
	Mars	-0,3	-2,5	26	29			43
	April	5,4	2,3	41	32			118
Mai 2001 - April 2002		5,2	3,6	623	600			273
Mai-Sept. 2001		12,7	12,0	309	319	290	337	29
2002	Mai	11,7	9	79	44	54	64	43
	Juni	15,4	13,7	61	60	78	85	5
	Juli	15,8	14,8	113	77	64	82	14
	August	18,2	13,5	58	72	84	66	1
	September	11,5	9,1	37	66	42	40	0
Mai-Sept. 2002		11,3	12,0	80	319	323	337	64

¹⁾ Potensiell fordampning målt på Planteforsk Apelsvoll, avdeling Kise

pga. endringen til ny plan i 2000. Den negative effekten av dårlig forgrøde er vanligvis større ved redusert jordarbeiding enn når det pløyes.

De økologiske byggavlingene kom i gjennomsnitt nokså likt ut for treårsperioden, selv om det var en tendens til at ØKO₂₅₋ systemet som bare har grønn gjødsling som næringskilde, var noe dårligere. Økologisk dyrket bygg lå avlingsmessig 30-40% under bygget på referansebruket. Her må nevnes at det økologiske bygget er dyrket sammen med gjenlegg (gjelder også OPT₅₀₊), mens bygget i referansebru-

ket (og OPT₀₋) er dyrket i renbestand. Nivået på de økologiske byggavlingene var likevel omtrent på høyde med middelavlingen for bygg for alle bruk i Oppland (352 kg/daa, 1981-2001). Dette gjenspeiler den spesielt fruktbare jorda på forsøksarealet.

Hveteavlingene var klart lavere i 2002 enn i de foregående to år. Dårligere innmating av kornet på grunn av veldig rask modning spilte nok en større rolle for hveten enn for de andre kornartene. Sammenlignet med hveten i referansebruket, var hveteavlingene i både OPT₀₋

og OPT₅₀₊ relativt dårligere i 2002 enn i 2000 og 2001. Dette skyldes nok først og fremst ulik soppssprøyting i 2002. Referansebruket ble soppssprøytet samtidig med ugrasssprøytinga i juni. Da var soppnivået godt under skadeter-skelen i de optimale systemene, som derfor ikke ble sprøytet mot sopp. Det nokså varme og fuktige været ga etter hvert gode forhold for soppangrep, og i ettertid ser en at en klart ville hatt igjen for en soppssprøyting av OPT₀₋ og OPT₅₀₊ senere i sesongen. Spesielt mye kveke i hveten til ØKO₅₀₊ gjorde at spranget opp til hveteavlingen i referansebruket ble 15-20 prosentpoeng større i 2002 enn tidligere.

Havren hadde høyest avlingsnivå av kornartene. Forskjellen mellom OPT₀₋ og referansebruket var minst for havre. Kombinasjonen havre + erter (ØKO₂₅₋) gjorde det meget bra i 2002. Dette skyldtes at ertene slo til for fullt dette året. En ser altså at i år der ertene har gode forhold, kan kombinasjonen havre + erter gi stor avling selv uten bruk av mineral- eller husdyrgjødsel. Utfordringa ligger imidlertid i få jevnere tilslag av ertene.

Potet

Bare to av dyrkingssystemene, REF₀₋ og OPT₀₋, har potet i vekstskiftet. For årene 2000-2002 var det ingen signifikante forskjeller mellom disse systemene, verken for total avling, avling >42 mm, tørrstoffprosent eller prosent grønne knoller (tabell 4). Det var imidlertid signifikante forskjeller mellom år for alle variablene i tabell 4. Sesongen 2002 ga høyere tørrstoffprosent og flere grønne knoller enn de to foregående. Avlingsmessig var 2001 det beste året for potet i perioden.

I det plogløse systemet OPT₀₋ ble jorda harvet med rotorharv to ganger før setting, mot én gang på det høstpløyde referansebruket. Grundig jordarbeiding om våren ser dermed ut til å kunne være et alternativ til pløgen på morenejord for potet (forutsatt at stren-glegging ikke er aktuelt).

Eng

Det var mindre forskjell på avlingene mellom dyrkingssystemene for gras enn for korn (Fig. 1). Dette underbygger tidligere resultater

Tabell 3. Kornavlinger, 2000-2002

Dyrkingssystem	2000		2001		2002		Gjennomsnitt	
	kg/daa	rel.	kg/daa	rel.	kg/daa	rel.	kg/daa	rel.
Bygg								
Ref ₀₋	596	100	557	100	525	100	559	100
Opt ₀₋	378	63	529	95	480	91	462	83
Øk ₀₂₅₋	416	70	321	58	264	50	333	60
Opt ₅₀₊	481	81	442	79	457	87	460	82
Øk ₀₅₀₊	440	74	328	59	388	74	385	69
Øk ₀₇₅₊	428	72	390	70	292	56	370	66
Hvete								
Ref ₀₋	573	100	576	100	522	100	557	100
Opt ₀₋	483	84	573	99	377	72	478	86
Øk ₀₂₅₋	277	48	322	56	256	49	285	51
Opt ₅₀₊	468	82	499	87	333	64	433	78
Øk ₀₅₀₊	378	66	426	74	265	51	356	64
Øk ₀₇₅₊								
Havre								
Ref ₀₋	533	100	701	100	529	100	588	100
Opt ₀₋	567	106	661	94	427	81	551	94
Øk ₀₂₅₋ ¹⁾			527	75	492	93	509	87
Opt ₅₀₊								
Øk ₀₅₀₊								
Øk ₀₇₅₊								

¹⁾ Havre + erter

Tabell 4. Potetavlinger, tørrstoffprosent og andel grønne knoller for REF₀- og OPT₀-, 2000-2002

År	Totalavling (kg/daa)		Avling > 42mm (kg/daa)		Tørrstoff (%)		Grønne knoller (%)	
	REF ₀	OPT ₀	REF ₀	OPT ₀	REF ₀	OPT ₀	REF ₀	OPT ₀
2000	3707	3568	3476	3357	24,0	24,2	0,0	1,0
2001	4257	4299	3998	4060	22,7	24,0	0,0	1,0
2002	3938	3939	3627	3545	27,0	27,1	5,3	1,9
Middel	3967	3935	3700	3654	24,5	25,1	1,8	1,3

fra forsøket, der vi har sett at økologisk grovfôrproduksjon gjør det relativt bedre enn økologisk kornproduksjon sammenlignet med konvensjonell dyrking.

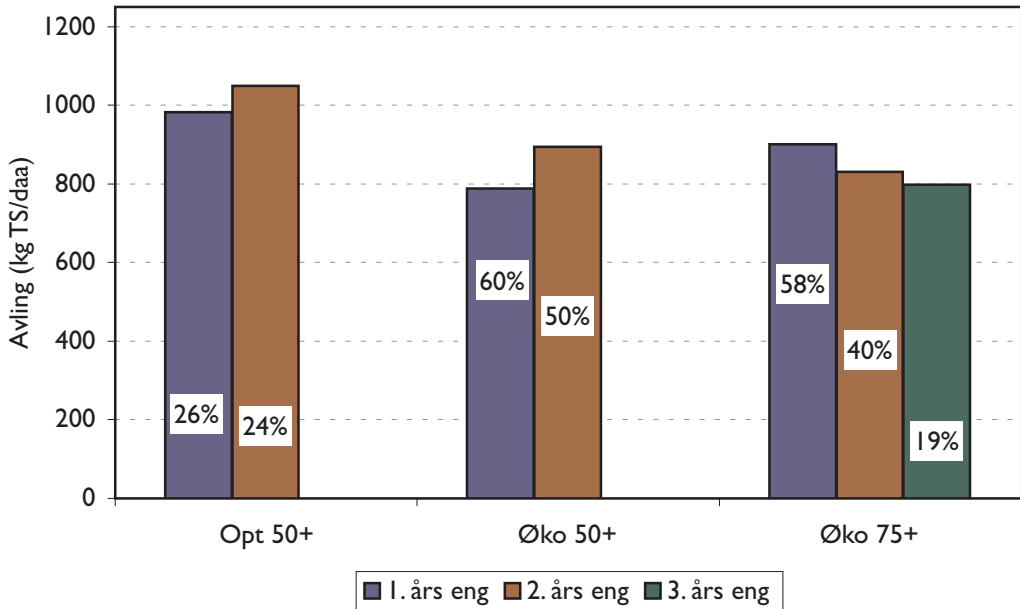
Førsteårsenga i ØKO₅₀₊ ga bare 20% mindre avling enn tilsvarende i OPT₅₀₊ (Fig 1), til tross for at den økologiske enga ikke ble gjødslet (tabell 1). Dette var den største avlingsforskjellen og også den eneste som var statistisk sikker. Resultatene kan nok først og fremst forklares ut fra større nitrogenfiksering i den økologiske enga enn i den konvensjonelle. OPT₅₀₊ ble gjødslet med vesentlig mer lettøselig nitrogen enn ØKO₅₀₊. Nitrogengjødsling virker negativt inn på N-fikseringa på to måter. Kløverplanten lever som kjent i symbiose med nitrogenfikserende mikroorganismer, slik at N-fiksering er proporsjonal med mengden kløver. Siden kløver blir lettere utkonkurrert av gras når det gjødsles, går kløverandelen vanligvis ned med økende gjødsling. I Fig. 1 ser vi at andelen kløver i enga var omtrent den halve i OPT₅₀₊ sammenlignet med hva den var i de økologiske engene. Korrigert for avlingsforskjellen hadde 1. og 2. års enga i OPT₅₀₊ henholdsvis 47 og 42% mindre kløver enn ØKO₅₀₊. Den andre negative effekten av N-gjødsling på N-fiksering er at også fikseringsutbyttet går ned, ikke bare kløvermengden. Dette skyldes at det kreves mindre energi for å ta opp nitrogen fra jorda enn å fikserer N fra lufta. Når tilgjengeligheten av N øker i jorda som en følge av gjødsling, blir dermed nitrogenet i jorda foretrukket framfor nitrogenet i lufta. Vi estimerte N-fikseringen i 1. års enga for OPT₅₀₊ og for ØKO₅₀₊ ved hjelp av en tidligere utviklet modell (Korsaeth and Eltun,

2000) som bla. tar hensyn til kløvermengde og gjødslingsnivå. I gjennomsnitt for de tre årene 2000-2002 ble estimert N-fiksering i 1. års enga for OPT₅₀₊ og ØKO₅₀₊ henholdsvis 5,6 og 14,6 kg N/daa.

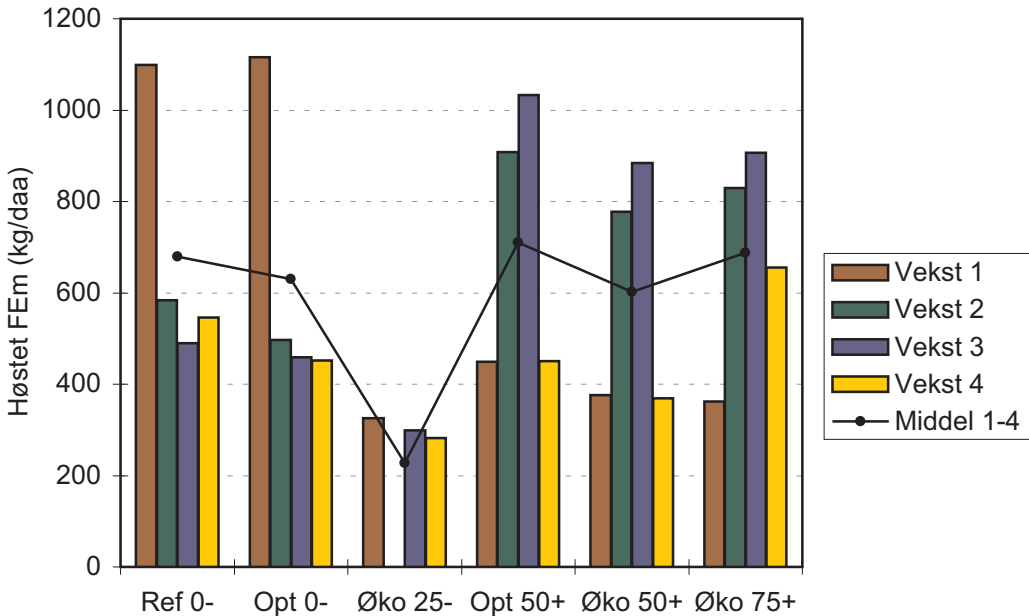
Samlet produksjon

For å kunne sammenligne systemenes totale produksjon ble alle avlinger regnet om til forenheter for melkeproduksjon (FEm). Enheten FEm ble valgt siden produksjon av fôr er viktigst på flertallet av dyrkingssystemene.

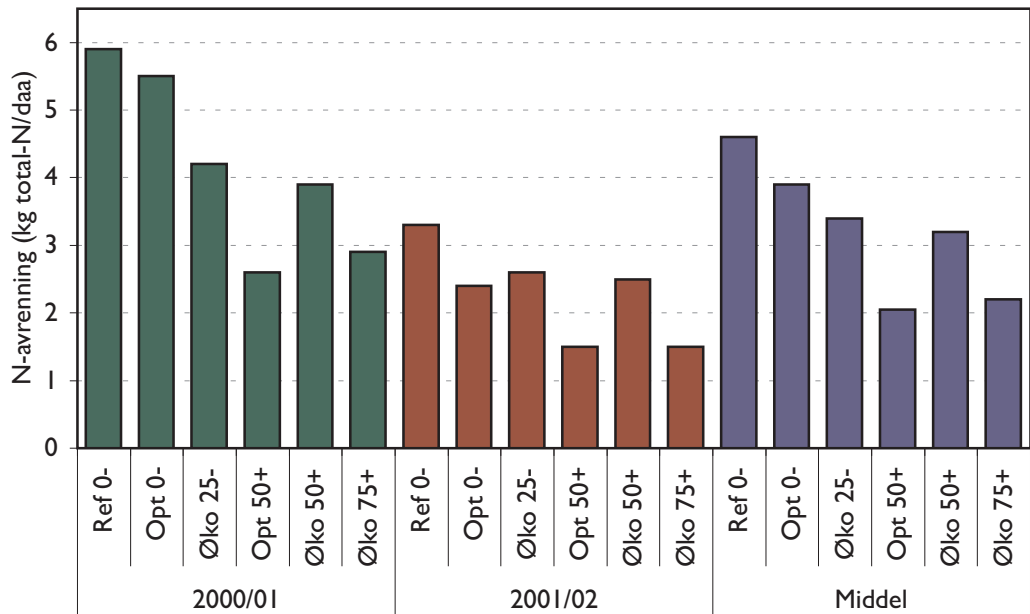
Samlet produksjon for hvert dyrkingssystem var påfallende lik (Fig. 2, middel for vekst 1-4), med unntak av ØKO₂₅₋, der produksjonen lå om lag 65% under de andre systemene. Det var stor forskjell på bidraget fra de ulike vekstene innenfor hvert system. Mens potet utmerket seg med stor FEm-produksjon i REF₀- og OPT₀-, gjorde engårene tilsvarende på husdyrbrukene. Kløverenga i ØKO₂₅₋ blir ikke høstet, og bidrar dermed ikke til fôrproduksjonen i dette systemet. Resultatene viser at de økologiske systemene som har husdyr (ØKO₅₀₊ og ØKO₇₅₊) er klart overlegene når det gjelder produksjon av fôr sammenlignet med husdyrløse ØKO₂₅₋. Men også når det gjelder produksjon av mathvete, ser det ut til at det lønner seg å ha husdyr med i systemet (tabell 3). I ØKO₂₅₋ blir altså 25% av arealet brukt til produksjon av «grønn gjødsel» for å tilføre systemet nitrogen. I teorien burde dette kunne dekke N-behovet i ØKO₂₅₋, forutsatt at en greier å holde tapspostene lave (gasstap, utvasking). Fosfor og kalium kan imidlertid ikke fikseres fra luft, og P- og K-mangel er et problem som nok vil gjøre seg gjeldende i dette systemet.



Figur 1. Engavlinger (tørrstoff) og andel kløver (%), gjennomsnitt for 2000-2002



Figur 2. Produksjon av føreheter (høstet FEM/daa) for enkeltvekster (søyler) og for hvert dyrkingssystem på dekarbasis (punkt); gjennomsnitt for 2000-2002. Se tabell 1 for fullstendig beskrivelse av vekster



Figur 3. N-avrenning (sum av total-N i overflate- og grøftevann) for avrenningsårene mai 2000-april 01 (2000/01) og mai 01-april 02 (2001/02) og middel for perioden

Næringsstoffavrenning

Årlig avrenning beregnes for det agro-hydrologiske året som går fra 1. mai til 30. april. Avrenning av næringsstoff i ett avrenningsår kan dermed ses i sammenheng med vekstsesongen samme år. Her presenteres resultater for perioden 1. mai 2000 til 30. april 2002, altså avrenningsårene 2000/01 og 2001/02.

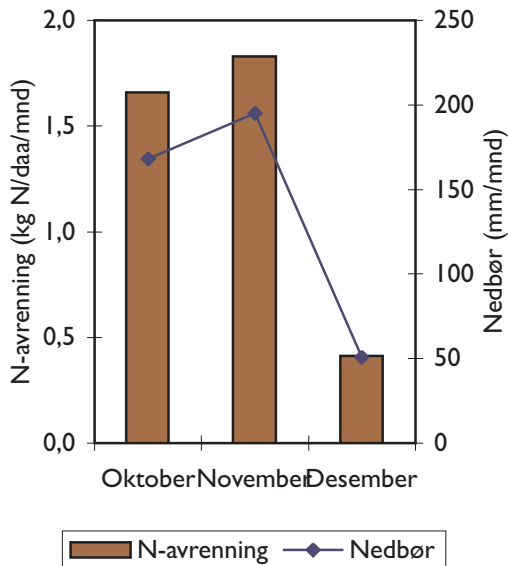
Nitrogenavrenning

For hele perioden (mai 00-april 02) var det kun overflateavrenning i april 2001. Total-N vasket ut via grøftevannet besto i gjennomsnitt av 86% nitrat-N, og 14% organisk N. Mengden ammonium-N var ubetydelig. Dette er som ventet, siden nitrat er et meget mobilt ion, mens ammonium lettere bindes i jorda. Det er interessant å se at den organiske N-fraksjonen er så stor som den er, da en ofte bare fokuserer på nitrat i forbindelse med N-avrenning fra jordbruksjord. Dette er et område som fortjener mer oppmerksomhet.

Åpen-åker-systemene REF_{0-} og OPT_{0-} hadde størst N-avrenning, men også $ØKO_{25-}$ tapte relativt mye N (Fig. 3). Utfordringen med et system som $ØKO_{25-}$ er å få overført nitrogenet som fikseres i kløverenga til etterfølgende vekster uten for store tap underveis. Det er imidlertid for tidlig å si om nåværende metode, med gjentatt kutting av plantemassen gjennom vekstsesongen uten å fjerne den, har gitt økt N-utvasking.

Systemene med 50% eng og mer hadde minst N-avrenning. Dette skyldes at eng er en effektiv fangvekst, med en lang opptaksperiode og stor rotmasse som «holder» godt på næringsstoffene. Det var en tendens til at $ØKO_{50+}$ hadde større N-avrenning enn OPT_{50+} og $ØKO_{75+}$ begge avrenningsårene, men forskjellene er ikke statistisk sikre.

Det var svært stor N-avrenning i 2000/01. Gjennomsnittlig N-avrenning (summen av total-N i grøfte- og overflatevann) for alle dyrkingssystemene var på hele 4,2 kg N/daa i



Figur 4. N-avrenning (total-N) fra referansebruket (REF0-) og nedbør (mm) for oktober-desember 2000

2000/2001. Dette er ny rekord. Det høye nivået kan i hovedsak forklares ut fra de store nedbørsmengdene, med 46% mer nedbør enn normalt på årsbasis (tabell 2).

De ekstreme nedbørsmengdene høsten og førjulsvinteren 2000 bidro spesielt mye. Fig. 4 viser N-utvasking fra referansebruket, systemet som hadde størst N-tap av alle dyrkingssystemene. Det ble vasket ut mellom 1,5 og 2 kg N/daa i hver av månedene oktober og november. I løpet av de tre månedene oktober-desember 2000 forsvant det hele 3,9 kg N/daa via grøftevannet fra referansebruket.

Et annet moment som nok også har bidratt til det generelt høye N-tapet dette året, er at vi høstpløyde alle systemene, unntatt det plogløse systemet OPT₀₋. Dette skjedde som en del av endringsprosessen fra gammel til ny plan. Høstpløyning øker risikoen for N-utvasking.

Det var imidlertid overraskende stor N-avrenning også fra OPT₀₋ dette året (Fig. 3). Vi har ingen god forklaring på hvorfor effekten av redusert jordarbeiding på N-utvasking var såpass liten i 2000/01.

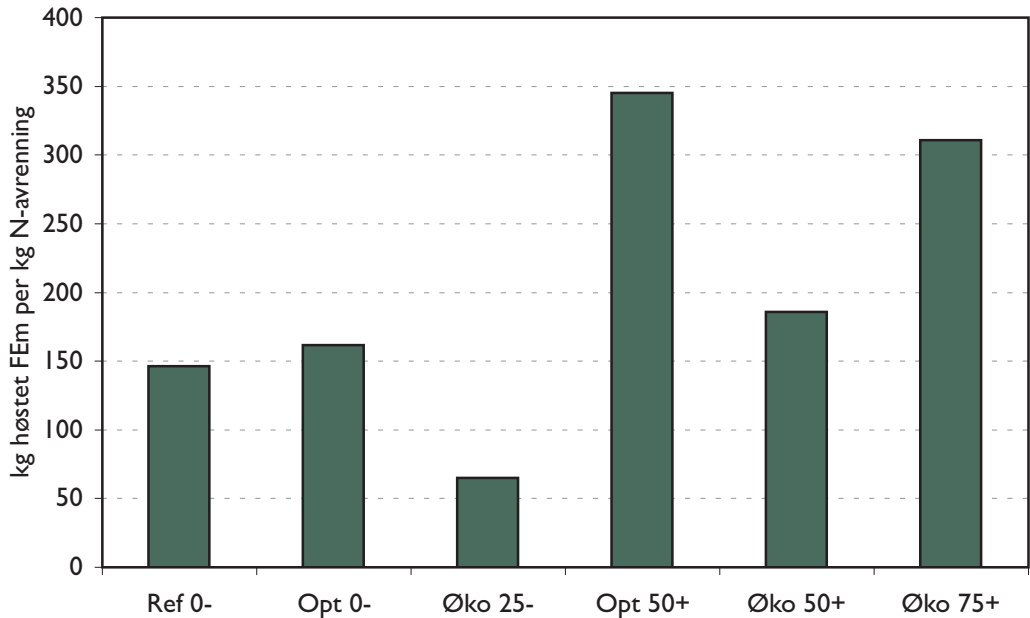
I avrenningsåret 2001/02 var årsnedbøren omtrent som normal, høstpløyning ble kun foretatt på referansebruket (REF₀₋), og gjennomsnittlig N-avrenning var på 2,3 kg N/daa; altså betraktelig mindre enn foregående år.

Til tross for tydelige forskjeller i N-utvasking mellom dyrkingssystemene (Fig. 3), var det få statistisk sikre forskjeller. Dette skyldes at det var nokså store avvik mellom gjentakene. En ulempe med et felt-lysimeter, slik som anlegget på Apelsvoll, er at det ikke er et helt lukket system. Det vil alltid være en viss mulighet for vannstrømmer både inn og ut av systemet. Dette er vanligvis av mindre betydning. I perioder med spesielt stor vannbevegelse i terrenget rundt, slik vi hadde høsten 2000, vil påvirkning utenfra imidlertid bidra til økt variasjon i målingene. Målinger over flere år vil kunne kompensere for mye av denne «støyen».

Nitrogenavrenning i forhold til produksjonen

Vi har i dette forsøket definert «optimal produksjon» som høyest mulig produksjon (FEm-avling) per enhet nitrogen tapt via grøfte- og overflatevannet. Som tidligere nevnt, blir N-avrenningen som skjer i løpet av ett avrenningsår (mai-april) tilordnet vekstsesongen i samme periode. Her presenteres resultatene for perioden mai 2000 – april 2002 (avrenningsårene 2000/01 og 2001/02). Avlingstall for vekstsesongen 2002 er altså ikke inkludert.

Dyrkingssystemene med eng i omløpet hadde generelt større førproduksjon per kilo utvasket nitrogen enn de med bare åpenåkervekster (Fig. 5). De mest optimale systemene var OPT₅₀₊ og ØKO₇₅₊. Den mye lavere produksjonen i ØKO₂₅₋ gjorde at dette systemet kom klart dårligst ut. For de tre økologiske systemene var det en nesten lineær sammenheng mellom andel eng og forholdet mellom produksjon og N-utvasking. Eng i omløpet slår positivt ut på to måter. Som tidligere nevnt, er eng en svært effektiv fangvekst, slik at større andel eng i omløpet gir mindre N-utvasking. Samtidig er eng mer produktiv som førvekst enn korn, slik at mer eng også gir større førproduksjon.



Figur 5. Årlig produksjon av føreheter (FEm) per enhet total-N tapt via grøfte- og overflatevann; gjennomsnitt for avrenningsårene mai 2000-april 01 og mai 01-april 02

I OPT₀ benytter vi all den kunnskap vi sitter med i dag for å få en optimal planteproduksjon. En eventuell forskjell på dette systemet og referansebruket vil dermed kunne tolkes som gevinsten av den kunnskapen vi har oppnådd de siste 15-20 åra innenfor miljøvennlig jordbruk. Så langt er det ingen sikker forskjell på REF₀- og OPT₀- med hensyn til forholdet mellom produksjon og N-utvasking.

Fosfor- og jordtap

Det var stor forskjell på avrenningsårene med hensyn til tap av fosfor og jord (tabell 5). I 2000/01 ble det i gjennomsnitt vasket ut 43 g total-P/daa (grøft+overflatevann), mens fosfortapet for 2001/02 var bare 8 g/daa. Tilsvarende tall for jordtapet (tørrstoff) var 5,7 og 2,7 kg/daa. En stor del av fosforet i jorda er bundet til jordkolloider, og fosfortapet henger dermed tett sammen med tapet av jord. Regresjonsanalyser viste at jordtapet kunne forklare nesten 30% av variasjonen i total-P tapt via grøftevannet. I overflatevannet (kun 2000/01)

var tilsvarende forklaringsgrad på nesten 60%. Kombinasjonen av høstpløying og store nedbørmengder er nok den viktigste grunnen til at jordtapet, og dermed fosfortapet, var mye større i 2000/01 enn etterfølgende avrenningsår.

Det var signifikante forskjeller mellom dyrkingssystemene både for total-P og fosfat-P. Størst tap hadde OPT₅₀₊. Dette ser imidlertid ikke ut til å ha sammenheng med selve systemet, men skyldes primært en erosjonsepisode på det ene gjentaket våren 2002. Det plogløse OPT₀ hadde gjennomgående lavest P-tap, med omtrent halvparten så stort tap som det høstpløyde REF₀. Det så ut til å være en positiv effekt av redusert jordarbeiding på P-utvasking selv når det var lite erosjon (2001/02).

For dyrkingssystemene med 50% eng og mer var det en klar tendens til større fosfat-tap enn fra de andre systemene. Dette var spesielt tydelig for målingene gjort i overflatevannet. For «engbrukene» (≥50% eng) utgjorde fosfat ca. 75% av total-P i overflatevannet, mens fos-

Tabell 5. Fosfor (P) og tørrstoff i grøfte- og overflatevann, middel for avrenningsårene mai 2000 - april 2001 og mai 2001 - april 2002

Dyrkingssystem	Grøft		Overflate		Grøft + overflate		
	2000/01	2001/02	2000/01	2001/02	2000/01	2001/02	Gjennomsnitt
Total-P g/daa							
Ref ₀₋	41	8	10	0	51	8	29
Opt ₀₋	21	4	7	0	28	4	16
ØKO ₂₅₋	33	7	4	0	37	7	22
Opt ₅₀₊	33	18	18	0	52	18	35
ØKO ₅₀₊	24	7	19	0	43	7	25
ØKO ₇₅₊	23	8	23	0	46	8	27
Fosfat-P g/daa							
Ref ₀₋	16	3	5	0	22	3	12
Opt ₀₋	9	2	4	0	13	2	8
ØKO ₂₅₋	12	4	2	0	14	4	9
Opt ₅₀₊	17	4	13	0	29	4	17
ØKO ₅₀₊	13	4	15	0	29	4	16
ØKO ₇₅₊	12	5	17	0	30	5	17
Tørrstoff kg/daa							
Ref ₀₋	4,9	1,5	1,5	0,0	6,4	1,5	4,0
Opt ₀₋	3,6	1,1	0,8	0,0	4,4	1,1	2,7
ØKO ₂₅₋	6,2	1,3	0,7	0,0	6,8	1,3	4,0
Opt ₅₀₊	4,4	9,7	2,0	0,0	6,4	9,7	8,0
ØKO ₅₀₊	3,1	1,4	1,4	0,0	4,5	1,4	3,0
ØKO ₇₅₊	3,9	1,3	1,8	0,0	5,8	1,3	3,5

fat-fraksjonen i overflatvannet fra åpen-åkerbrukene (REF₀₋, OPT₀₋, ØKO₂₅₋) var 55%. Tilsvarende tall for grøftevann var 47 og 44%. Utfrysing av plantenæringsstoffer fra grønne planter gjennom vinteren har etter hvert fått

mer fokus, og resultatene her illustrerer igjen risikoen for P-tap fra overjordisk plantemasse i løpet av vinteren. For å redusere dette problemet bør en sein slått vurderes.

Oppsummering

- Avlingsforskjellene mellom økologisk dyrket korn og konvensjonelt dyrket korn var større enn tilsvarende for eng. Økologisk kornproduksjon uten tilgang på husdyrgjødsel ga dårligere avlinger enn tilsvarende med bruk av husdyrgjødsel.
- For potet var det ingen forskjell verken på avling eller kvalitet om jordarbeiding var grundig vårharving (OPT₀₋) eller høstpløying (REF₀₋).
- Samlet produksjon (FEm/daa) var på samme nivå for alle dyrkingssystemene med unntak av ØKO₂₅₋ som lå om lag 65% lavere. Dette illustrerer først og fremst «kostnaden» en har i ØKO₂₅₋ ved å bruke 25% av arealet til produksjon av «grønn gjødsel» (her kløvereng).
- Høstpløying etterfulgt av mildvær og regn gir svært stor N-utvasking. I løpet av månedene oktober-desember 2000 ble det målt til sammen 3,9 kg N/daa i grøftevannet fra det høstpløyde referansebruket.
- Det var en klar sammenheng mellom jorderosjon og tap av total-P. Det ser ut til å være en positiv effekt av redusert jordarbeiding på P-utvasking også i år med lite erosjon.

- Overvintrende eng øker risikoen for P-tap. For dyrkingssystemene med 50% eng og mer var det en tendens til større tap av total-P, og spesielt fosfat-tapet var større her enn fra de andre systemene.
- OPT₅₀₊ og ØKO₇₅₊ hadde størst produksjon (FEm) per enhet N tapt via grøfte- og overflatevann. Eng i omløpet var en klar fordel her, siden eng har stor produksjonsevne, og fungerer samtidig som en effektiv fangvekst utover høsten, slik at risikoen for N-utvasking reduseres. ØKO₂₅₋ hadde dårligst forhold mellom produksjon og målt N-tap. Dette var først og fremst på grunn av betydelig mindre høstet avling, da 25% av arealet er satt av til grønn gjødsling.

Litteratur

- Korsaeth, A., and Eltun, R. (2000). Nitrogen mass balances in conventional, integrated and ecological cropping systems and the relationship between balance calculations and nitrogen runoff in an eight year field experiment. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 79, 199-214.
- Korsaeth, A., Eltun R., og Nordheim, O. (2001). Forandring av forsøksplanen for dyrkingssystemene på Apelsvoll. S 316-323 i Abrahamsen, U. (red.) *Jord- og plantekultur 2001*. Grønn Forskning 1/2001.