

ETTERVIRKNINGER AV GJØDSLING  
I LANGVARIGE FORSØK

av  
Gotfred Uhlen

Rapport nr 2/2000 (81)

Norges landbrukshøgskole  
Inst. for jord- og vannfag  
Postboks 5028 1432 Ås

# INSTITUTT FOR JORD- OG VANNFAG

Norges Landbrukshøgskole

Postboks 5028, 1432 Ås    Telefon: (09) 94 75 00 - Agriuniv. Ås  
Telefax: (09) 94 82 11    Rapportarkiv: (09) 98 82 04

ISSN 0805 - 7214

Rapportens tittel og forfatter(e):

## ETTERVIRKNINGER AV GJØDSLING I LANGVARIGE FORSØK

av

Gotfred Uhlen

Rapport nr : 2/2000 (81)

Distribusjon: FRI

Dato:01.04.2000

Prosjektnummer:

Faggruppe:

Geografisk område:

Antall sider (inkl. bilag)

Oppdragsgivers ref.:

### Oppdragsgiver:

Ettervirkningen av tidligere gjødsling med husdyrgjødsel og mineralgjødsel i 1939-68 ble undersøkt i 1969-80 i eng-åkeromløp på Ås. Helt uten tilførsel var det stor ettervirkning i 12årsperioden av så vel husdyrgjødsel som av tidligere NPK, N, P og K. Med middels eller sterk gjødsling i denne perioden ble ettervirkningen mindre, og for N og P uteble virkningen i de siste 6 år. Det var tendens til større ettervirkning i enkelte engår og mindre i korn, og videre, større ettervirkning av K enn av N og P. Ut fra meropptatt N pr. år, (kløver ikke medregnet), og differanser i restnitrogen i jord (Total-N analyse) ble funnet halveringstid for rest-N fra mineralgjødsel 17-27 år og for husdyrgjødselnitrogen 26-32 år.

I et langvarig kombinert N x halmnedpløyingsforsøk 1962-86 ble målt ettervirkning i 3 år. Ut fra ettervirkning i N-opptak, i 1988 og 1989, og halm i 1987-89 er funnet halveringstid for restnitrogen i jord for 25 år for mineral-N og for restnitrogen fra halm.

4. Emneord, norske

1. Mineralgjødsel, husdyrgjødsel, halm
2. Eng, korn, poteter
3. N-opptak fra rest-N
4. Halveringstider

Prosjektleder:

*Gotfred Uhlen*  
Gotfred Uhlen

4. Emneord, engelske

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

For administrasjonen:

*Trond Børresen*  
Trond Børresen

## Ettervirkning av gjødsling i langvarige forsøk

av  
Gotfred Uhlen

Tilførte næringsstoffer har ettervirkning i tillegg til den direkte virkning i gjødslingsåret. Dette skyldes primært at bare en del av gjødslingsstoffene tas opp av planteveksten, av nitrogen og kalium rundt 50 prosent og av fosfor bare 10-20% av det tilførte. Av restnæringen i jorda vil noe tapes f.eks ved utvasking (N) og ved binding i ikke plantetilgjengelig form (P). Plantene vil i tillegg nytte næringsstoffer som frigjøres i jorda. Selv om bare 50% av det tilførte nitrogen, føres bort med avlingene, behøver ikke jordas N-balanse å være positiv dersom en like stor del tas fra frigjort jordnitrogen. Tap i gassform og ved utvasking virker også inn på N-balansen.

I flerårige fastliggende forsøk vil en få en kombinert effekt av årets tilførsel, og ettervirkninger fra tidligere år. For å skille disse fra hverandre, må det legges inn ettervirkningsår uten gjødsling, eller med lik gjødsling. Ettervirkning av nitrogen kan også undersøkes ved bruk av stabil N-isotop. (Jansson 1963, Lyngstad 1990, 1991). Effekten av tidligere tilført fosfor og kalium kan til en viss grad vurderes ved kjemisk jordanalyse, for eksempel AL-analyser.

I 4 langvarige gjødslingsforsøk i Ås er målt ettervirkninger av 30 års gjødsling i en 12 års periode.

### Langvarige gjødslingsforsøk. Ås 1939-80.

Forsøkene tok sikte på å måle virkningen av 6 tonn husdyrgjødsel, gitt til poteter hvert 6. år og av N, P og K i mineralgjødsel gitt i tillegg til husdyrgjødsel. Disse behandlingene ble gjennomført i 5 omløpsperioder av 6 år. Poteter med husdyrgjødsel ble etterfulgt av bygg, 3 år kløver-timoteieng og havre. I ettervirkningsperiodene ble nyttet samme vekstomløp, med unntak at at eng ble fortsatt et 4. år i 1974 etterfulgt av korn, potet og 3årig eng. Jorda på feltene ble beskrevet som moldholdig noe sandholdig leire. Forsøksplaner og resultater fra de første 2 omløpsperioder er gjengitt i detalj av Uhlen (1953). Et kortfattet resyme av resultatene for 30års-perioden og noen tall fra første ettervirkningsperiode 1969-74 er også publisert tidligere (Uhlen 1976).

Forsøks- og feltplaner: Forsøket omfatter 4 adskilte felt, hvert med 6 forsøksledd i latinske kvadrater, (36 enkeltruter pr felt).

Ledd I og II var på alle 4 felt ugjødslet, I, og husdyrgjødsel, II. De øvrige 4 ledd fikk alle samme mengde husdyrgjødsel som ledd II. På felt nr 9 var de 4 ledd stigende mengde NPK i mineralgjødsel, kalksalpeter, superfosfat, kaliumklorid eller kaliumsulfat (potet). På de øvrige 3 felt ble gitt tosidig gjødsling på ledd III, henholdsvis P og K i felt 10, N og K i 11 og N og P i 12. De øvrige 3 ledd var stigende N(10), stigende P(11) og stigende mengder K (12).

Det ble brukt svært små mengder mineralgjødsel. De største mengder (ledd VI) tilsvarer i middel for 30 års perioden, 4-5 kg N 2-2,5 kg P og 5-7 kg K. En vil her ta med resultater bare fra leddet med de største mengder av mineralgjødsel.

## Avlingsresultater 1969-80.

I tabell 1 er avlingstall for de to ettervirkningsperioder gjengitt som fôrenheter i middel pr år.

1 fe = 1 kg bygg, 4 kg halm, 1 kg potet tørrstoff og 2,3 kg høy fra 1 og 2 slått.

I horisontal retning i tabellen er vist avlinger ved stigende mengder mineralgjødning i 1969-80. Det ble her nyttet relativt sterk gjødning. N-mengdene er variert fra 7,5 kg (N<sub>2</sub>) til korn og opp til 24 kg, fordelt på 2 tilførsler pr år i eldre eng.

Ettervirkningen fra perioden 1939-68 finnes ved å sammenligne tallene i vertikal retning. Ettervirkningene er betydelige, i første 6 års periode. Dette er tilfelle så vel ved helt uten gjødning, N<sub>0</sub> P<sub>0</sub> K<sub>0</sub> som ved tilførsel av to stoffer, PK, NK og NP (henholdsvis N-, P- og K-effekter). Også etter tilførsel av større eller mindre mengder N P K er det i den første perioden positiv ettervirkning av tidligere gjødning. I andre periode er det fortsatt positiv ettervirkning uten ny NPK, N, P og K tilførsel, mens ettervirkningen av N og P er uteblitt ved sterkere gjødning i perioden 1975-80. Forsøket med kalium måtte avsluttes i 1975 på grunn av feil gjødning. Det var ellers sterk K-mangel i denne jorda, og ettervirkningen K fra tidligere gjødning med K i mineralgjødning eller husdyrgjødning var større enn ettervirkningene av N og P. En må derfor gå ut fra at den store ettervirkningen av NPK i felt 9, øvre del av tabell 1, for en stor del skyldes K. Helt uten K-tilførsel var innholdet av AL-løselig K mindre enn 5 i sjiktene 0-20 cm og i 20-40 cm. Misveksten på K<sub>0</sub>-parsellene er forsterket med årene, og selv svært små merinnhold av tilgjengelig K vil derfor gi store prosentiske utslag i avling (utarmingseffekt).

Husdyrgjødningseffekten er i forsøkene målt i forhold til helt ugjødslet mens virkningen av N, P og K i mineralgjødning i perioden 1939-68 er målt ved samme grunngjødning med husdyrgjødning. Dette skulle normalt gi større effekt av næringsstoffene i husdyrgjødning enn av mineralgjødning. Utnyttelsen av K var i middel 73,5% i 30års-perioden for begge typer gjødning. Opptatt P i prosent av tilført var 33% for husdyrgjødning med 20-25 fra mineralgjødning. N-utnyttelsen var, medregnet 6 års ettervirkning, 60-65% fra mineralgjødning mot 35-40% fra husdyrgjødning. Økningen i N-innholdet i jorda er usikkert bestemt, men synes å dreie seg om ca 25 og 20 % av tilført i henholdsvis husdyrgjødning og mineralgjødning (kalksalpeter) (Uhlen 1991).

Av tabell 1 ser en videre at tillegg av tosidig gjødning tidligere, særlig med NP, men også NK, PK har gitt redusert avling i forhold til husdyrgjødning gitt alene. Dette har sammenheng med at også slike gjødslinger (særlig med N) økte avlingene betydelig i 30årsperioden. Dermed ble jorda mer utarmet for det stoff som ikke ble tilført. Dette gjelder særlig K og P i dette tilfelle. Slike ettervirkninger av gjødning synes å ha blitt eliminert ved sterk gjødning i de seinere år.

Ettervirkning i de forskjellige vekster i perioden 1969-80 er vist i tabell 2, her som prosentisk avlingsøkning (i fe) beregnet på følgende måte:

Felt 9 NPK + h.gj, VI, i forhold til bare husdyrgj., II

” 10 N, ledd VI i forhold til ledd III

” 11 P, ledd VI i forhold til ledd III

” 12 K, ledd VI i forhold til ledd III

9 Husdyrgj., ledd II i forhold til ledd I

De samme beregninger er gjort ved svakest eventuell ugjødslet, øvre del av tabellen, midlere (midtre del) og sterkeste gjødning i 1969-80 (nedre del).

Tabell 1. Ettervirkning av tidligere gjødsling i årene 1939-68, på avlingsmengder i 1969-74 og 1975-80. Forenheter pr dekar og år.

1939-68	1969-74:			1975-80:		
	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>
Felt 9						
Uten gjødsel	179	373	475	217	410	522
H.gj. 5 x 6 t	207	407	502	252	450	548
H.gj. + NPK	281	421	523	329	460	568
1939-68	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>0</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>2</sub> K	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>
Felt 10						
Uten gjødsel	318	447	494	276	416	516
H.gj. 5 x 6 t	358	456	514	286	432	522
H.gj. + PK	336	463	523	283	430	530
H.gj. + NPK	366	477	524	312	431	532
1939-68	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>
Felt 11						
Uten gjødsel	420	488	502	374	432	457
H.gj. 5 x 6 t	461	501	500	393	440	454
H.gj. + NK	448	504	510	367	451	454
H.gj. + NPK	523	515	524	418	452	448
1939-68	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>0</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>1</sub>	N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>			
Felt 12						
Uten gjødsel	238	428	484			
H.gj. 5 x 6 t	368	473	476			
H.gj. + NP	319	488	495			
H.gj. NPK	472	527	501			
NPK 1939-68	4-5 kg N, 2-25 kg P, 5-7 kg K					
N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub> 1968-80	7,5-24 kg N, 4 kg P, 10-20 kg K					

Tabell 2. Relative avlingseffekter av tidligere gjødsling gruppert etter år og avling.

1939- Potet Bygg Eng 1 Eng 2 Eng 3 Eng 4 Havre Potet Bygg Eng 1 Eng 2 Eng 3  
 1968 1969 1970 1971 1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980

Helt uten gjødsling i HDG- og NPK-ledd og tosidig gjødsling til N, P og K-ledd i 1969-80

NPK	158	119	133	141	118	113	108	110	108	108	94	92
N	107	119	117	122	94	87	104	102	111	127	127	98
P	112	115	113	104	120	128		115	114	105	110	125
K	190	133	126	133	214	173						
HDG	131	103	106	119	117	115	116	100	111	101	126	116

N1P1K1, N1P2K2, N2P1K2 og N2P2K1 i 1969-80

NPK	115	97	103	111	95	90	92	98	101	92	106	106
N	109	100	104	107	100	88	88	97	92	108	97	99
P	97	103	104	98	105	112		100	100	109	92	101
K	123	95	105	103	110	110						
HDG	109	117	114	104	107	105	113	109	101	106	94	100

N2P2K2 (= 8-24 kg N, 4 kg P og 10-20 kg K) i 1969-80

NPK	117	96	109	100	102	100	100	102	101	96	97	104
N	105	98	100	100	99	95	92	92	96	100	100	115
P	115	99	105	93	98	105		98	96	101	92	107
K	111	87	106	104	107	107						
HDG	110	104	106	104	106	103	96	98	98	108	98	98

NPK 1939-68 = 5 kg N, 2,5 kg P og 7 kg K

N = 4,2 kg P = 1,9 kg K = 5,5 kg

Korrelasjon mellom årlige effekter ved midlene kontra sterkeste gjødsling,  $r = +0,55^{***}$

Siden det er bare 2 parseller med identisk behandling hvert år, er de enkelte år/veksters resultater noe varierende. Størst utslag i prosent er det første år (potet) og i enkelte engår, mens det synes å være en trend til små ettervirkninger i bygg og havre. En skulle anta at frigjøringen av restnitrogen fra organisk materiale skulle være større i åpen åker enn i eng. På den annen side foregår opptak av nitrogen fra jord hovedsakelig i en relativ kort periode på forsommeren for kornartene. Engvekstene vil ha nytte av nitrogen som frigjøres i en mye lengre vekstperiode. Enga var i alle år høstet 2 ganger.

Uten ny tilførsel av næringsstoffer er det betydelig ettervirkning av den tidligere gjødsling også i andre 6års-periode. Av større betydning er hvor lang tid det tar å bringe jorda i full hevd ved sterk gjødsling av utarmet jord. Ved slik gjødsling er det liten ettervirkning av gjødslingen i perioden 1939-68 i den andre 6 års perioden. Sterk gjødsling har maskert ettervirkningene. Det gjelder også husdyrgjødsel i siste perioden.

Som nevnt ble husdyrgjødsel tilført siste gang i 1963. Resultatene i de neste 5 år viser også ettervirkning av denne tilførsel i tillegg til ettervirkning av 6 tonn husdyrgjødsel gitt pr dekar i 1939, 1944, 1951 og 1957. Avlingene i 1964-68 med husdyrgjødsel var hele 36% større enn for ugjødslet. Tilsvarende ettervirkning for de neste to seksårsperioder ga 16-17% større avling.

Meropptatt N i ettervirkningsperioden.

Overskuddstilførsel av mineralisk nitrogen kan ikke lagres i jorda på samme måte som fosfor og kalium. Nitrogen kan holdes tilbake som bestandel av organisk stoff, og dette nitrogenet kan komme plantene til nytte ved etterfølgende nedbryting. I utvalgte forsøksledd ble utført kjemiske analyser av avlingene også i årene 1969-79. Ved beregning av meropptatt nitrogen fra engavlingene ble N i kløver ikke tatt med. En har gått ut fra dette nitrogenet delvis er skaffet tilveie ved symbiotisk binding. En del blir også tatt fra jorda av kløver, men samtidig avgis en del av det symbiotiske fikserte nitrogen til de grasartene som vokser sammen med kløver.

Det er utført N-analyser av avlingene bare fra noen få ledd: Med og uten husdyrgjødsel i felt 9 og 10, og fra midlere mengde og større mengde NPK i felt 9. Fra felt 10 er analysert avlingene fra ledd III (husdyrgj. + P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>) og VI (husdyrgjødsel + N<sub>2</sub>P<sub>2</sub>K<sub>2</sub>). Av de tre sammenligninger representerer to stigende mengde NPK, og en der bare N er variert. Det er mulig at ledd med tidligere NPK gir et for gunstig resultat for ettervirkning av tidligere tilført N. Meropptatt N pr år i forhold til antatt merinnhold i jord er ca 1,9% for N-leddet, og fra 2 til 2,4 % for NPK-leddene. Det er grunn til å merke seg at opptak av N fra tidligere husdyrgjødsling er relativt mindre enn fra mineralgjødsel. Husdyrgjødsel er, i motsetning til mineralgjødselnitrogen, sammenlignet med helt ugjødslet jord med svært redusert avling. Dette kunne ha gitt husdyrgjødsel et konkurransefortrinn. På den annen side ble husdyrgjødsel gitt siste gang i 1963, mens mineralgjødsling ble fortsatt til og med 1968.

I tabell 3 er beregnet halveringstid i år for restnitrogen i jord ved to beregningsmåter. Det halve av merinnhold i jord i, kg pr dekar i 1968 er dividert på kg meropptatt pr år i middel, for årene 1969-79. Det samme kan fåes fra formelen:  $\ln 2 / \text{meropptatt}$  i prosent av merinnhold i jord. Merinnhold av N i jord etter tidligere gjødsling med husdyrgjødsel og mineralgjødsel er usikkert., her satt til henholdsvis 25 og 20 % av totalt tilført 1939-68. Meropptatt i avling er heller ikke det samme som frigjort nitrogen fra jord. I 30 årsperioden er opptatt 60-65 % av tilført N i kalksalpeter.

Ved å sette frigjøringen i formelen til 1,35 x opptatt N får en nokså nær samme resultater ved de to fremgangsmåter. Meropptatt i de første 11 ettervirkningsår er forventet å være større enn i den neste 10årsperioden. Forskjellen mellom de to beregningsmåter oppveies ved

Tabell 3. Meropptatt nitrogen i 11 ettervirkningsår. (Kg N/dekar).

	Felt 9			Felt 10		
	H.gj. + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	H. gj. + N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>		H.gj. + P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	H.gj. + N <sub>2</sub> P <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	
Sum tilført N 1939-68	128	+ 74,5	+149	126	+ 125	
Merbortført	+45	+ 40	+ 83	+ 37	+ 70	
Merinnhold i jord	+32	+ 14,9	+ 29,8	+ 31	+ 25	
Merbortført 1969-79	+ 6,9	+ 50	+ 8,4	+ 5,4	+ 6,4	
Merbortført pr. år	0,63	0,45	0,76	0,49	0,58	
Halveringstid år	25,4	16,6	19,6	31,6	21,6	
Merbortført pr år x 1,35	0,85	0,61	1,03	0,66	0,78	
Merbortført i % av jord-N (X)		2,65	4,09	3,46	2,13	3,13
Halveringstid $\frac{\ln 2}{X}$ år	26	17	20	32	22	

Tabell 4 Ettervirkning av N og halm (kg N/dekar)

	Mineral- gjødsel	Halm
Tilført N pr år	+ 10	+ 2,1
Sum 22 år	+ 220	+ 48
Økning i jord-N	22 (10%)	17 (35%)
Merbortført pr år	+ 0,45	+ 0,35
Merbortført pr år x 1,35	0,61	0,473
Merbortført av jord-N (X)	2,76	2,78
Halveringstid $\frac{\ln 2}{X}$	25 år	25 år



innføring av faktoren 1,35 i formelen. Det synes som restnitrogen fra husdyrgjødsel i jorda er noen mindre tilgjengelig enn det som skrives seg fra mineralgjødning. Så vel organisk materiale som nitrogen i organisk materiale består av fraksjoner med forskjellig tilgjengelighet og dermed halveringstider, Parton et al (1983). Jansson (1962) fant halveringstider på ca 40 år etter stabilisering av restnitrogen fra tidligere gjødning i jorda, noe som ikke skilte seg mye fra frigjøringen fra jordas opprinnelige nitrogeninnhold.

Ettervirkning av nitrogen og halm i langvarige forsøk.

Resultatene fra to langvarige forsøk, 1961-85, med halmnedpløying kombinert med stigende mengder N i salpeter er behandlet av Uhlen (1997). I et av forsøkene ble lagt inn 3 år uten halm og N-gjødsling etter 25 år med forsøksbehandling. Analyse av total-N og C i 1983 viste noe varierende resultater (Uhlen 1991). I middel for begge forsøk utgjorde restnitrogen av tilført N i salpeter ca 10%. Restnitrogen i jord etter ca 20 år var i ett forsøk 30-40% av tilført N i halm.

For forsøket referert i tabell 4 er resultatet fra første ettervirkningsår ikke tatt med når det gjelder nitrogen. Store ettervirkninger dette året kan skyldes direkte rest av uorganisk nitrogen i jorda. For halm har en brukt alle 3 år.

På samme måte som i tabell 3 er en kommet frem til midlere halveringstider på 25 år for gjødselnitrogen og for restnitrogen fra halm. Med den store usikkerhet i bestemmelse av nitrogen i jord etter tot-N analyse, blir resultatene svært tilnærmet. Det kan nevnes at Jansson (1963) fant omtrent samme nettomineraliseringsgrad av restnitrogen fra tidligere nedpløyd halm som fra mineralgjødning.

Ettervirkning av fosfor og kalium.

Meravlinger av tidligere gjødning er i tabell 1 i fôrenheter, og i tabell 2 som prosentiske avlingsutslag. I tabell 5 er en sammenligning av meravling for N, P og K i forsøksperioden med tilsvarende prosentiske utslag i de to ettervirkningsperioder, i siste tilfelle helt uten gjødning med disse stoffene. I de fem forsøksperioder, 1939-68, er dessuten gitt husdyrgjødsel såvel til uten som med N, P og K i mineralgjødning.

Som en ser, er det i gjødslingsperioden størst effekt av N, vel 20% avlingsøkning, og avlingsøkningen helt uten ny gjødning er ca 10% i de to ettervirkningsperioder. For P og K er resultatet at meravlingen i middel var bare 5—6% i 1939-68. For P har ettervirkningen gitt langt større effekt enn for P i tilførselsperioden, og for K har ettervirkningen i 1969-74 medført hele 50% større avling. Som nevnt tidligere, er dette en følge av utpiningseffekten. Det tilgjengelige K i jorda er brukt opp. Jordanalyser i prøver fra 1968 demonstrerer også denne utpiningen av jordas tilgjengelige P og K.

Tabell 5. Ettervirkning av fosfor og kaliumgjødsel. Avling i % av ugjødslet kontrolledd i 6års perioder.

Omløps- periode	1939-68					1969-80			
	1	2	3	4	5	Uten gjødsel		Med NPK	
						6	7	6	7
NPK effekt	110	124	129	127	129	136	131	104	103
N ”	110	118	121	122	124	109	110	103	100
P ”	101	105	106	106	105	117	114	103	100
K ”	101	101	109	106	106	148		105	
Husdyrgj.	112	124	130	146	161	124	110	106	103

Jordanalyser 1968:

1939-68	Ugjødslet	Husdyr- gjødsel	Husdyrgj. + NPK <sub>0</sub>		NPK <sub>2</sub>	NPK <sub>3</sub>
			NPK <sub>1</sub>	NPK <sub>1</sub>	NPK <sub>2</sub>	NPK <sub>3</sub>
P-AL 0-20 cm	1,6	2,3	2,1	4,1	5,7	6,8
20-40 ”	1,5	1,5	2,0	1,6	1,9	1,5
			NPK <sub>0</sub>	NPK <sub>1</sub>	NPK <sub>2</sub>	NPK <sub>3</sub>
K-AL 0-20 cm	4,6	5,3	5,4	6,7	8,8	9,7
20-40 ”	4,1	4,5	4,1	3,9	5,5	4,2
K-HNO <sub>3</sub> 0-20 cm	45	48	45	48	52	59

## Litteratur.

Jansson, S.L 1963. Handelsgödsel kvävetts långtidsverkan . Forskn.fors. i landbr. 14: 163-184.

Lyngstad, I. 1990. A lysimeter study on the nitrogen balance in soil. I. Fate of <sup>15</sup>N-labelled nitrate fertilizer applied to barley. Norw. J. Agric. Sci. 4: 119-128.

Lyngstad, I. 1991. A lysimeter study on the nitrogen balance in soil. II. Fate of <sup>15</sup>N-labelled nitrate fertilizer applied to grass. Norwegian J. Agric. Sci. 5: 143-151.

Parton, W.J., J. Persson & D.W. Anderson 1983. Simulation of organic matter changes in Swedish soils. In: W.K. Lauenroth, G. Skogerboe & M. Flug (eds). Analysis of Ecological Systems: State-of-the-Art in Ecological Modelling. Elsevier Sci. Publ. Co. Amsterdam, Oxford, New York, 511-516.

Uhlen, G. 1956. Noen langvarige gjødslingsforsøk på Østlandet. Forsk. Fors. Landbr. 7: 33-79.

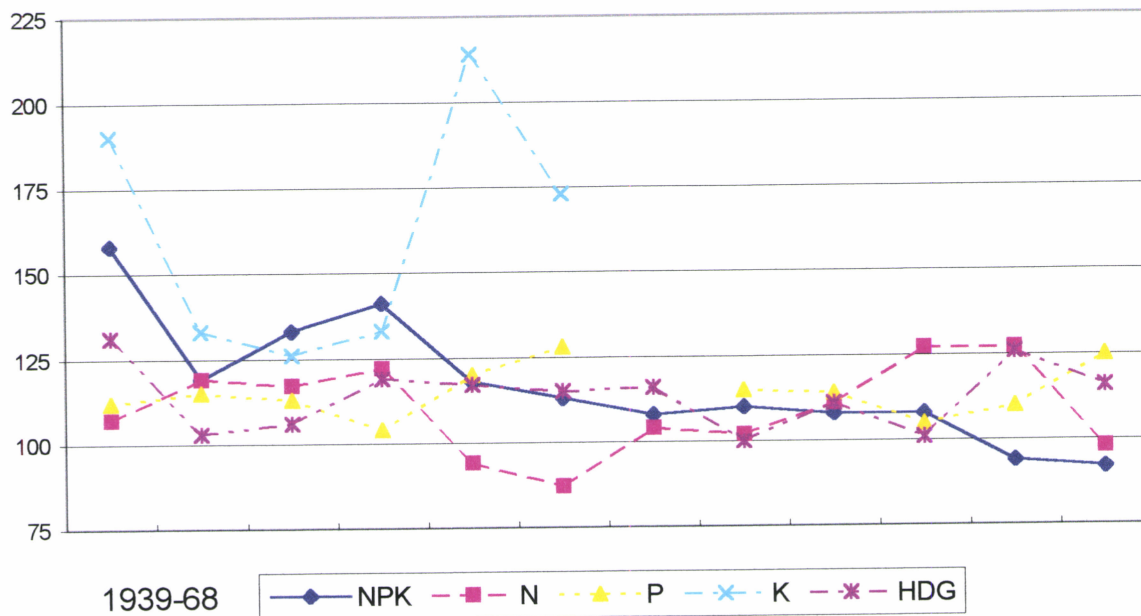
Uhlen, G. 1976. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers and farm manure in long-term experiments with rotational crop in Norway. Ann. agron. 27, 27, 547-564.

Uhlen, G. 1991. Long-term Effects of Fertilizers, Manure, Straw and Crop Rotation on Total-N in soil. Acta Agric. Scand. 119-127.

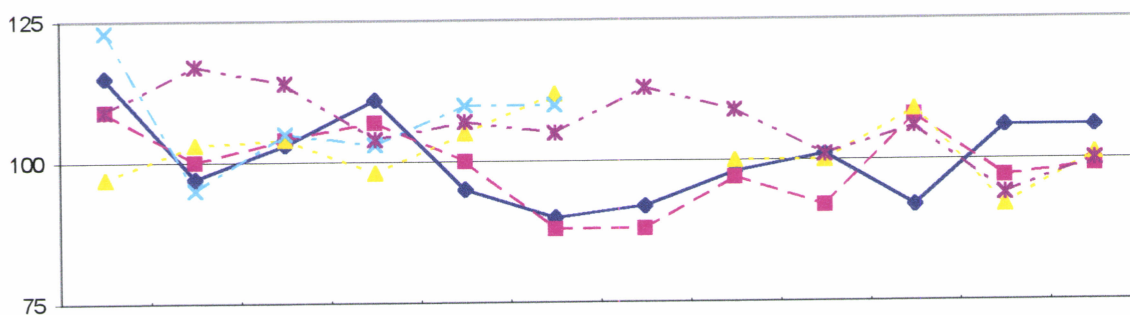
Uhlen, G. 1997. Long-term experiment with ploughed in cereal straw. Norges landbr.høgsk. Inst. f. jord- og vannfag. Rapport 9/97. 10 s.

# Relative avlingseffekter av tidligere gjødsling gruppert etter år og avling

Helt uten gjødsling i HDG- og NPK-ledd og tosidig gjødsling til N, P og K-ledd i 1969-80



N1P1K1, N1P2K2, N2P1K2 og N2P2K1 i 1969-80



N2P2K2 (= 8-24 kg N, 4 kg P og 10-20 kg K) i 1969-80

