



# Transport og akkumulering av jern i profiler av et dyrket myrareal.

*Iron transport and accumulation in profiles of a cultivated peat land area.*

Av M. Ødelien<sup>1)</sup>, A. R. Selmer-Olsen<sup>2)</sup>, og Ole Lie<sup>3)</sup>

## INNLEDNING

Eiendommen Vivang, Våler i Solør, består vesentlig av et stort dyrket myr-areal. Eieren, *Ole Lie*, gir i en artikkel i dette tidsskrift opplysninger om myr-arealet før oppdyrkingen, dyrkingsmåten og erfaringer fra bruken av arealet siden oppdyrkingen i 1952—56 (5). Artikkelen inneholder også opplysninger om et mindre delareal med mangelfull eller manglende kjerneutvikling av havre, utpreget brun torvfarge og et kompakt, mer eller mindre hårdt, jernrikt sjikt i torvprofilen.

*Sorteberg* (10) har med karforsøk og markforsøk påvist at havrens dårlige kjerneutvikling skyldes molybdenmangel, som sannsynligvis har årsakssammenheng med det store jerninnholdet i torva.

*Bardalen* har redegjort for pollenana-

lytiske og radiologiske undersøkelser av torvprøver fra Vivang (1).

Forfatterne av denne artikkel har utført undersøkelser på Vivang i 1977—79. Da deltakere i Det internasjonale myrselskaps kongress i Brumunddal i 1978 besøkte Vivang, redegjorde *Selmer-Olsen* i korthet for det viktigste materiale fra arbeidet som forelå da.

## MATERIALE OG METODER

### *Materiale*

Torvprøver til kjemisk analyse ble tatt fra ett profil på hvert av delarealene A og B høsten 1977. A er arealet med den før nevnte brune jordfarge og den mangelfulle eller manglende kjerneutvikling av havre. B er et tilgrensende delareal uten utpreget brun jordfarge og med normale planter. Tabell 1 viser de mest interessante analysesetall.

Tab. 1. Torv fra feltene A og B i 1977. Tallene i % av tørrstoffet.

*Peat from area A and B 1977. Figures in g/100 g dry matter.*

	A			B			
	0—25	25—35	35—60	0—25	25—40	40—60	60—90
pH .....	5,4	5,6	4,6	4,9	4,2	4,2	4,2
Aske .....	42,9	64,8	14,6	19,6	4,7	6,0	5,1
Ca .....	0,89	0,53	0,47	0,62	0,23	0,14	0,13
Kj. N .....	2,0	0,8	2,9	2,2	2,3	2,4	2,6
Tot. S .....	0,17	0,11	0,21	0,15	0,15	0,17	0,18
Mn .....	0,05	0,22	0,04	0,04	0,01	0,01	0,02
Fe .....	22,6	39,7	5,40	1,80	1,40	2,10	2,40

<sup>1)</sup> Institutt for jordkultur, 1432 ÅS-NLH

<sup>2)</sup> Kjemisk analyselaboratorium,  
1432 ÅS-NLH

<sup>3)</sup> Det norske jord- og myrselskap,  
2013 SKJETTEN

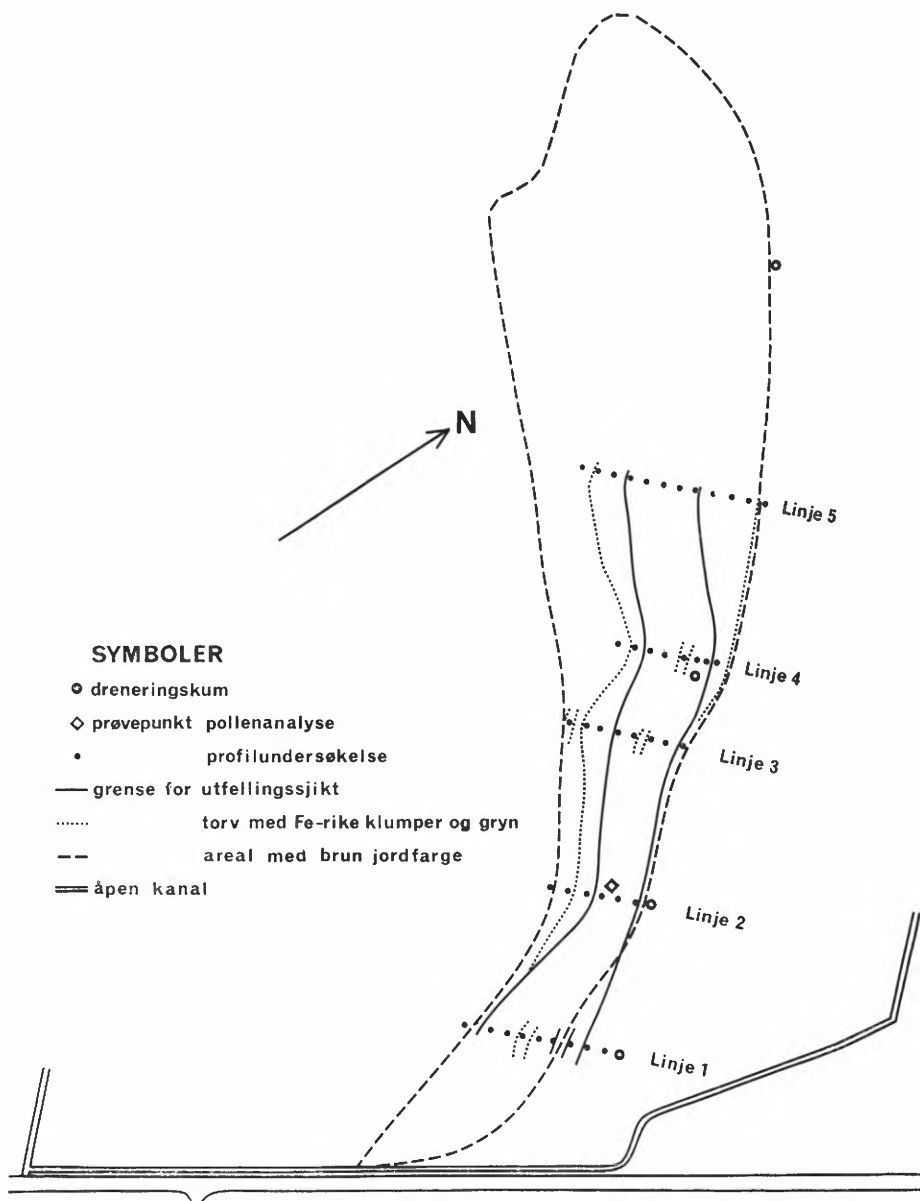


Fig. 1. Skissen viser plasseringen av undersøkte profiler, områdene med synlig Fe-rikt ploggsjikt og med kompakt utfellingssjikt nede i torvprofilen.  
 Sketch showing location of investigated profiles, areas with visible Fe-accumulation in the plough layer and with a compact Fe-rich layer deeper in the peat profile.

Analysetallene for B viser et noe høyt jerninnhold, men ellers et nokså vanlig bilde. For A er bildet helt uvanlig på flere måter. Askeinnholdet bestemt ved *glødning* utgjør 43% av tørrstoffet i sjiktet 0—25 og 65% i sjiktet 25—35 cm. Det store askeinnholdet skyldes vesentlig ekstremt stort jerninnhold, 23 og 40% Fe, henholdsvis for de to sjiktene.

Våren 1978 ble det tatt analyseprøver fra 2 torvprofiler (I og II) på A-arealet. Det ble lagt vekt på å få så representative prøver som mulig fra det rustbrune, mer eller mindre hårde sjiktet under plogsjiktet. Dette profilpartiet kaller vi nedenfor «*utfellingssjiktet*». Tabell 2 viser analyseresultatene.

Tab. 2. Torv fra profilene I og II i 1978. Tallene i % av tørrstoffet, for SO<sub>4</sub>-S i mg pr. kg tørrstoff.

*Peat from profiles I and II, 1978. Figures in g/100 g dry matter, SO<sub>4</sub>-S in mg/1000 g dry matter.*

	Profil I					Profil II			
	0-25	25-35	35-48	48-64	64-75	0-25	25-35	35-55	55-75
pH	5,7	6,55	4,8	4,8	5,1	5,65	6,45	4,8	4,7
Aske	39,2	65,7	9,0	8,3	38,0	43,5	74,4	19,9	18,5
Ca	0,94	0,55	0,61	0,61	0,36	0,76	0,40	0,44	0,49
Mg	0,14	0,05	0,10	0,09	0,17	0,05	0,01	0,03	0,07
Kj. N	2,0	0,9	3,4	3,6	2,1	1,8	0,5	2,7	3,0
Tot. S	0,13	0,07	0,17	0,19	0,15	0,13	0,05	0,15	0,16
P	0,93	0,29	0,42	0,46	0,38	0,88	0,01	0,39	0,41
Al	0,14	0,04	0,44	0,40	1,28	0,10	0,03	0,37	0,55
Mn	0,06	0,16	0,04	0,04	0,02	0,05	0,21	0,06	0,03
Fe	25,9	43,3	4,4	3,1	2,9	27,1	50,5	11,9	3,2
SO <sub>4</sub> -S	46	<3	46	39	18	32	<3	58	39

Så langt sammenligning er mulig, viser tallene for profil I ganske stor likhet med tallene for torvprøvene fra A i 1977. For profil II er askeinnholdet 44 og 74%, henholdsvis i plogsjiktet og utfellingssjiktet. De korresponderende prosenttall for Fe er 27 og 51%. De fleste prøver fra de djupere torvlag inneholder bare 3—4% Fe, dvs. bare litt mer enn tilsvarende prøver fra profil I og fra B-arealet i 1977. Utfellingssjiktet skiller seg ellers fra plogsjiktet ved noe høyere pH og større innhold av Mn, men mindre N og total-S. Jamført med torv fra mer enn 35 cm under overflaten har plogsjiktet høyere prosenttall for aske, Fe, Ca og Mg.

I tabell 3 er de mest interessante prosenttall på tørrstoffbasis i tabell 2 regnet om til g/l etter formelen s. 112.

Tallene for utfellingssjiktet i profil II inntar toppen av store tørrstoffvekter med 740 g pr. l. Det tilsvarende tall for profil II er 580 g. De fleste prøver tatt djupere enn 35 cm har tørrstoffvekter på 220—240 g/l i begge profiler. Plogsjiktet står i en mellomstilling. Fe-innholdet varierer fra 370 g/l for utfellingssjiktet i profil II til 7—10 g i de fleste prøver tatt djupere enn ca. 35 cm.

Høsten 1978 undersøkte konsulentene A. Bardalen, T. Gilhuus og J. R. Stabbetorp i Det norske jord- og myrselskap A-arealet ved 74 borer gjennom torvprofilen og noe ned i mineralgrunnen. Boringene ble utført i 5 linjer vinkelrett på en grunnlinje i retning NV—SØ. Avstanden mellom linjene var 50—90 m og mellom borehullene i linjene 5 m (fig. 1). I 34 av disse profilene fant en

Tab. 3. Tallene i tab. 2 omregnet til g/l våt torv.

*Figures in table 2 expressed in g/l raw peat.*

	Profil I					Profil II			
	0-25	25-35	35-48	48-64	64-75	0-25	25-35	35-55	55-75
Tørrstoff									
Dry matter	420	580	230	220	320	420	740	240	240
Aske	165	383	20,6	18,3	121	184	548	47,8	43,7
Ca	4,0	3,2	1,4	1,4	1,1	3,2	3,0	1,0	1,2
Kj.N	8,4	5,0	7,8	8,0	6,6	7,8	3,5	6,6	7,0
Tot. S	0,56	0,39	0,40	0,41	0,47	0,53	0,36	0,37	0,37
Mn	0,24	0,94	0,09	0,08	0,07	0,21	1,54	0,15	0,08
Fe	110	250	11,0	6,9	9,0	110	370	29,0	7,6

torv med åpenbart stort innhold av jernforbindelser og fast eller hård konsistens. Dette gjaldt et sammenhengende sjikt eller en sone med vertikal utstrekning og plassering i profilene som tallene nedenfor viser i store trekk:

	Vanlig	Min.-maks.
Torv over utfellingssjikt	25—35 cm	20—80 cm
Utfellingssjikt/sone	10—25 »	5—40 »
Torv under utfellingssjikt	20—40 »	0—60 »

Vurdert etter boringene må denne utformingen av torvprofilene være utbredt

innen et belte med største utstrekning i retning NV—SØ på et areal på omkring 15 dekar.

I 25 profiler var utfellingssjiktet bare markert med en vekslende mengde rustbrune, tildels litt porøse korn og klumper i omtrent samme nivå som utfellingssjiktet. Slike synlige forekomster av jernforbindelser finnes vesentlig langs sidene av det ovenfor nevnte sentrale belte med sammenhengende utfellingssjikt, og innen arealer på i alt 12—15 dekar.

I 15 profiler fantes bare ubetydelige synlige tegn til jernakkumulering. De aller fleste av disse borehull var plassert marginalt langs langsidene av det

Tab. 4. Kjemiske vannanalyser fra laboratorieforsøk. Mengder i mg/l.

*Water samples from laboratory experiments. Figures in mg/l.*

Vann fra <i>Water from</i>	pH	Humus C × 1.72	Fe (II)	Tot. Fe
Plogsjikt .....	6.0	73,9	0,23	0,38
<i>Plough layer</i>				
Plogsjikt + utfellingssjikt .....	5,6	28,3	0,05	0,05
<i>Plough layer + precipitation layer</i>				
Differanse .....	— 0,4	— 45,6	— 0,18	— 0,33
<i>Difference</i>				

undersøkte areal. Den totale utbredelse av jord med brunfarge i plogsjiktet ble høsten 1979 målt til ca. 70 dekar som

angitt på fig. 1. Boringer for registrering av utfellingssjiktets utbredelse nord for linje 5 er ikke foretatt.

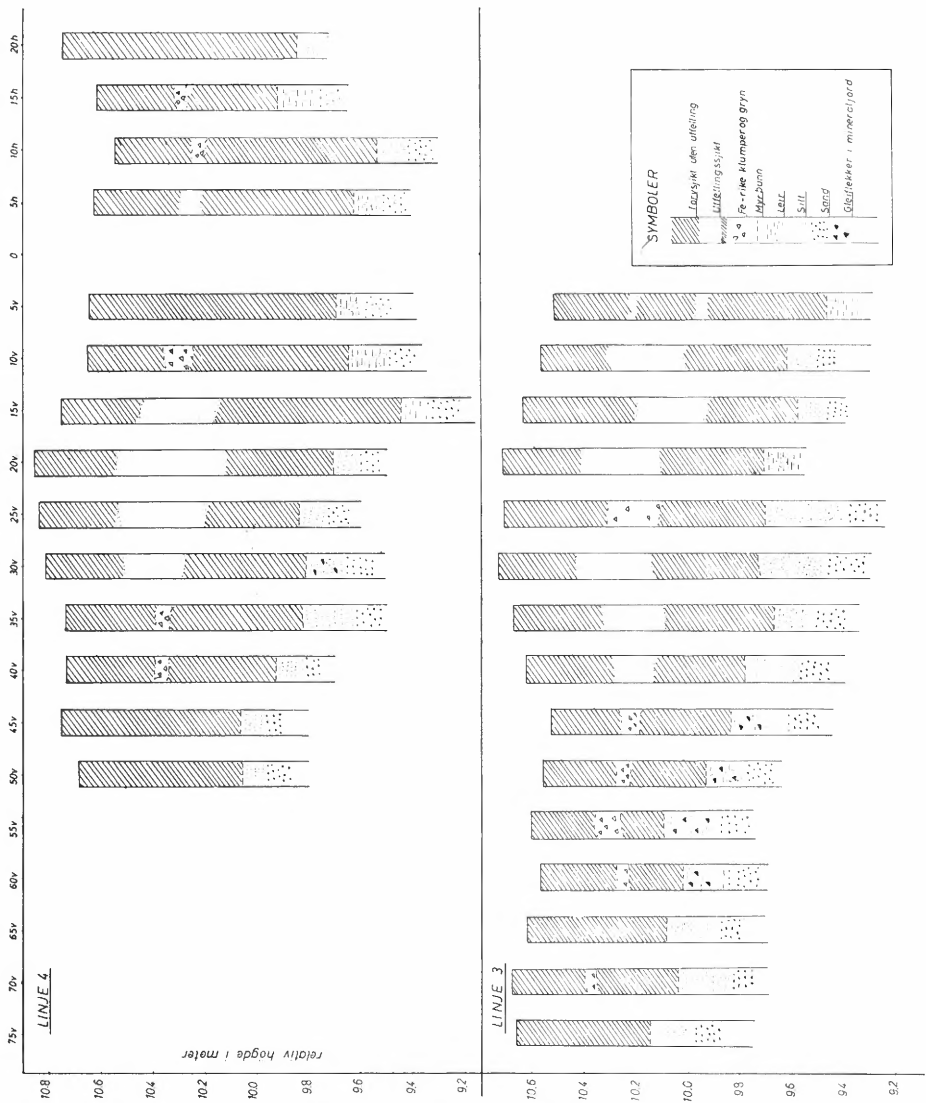


Fig. 2. Diagrammet viser de undersøgte jordprofilene for linje 3 og linje 4.

Diagram showing the soil profiles for line 3 and line 4.

En del av materialet fra boringer og av overflatenivellement er framstilt med stor høydemålestokk i fig. 2.

Eieren av Vivang har funnet utpregede utfellingssjikt *over grøfteledning*er som var lagt 22 og 12 år tidligere. De relevante transport- og utfellingsprosesser ble imitert ved et laboratorieforsøk (s. 112). Tallene i tabell 4 er middel for de utførte analyser av avrenningsvann fra plogsjiktet alene, fra dette + utfellingssjiktet og differansene mellom de to.

Tabell 5 viser noen resultater av grøftevannsanalyser fra delarealene A og B høsten 1976. Disse analyser tok sikte på et annet spørsmål (11), men kan være av interesse også i denne forbindelse. Vannprøvene ble tatt på 3 forskjellige tidspunkter ved liten vannføring i grøftene i september/oktober etter en meget tørr og varm sommer, og like ofte ved stor eller meget stor vannføring i oktober/desember.

Tab. 5. Grøftevann fra delarealene A og B i 1976. Tallene i mg/l.  
*Drainage water from the areas A and B 1976. Figures in mg/l.*

	pH	SO <sub>4</sub> -S	Ca	Mg	Areal/Area
Liten vannføring M <i>Low water flow</i>	5,9	1,1	12,7	3,2	
Variasjon ..... <i>Variation</i>	5,8— 6,0	0,6— 1,6	10,8—14,5	2,9— 3,3	
					A
Stor vannføring M <i>High water flow</i>	5,3	7,7	16,4	3,1	
Variasjon ..... <i>Variation</i>	4,9— 5,7	2,2—13	11,2—23,0	2,6— 3,4	
Liten vannføring M <i>Low water flow</i>	5,4	2,0	2,7	0,7	
Variasjon ..... <i>Variation</i>	5,3— 5,5	1,9— 2,2	2,1— 3,2	0,6— 0,8	
					B
Stor vannføring M <i>High water flow</i>	4,9	12,0	14,6	2,8	
Variasjon ..... <i>Variation</i>	4,1— 5,6	3,4—23,0	3,7—26,1	1,3— 4,4	

Vannet fra A-arealet inneholder minst sulfat, men mest Ca og Mg både ved liten og stor vannføring.

Havreplanter til kjemisk analyse ble tatt fra A og fra det tilgrensende areal 0 under modningen høsten 1979. Torvprofilen på 0 ser ut omtrent som på B, og havreplantene der har utviklet seg normalt uten å være sprøytet med molybdat. A var sprøytet tidlig i veksttiden. (B var også sprøytet og egnet seg

derfor ikke for jamføring.) Tallene i tabell 6 er middel for plantepøver tatt på 3 forskjellige tidspunkt fra 9. august til 9. september.

N-innholdet i både korn og halm fra A er meget stort. Enkelttallene bak middelverdiene for Mo varierer lite for A, betydelig for 0. Eieren av Vivang opplyser at dette kan skyldes avdrift av væske ved sprøytning i nærheten.

Tab. 6. Kjemiske planteanalyser. Tallene i % av tørrstoffet, Fe og Mo i mg pr. kg tørrstoff.

Grain and straw of oats. Figures in g/100 g dry matter, Fe and Mo in mg/1000 g dry matter.

		Aske	N	P	S	Ca	Mg	Fe	Mo
Korn									
Grain	A	2,0	2,65	0,33	0,15	0,068	0,099	68	0,34
»	O	1,6	1,77	0,34	0,13	0,075	0,091	52	0,22
Halm									
Straw	A	5,7	1,19	0,12	0,13	0,32	0,066	90	0,35
»	O	4,1	0,43	0,15	0,14	0,25	0,50	34	0,12

### Metoder.

Måling av pH er utført i suspensjon av 1 volumdel torv og 2 deler destillert vann. Kjeldahl-N er bestemt kolorimetrisk etter opplutning i H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Bestemmelse av Ca, Mg, Mn, Fe og Al er utført med atomabsorpsjonsspektrometri, av total-S turbidimetrisk etter oksydasjon av alle svovelforbindelser til sulfat, og av sulfat-S turbidimetrisk etter ekstraksjon med 0,1 N HCl. C-bestemmelse er gjort gravimetrisk etter forbrenning av prøven ved 800°C og absorpsjon av CO<sub>2</sub>.

Torvprøver til volumvektbestemmelse er så vidt mulig tatt med *Løddesøls* prøvetaker. I det hårde sjiktet under plogsjiktet er tørrstoffvekten pr. l bestemt i klumper med tilfeldig størrelse og form og beregnet etter formelen nedenfor på grunnlag av følgende vekt- og volumbestemmelser. Prøvene ble veid både uten (M<sub>1</sub>) og med (M<sub>2</sub>) et lag parafinvoks. Volumet med voks (V) ble funnet ved nedsenkning i vann, og volumet uten voks beregnet etter differansen M<sub>2</sub>—M<sub>1</sub> og parafinvoksets spec.v. (0,81). Y er g tørrstoff i 100 g aktuell prøve.

$$x \text{ g/l} = \frac{M_1 \cdot \frac{Y}{100}}{V - \frac{M_2 - M_1}{0,81}}$$

Til gjennomvaskingsforsøket i laboratoriet ble sylindriske torvsøyler uttatt ved hjelp av plastrør med ca. 14 cm diameter. Prøver fra plogsjiktet ble skåret ut ved å presse plastrøret ca. 25 cm ned. Der er også ville ha tilsvarende prøver fra det underliggende hårde sjiktet, ble overflaten av dette blottlagt på en litt større flate. En plastsylander ble langsomt og varsomt presset gjennom det hårde sjiktet, samtidig som materialet utenfor sylindere ble fjernet med kniv. Gjennomvaskingen ble utført både med torvsøyler bare fra plogsjiktet og med slike søyler plassert over tilsvarende fra det underliggende sjikt i samme plastsylander. Ved det sistnevnte arrangementet ble det tettet med flytende parafinvoks mellom den underliggende torvsøylen og rørveggen. Alle plastsyndrer ble nedentil påmontert en perforert plate med trakt. Gjennomvaskingen besto i å la 4—5 l destillert vann i porsjoner à ca. 0,5 l dryppe ned på torvsøylens topp i løpet av 5—6 timer daglig i et tidsrom på ca. 10 døgn.

Et aerobt inkubasjonsforsøk er utført etter *Bremners*-metode (3).

### DISKUSJON

Ved drøfting av materialet fra de utførte undersøkelser må en ha klart for seg de ulike forhold før og etter oppdyrkingen av myrarealet. Delarealet A

var i udyrket stand svært vått, og torvmassene lå delvis under vann. Ved oppdyrkingen ble de hydrologiske og dermed også de fysiske og biologiske forhold fundamentalt endret ved grøftingen, det kjemiske og biologiske miljø også ved kalking, gjødsling og jordarbeiding. Havreplantenes vegetative deler kom i stedet for myrvegetasjonen som utgangsmateriale for nydannelse av humus. De store halmavlinger er i alle år blitt kuttet og pløyd ned.

Det som nå særlig karakteriserer og særpreger A, er det ekstremt store Fe-innhold i torva innen en del av profilet og arealet. Jerninnholdet i hele torvmassen beregnet etter tallene for profil I svarer til 55 og for profil II til 71 tonn pr. dekar. I profil II er det tilsvarende tall for det ca. 10 cm tykke utfellingssjiktet alene 37 tonn pr. dekar.

Det ekstremt store Fe-innholdet i torvmassene innen en stor del av A-arealet ser ut til å være kommet fra et område i nordøstlig retning. Her finnes noen lokale forekomster av gabbroide bergarter og et stort areal med mektige løsavleiringer av overveiende sparagmitisk opprinnelse. Aeromagnetiske målinger utført av Geofysisk avdeling ved Norges geologiske undersøkelse indikerer at de nevnte bergartsforekomster er jernrike. De relevante løsmasser i NØ har synlig stort Fe-innhold. B hører til de store deler av det dyrkede areal på Vivang som sannsynligvis er mest preget av vann fra vestlig retning, der det er forholdsvis lite løsmateriale over fast fjell.

Tabellene 1 og 2 viser at det prosentvise Fe-innhold er mye mindre i de djupeste torvlag enn i de høyere både i profil A-77 og i profilene I og II - 78.

Dette skyldes for en stor del jordsvinn etter oppdyrkingen m.a.o. nedbryting av organisk materiale. Regnet på volumbasis (tab. 3) spiller også kompresjonen av torvmassene en vesentlig rolle. Ut-

trykt med relative middeltall for profilene I og II og med Fe i g/l i utfellingssjiktet satt = 100, blir innholdet 37 i plogsjiktet og 3—4 i torv djupere enn 35 cm under overflaten.

Spørsmålet melder seg om den store forskjellen mellom jerninnholdet i de høyere og de djupere torvlag også har andre årsaker enn jordsvinn og kompresjon etter oppdyrkingen. Som utgangspunkt for et overslag, kan vi forutsette at den nåværende totale jernmengden ned til ca. 35 cm under overflaten er middel for profilene I og II er den samme som i det korresponderende mye større torvvolum over dette nivå før oppdyrkingen. Eieren av Vivang anslår senkningen av jordoverflaten til i middel 4 cm årlig de første 20 år (5). Utfellingssjiktet ligger i omtrent samme nivå som grøftebunnen ved den første grøftingen. Vi setter nivåsenkningen til i alt 0,9 m ved profilene I og II fram til 1978. Hvis det nåværende Fe-kvantum i torva ned til ca. 35 cm hadde vært homogent fordelt i det antatte korresponderende torvvolum ned til ca. 1,25 (0,9 + 0,35) m før oppdyrkingen, ville Fe-innholdet da ha vært nesten 50 g/l. Det tilsvarende middeltall for torvmassen under den nevnte nivågrense er bare ca. 10 g/l. Da en mindre del av volumreduksjonen må antas å ha funnet sted i de djupeste torvlag, skulle det faktisk ha vært større forskjell på Fe-innholdet pr. l enn disse tallene viser.

Forutsetningen om homogen fordeling av samme jernmengde over et visst nivå før oppdyrkingen som nå, kan imidlertid ikke være holdbar. Tross dette og andre nødvendige forbehold, og de usikkerhetsmomenter og feilkilder overslaget ellers er beheftet med, kan det ikke være tvil om at Fe-innholdet var større i de yngre enn i de eldre torvlag også før oppdyrkingen. Om det da var en suksessiv stigning i Fe-innholdet oppover i et større profilavsnitt eller en markert overgang innen et mindre, er



et åpent spørsmål. Som årsaker til forskjellen, kan en tenke seg flere. Summarisk uttrykt kan forskjellen skyldes økende tilføring av Fe med vannet eller tiltakende akkumulering av andre årsaker.

Hva klimaforandringer kan ha betydning som årsaker til ulikt Fe-innhold i de forskjellige profilnivåer har vi ikke materiale til å gå nærmere inn på. Vi skal bare nevne at en torvprøve tatt ca. 5 cm over mineralunderlaget i et 70—75 cm tykt torvlag ble undersøkt ved Laboratoriet for radiologisk datering, Trondheim. Den ble ved hjelp av  $^{14}\text{C}$  aldersbestemt til 6150 år tilbake i tiden, dvs. tidlig i den andre halvdel av den atlantiske klimaperioden. Pollenanalytisk og radiologisk aldersbestemmelse av en torvprøve fra noe seinere tid skal vi komme tilbake til.

Det uvanlige store Fe-innholdet i de høyere torvlag på A-arealet må iallfall først og fremst ha lokale årsaker. Vi har festet oss ved en av flere tenkelige forklaringer. Gjennom det spesielt aktuelle arealet gikk opprinnelig en bekk, som utgjorde den øvre delen av den Rokbekken som renner mot sør. Terrenghellingen langs bekkeløpet er grovt regnet ca. 1 : 800. I humid klima begynte tidlig en akkumulering av planterester i det flate terrenget omkring bekken. Ved torvlagets vekst ble bekkeløpet gradvis innsnevret og med tiden lukket. Bekkevannet og eventuell annen tilrenning med stort Fe-innhold måtte i tiltakende grad bli infiltrert og oppdemmet i torvmassene. Men vannbevegelsen fortsatte langsomt i og delvis over torvmassene mot det lukte bekkefaret og ut i Rokbekken. Ved en slik utvikling ville vannet ventelig etterlate mer Fe i de høyere enn i de djupeste soligene torvlag, og mer nær det lukte bekkefaret enn i større avstand fra dette.

Den markante Fe-akkumulering i et sjikt eller en sone under plogsjiktet har andre årsaker. Et slikt sjikt er også

funnet over grøfteledninger som var lagt 22 og 12 år tidligere. Dette viser utfelling av Fe-forbindelser som er kommet ovenfra med den herskende nedgående vannbevegelsen i de høyere deler av profilet etter grøftingen. Disse prosesser er fortsatt i gang, og de er summarisk imitert med et laboratorieforsøk (tabell 4). Det kortvarige forsøket indikerer, som det var å vente, størst nedvasking av Fe(II) og størst absorpsjon av Fe(III) i utfellingssjiktet. Det utfelte materialet inneholder mer Fe i forhold til organisk stoff enn vannet fra plogsjiktet og fra dette + utfellingssjiktet.

Mortenson (6) har påpekt at det under visse terreng- og jordbunnsforhold kan akkumuleres store jernmengder i torv i løpet av en relativt kort årrekke. Spesielle undersøkelser over de transport- og utfellingsprosesser jern er gjenstand for i *humusjord*, har forfatterne funnet lite om i litteraturen. En må imidlertid kunne anta at de har likheter eller kanskje til en viss grad er identiske med noen av de prosesser som er med i spillet ved podsollering av mineraljord. Om dette støtter vi oss her til Scheffer og Schachtschabels framstilling om transport og akkumulering av Fe og Al (8), men ser bort fra det siste stoffet, fordi det bare opptrer i ubetydelige mengder (tabell 2).

Som viktige vannløselige, kompleksdannende organiske forbindelser nevner Scheffer og Schachtschabel fulvosyrer og andre lågmolekylære forbindelser. Mengdeforholdet mellom Fe og den organiske ligand (den organiske komponent av komplekset) har stor betydning for kompleksenes løselighet og stabilitet.

Stort Fe-innhold øker tilbøyeligheten til utfelling. Transport av de metallorganiske komplekser til miljø med høyere pH kan også øke tendensen til utfelling. Dette gjelder både direkte utfelling av kompleksene og utfelling etter hydrolyse og oksydasjon av Fe(II).

Også utfelling etter polymerisering av de organiske syrer foregår lettest i mindre surt miljø. Det kan tilføyes at også ioneabsorpsjon til det utfelte materialet hører med i bildet.

Reaksjonsmulighetene er altså mange. De oppfatninger en kan forsøke å danne seg om de relevante prosesser på grunnlag av foreliggende litteratur og eget materiale, kan bare bli hypotetiske.

Det gikk noen år etter oppdyrkingen før den brune torvfargen og det faste eller hårde sjiktet ble tydelig, det siste i betydelig større avstand fra plogsjiktet enn nå. I plogsjiktet måtte forholdene ligge til rette både for kompleksbinding av Fe til vannløselige organiske ligander og for oksydasjon av Fe(II) med påfølgende utfelling av Fe(III)-forbindelser. Utfellingsproduktene ble ventelig forholdsvis jevnt fordelt, fordi årlig jordarbeiding var til hinder for strengt lokal akkumulering. Fe(III)-forbindelsene ga gradvis torva en brun farge. Brunfargen er mest utpreget når jorda er forholdsvis tørr.

Vannløselige kompleksforbindelser av jern ble etter grøftingen transportert ned gjennom de øvre delene av torvprofilen. De fikk sannsynligvis større Fe-innhold ved transporten gjennom de jernrike torvmassene.

Hvordan utfellingen begynte i det sterkt sure miljøet blir nærmest gjenstand for bare gjetninger. At jernrike komplekser og jernrikt miljø har spilt en rolle, kan ikke være tvilsomt. En bør ellers ikke se bort fra muligheten for at visse organiske forbindelser kan danne komplekser som er ustabile ved låg pH.

*Bardalen* (1) gjør rede for radiologiske og pollenanalytiske undersøkelser av torv fra underkanten av utfellingssjiktet. Datering ved hjelp av  $^{14}\text{C}$  angir alderen av det organiske materialet til 3440 år før AD (1950), og pollenanalytisk aldersbestemmelse av torva indikerer ca. 3500 år. Begge dateringer går altså ut på at det organiske materialet i den djupere

delen av det nåværende utfellingssjiktet skrives seg fra siste halvdel av den sub-boreale klimaperioden. Det tørre og forholdsvis varme klimaet kan på forskjellig vis ha preget torva både kjemisk og fysisk og dermed også ha påvirket utviklingen av det utpregede utfellingssjiktet. Om bekkefarene ble lukket før eller etter denne klimaperioden er et åpent spørsmål.

Profilsnittene (fig. 2) viser at sjiktet eller sonen med sterk Fe-akkumulering er betydelig tykkere enn vanlig noen steder. Her må akkumuleringen ha begynt tidligere, foregått raskere eller begge deler.

Den overveiende nedgående vannbevegelsen og stofftransporten etter grøftingen resulterte også sammen med jordarbeidingen i lufttilgang i de høyere deler av torvprofilen. Både samtidig tilførte og tidligere akkumulerte Fe(II)-forbindelser ble gjenstand for oksydasjon. Utfellings- og oksydasjonsprosessen utviklet det faste eller hårde sjiktet med høyere pH under plogsjiktet. Prosessene har kanskje foregått med tiltakende hastighet, bl.a. som følge av økende Fe-innhold i torva. Det ville ikke være overraskende om det skulle vise seg at sjiktdannelsen også går rasket langs grøfteledningene. Her ligger ellers sjiktet like over grøfterørene, og i noen tilfeller på et lågere nivå enn vanlig.

Den synlige jernutfellingen i profilene opptrer på to forskjellige måter og etter et felles arealmønster. Sammenhengende utfellingssjikt må oppfattes som det lengst framskredne stadium i en utvikling som har foregått og fortsatt er i gang. Sjiktet kan være dannet direkte og relativt raskt ved en utpreget front. Men det kan også ha blitt til ved at separate utfellings-sentrer som klumper og korn har tiltatt i størrelse og antall og vokst sammen til sjikt. Naturligvis kan det også tenkes at utviklingen under visse forhold ikke går lenger enn

til å danne separate utfellingssentrer. Brun torvfarge i plogsjiktet vitner iallfall om jernakkumulering innen et betydelig større areal enn det undersøkte. Det ligger nær å anta at det lett synlige mønster er uttrykk for gradvis avtakende Fe-innhold i torva fra de sentrale til de perifere delene av området.

Åpenbart Fe-rike klumper og korn i det mineralske løsmateriale under torvlaget finnes flekkevis innen det undersøkte arealet. Disse jernutfellinger ligner det nærmest å oppfatte som gleidannelser.

Ved siden av det store jerninnholdet og tildels som følge av eller av samme årsak som dette, har torv i de øvre profilene også andre kjemiske egenskaper som avviker mer eller mindre fra det vanlige.

Prosenttallene for N i torvprøvene er naturligvis sterkt preget av det store askeinnholdet (tabellene 1, 2, 3). De tilsvarende prosenttall for N i humus (C x 1,72) i middel for profilene A-77, I og II-78 er for plogsjiktet 4,0, utfellingssjiktet 3,6 og djupere lag 3,9. Uttrykt ved kvotienten C : N blir tallene etter tur 14,7, 16,4 og 15,0. Et mindre N-innhold i det organiske materialet i utfellingssjiktet ble også merkbart ved deling av et ca. 10 cm tykt utfellingssjikt i 4 deler med horisontale snitt og separat analyse. C : N i de 4 delsjiktene nevnt i rekkefølge ovenfra i profilet var 18,5, 19,6, 19,4 og 18,5. Tallene er høyest i de to midtsjiktene, som må være minst påvirket av uskarpe grenser mot overliggende og underliggende torv. Tallene ovenfor tyder samstemmig på akkumulering av N-frie eller N-fattige organiske forbindelser i utfellingssjiktet.

Kvotienten C : S er i middel for de samme 3 torvprofilene 203 for plogsjiktet, 162 for utfellingssjiktet og 257 for djupere torvlag. Tallene må først og fremst være uttrykk for stor akkumulering av uorganiske svovelforbindelser i utfellingssjiktet, sannsynligvis særlig

ved absorpsjon av  $\text{SO}_4^{2-}$ . De ekstremt låge tall for innholdet av  $\text{SO}_4\text{—S}$  i utfellingssjiktet (tab. 2) må antas å skyldes at  $\text{SO}_4^{2-}$  er særlig sterkt bundet i det Fe-rike materialet og ikke kan frigjøres ved den ekstraksjonsmetoden som ble brukt (jfr. *Bergseth*, 2).

Fosfationene er, som en kunne vente, vesentlig absorbert i plogsjiktet (tabellene 1 og 2).

Molybdenmangelen for havre skyldes sannsynligvis sterk binding mellom  $\text{MoO}_4^{2-}$  og jern. Denne oppfatning er sterkt underbygd ved forsøk av bl.a. *Mulder* (7) og *Karlsson* (4) og er også understreket av *Sorteberg* (10). Den sterke Mo-mangelen opptrer her i torv som har høyere pH og større Ca-innhold i hele profilet enn i omgivelsene. A-arealet har også vært noe sterkere kalket. Alt dette kan se ut til å være i strid med hva en teoretisk helst kunne vente, og med hva mange forsøk har vist. Årsaken kan ganske enkelt være at det overordentlig store Fe-innholdet i torva har *dominerende* betydning. Mindre Mo-innhold i plantene fra 0 enn fra A kan kanskje tyde på at svakere Mo-mangel kan forekomme andre steder på Vivang, kanskje også at den har andre årsaker enn uvanlig Fe-rik torv.

Det mye større N-innholdet i både korn og halm fra A enn fra 0 (tabell 6) refererer seg også til en større plantemasse pr. arealenhet. Dette gir grunn til å anta at forskjellen i plantenes N-forsyning kan være større enn analysetalene alene tyder på.

Laboratorieforsøket med aerob inkubasjon av torvprøver bekrefter at mineraliseringen av N går mye raskere i torv fra A enn fra B. Innholdet av  $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$  var i mg/kg tørrstoff:

	A	B
Ved start	98	9
Etter 14 døgn	+ 202	+ 96

Årsaksforholdet bak den ulike N-husholdning i torv fra A og B er sikkert mangesidig. Forskjell i vannkvalitet (tab. 5) og ulik myrvegetasjon er eksempler på primære faktorer. Av direkte årsaksfaktorer, kan nevnes ulikt N-innhold i det organiske materiale, forskjell i pH og Ca-innhold etc.

Den raske mobilisering av uorganisk N i torv på A kan ha gjort sitt til den sterke Mo-mangel ved fysiologisk antagonisme mellom  $\text{NO}_3^-$  og  $\text{MoO}_4^{2-}$ , kanskje også ved produksjon av en større vegetativ plantemasse. Tross rask N-mobilisering i torva og sterk gjødsling i det hele tatt er kornavlingene på A blitt små, fordi havreplantenes behov for noen tidels mg Mo pr. kg plante-tørrstoff ikke ble dekket.

Noen direkte skadevirkning på kornplantene av det ekstremt store Fe-innholdet i torva er ikke påvist.

#### SAMMENDRAG

En mindre del av et stort dyrket myr-areal på eiendommen Vivang, Våler i Solør, har uvanlig jernrik torv. Her har havre hatt god vegetativ vekst, men meget dårlig kjerneutvikling (5,10). Det siste har vist seg å skyldes molybdenmangel, som særlig må antas å ha årsakssammenheng med det store jerninnholdet i torva.

I denne artikkelen er arealet med molybdenmangel kalt A og et tilgrensende areal uten synlige tegn til slik mangel B. Tabellene 1—3 viser kjemiske analyseresultater for torv fra 3 profiler på A og ett på B. Torv fra A har ekstremt stort Fe-innhold opp til 71 tonn/dekar i et ca. 0,75 m torvlag og 37 tonn i et ca. 0,1 m tykt sjikt under plogsjiktet. Det store Fe-innholdet må skrive seg fra forekomster av Fe-rike gabbroide bergarter og Fe-rike sandavsetninger i omgivelsene.

Fe-innholdet på A er mye større i de høyere enn i de djupeste torvlag. Dette skyldes for en stor del nedbrytning av

organisk materiale og kompresjon av torvmassene etter oppdyrkingen. Kal-kyler på grunnlag av de kjemiske analyser og forsiktig vurdering av torvmassenes volumreduksjon gir imidlertid neppe grunn til tvil om at Fe-innholdet var større i yngre enn i eldre soligene torvlag også før oppdyrkingen. Blant tenkelige årsaker til denne forskjellen er oppmerksomheten festet ved at de voksende torvmasser i sin tid lukket en bekk som gikk gjennom arealet. Dette måtte resultere i sterkere infiltrasjon og oppdemming av det Fe-rike vann og sannsynligvis føre til større akkumulering av Fe-forbindelser i de høyere torvlag.

I den sentrale delen av A-areale finnes det under plogsjiktet et Fe-rikt sjikt eller en sone med rustbrun farge og fast eller hård konsistens. Forekomst av et slikt sjikt over grøfteledninger som ble lagt for 22 og 12 år siden, tyder på at det i vesentlig grad er dannet ved utfelling av materiale som er tilført ovenfra. Prosessene kunne imiteres summarisk ved gjennomvasking av torvsøyler med destillert vann i laboratoriet (tab. 4).

Langs sidene av det sentrale delarealet på A er utfellingssjiktet bare markert med Fe-rike klumper og gryn i vekslende mengde. De marginale boringer innen det undersøkte arealet viser ingen eller ubetydelige tegn til jernutfelling i torvprofilen. Flekkevis forekomst av jernrike klumper og gryn i det mineralske løsmaterialet under torvmassene ligger det nærmest å oppfatte som gleidannelser. (Fig. 2.)

Det kjemiske årsaksforholdet som kan antas å ligge til grunn for transport- og akkumuleringsprossene i torvprofilen, er diskutert i korthet på grunnlag av det foreliggende materiale og litteratur om podsolleringsprossene i mineraljord. Transport av organiske forbindelser med kompleksbundet jern og påfølgende utfelling på forskjellig måte som

følge av endret kompleks sammensetning og ulikt kjemisk miljø i de forskjellige torvsjiktet må antas å ha en sentral plass i årsaksforholdet. Radiologiske og pollenanalytiske dateringer av torv fra underkanten av det nåværende utfellingssjiktet angir opprinnelsen til tidlig i den siste halvdel av den subboreale perioden (ca. 3500 år før nå). Det tørre og varme klima på den tiden kan ha særpreget det øvre torvsjiktet kjemisk og fysisk og derved også ha påvirket utviklingen av et utpreget Fe-rikt utfellingssjikt.

Havreplantenes kraftige *vegetative* utvikling, det store prosentiske N-innhold i både korn og halm i 1979 (tab. 6), og et enkelt laboratorieforsøk (s. 112), viser samstemmig at torva på A-arelet er en særlig god nitrogenkilde. *Kornavlingene* ble meget små på A tross rikelig næringsforsyning ellers, hvis havreplantene ikke også fikk dekket sitt behov for noen tidels mg Mo pr. kg plantestoff.

Direkte skadevirkning på plantene av det ekstremt store Fe-innhold i torva er ikke påvist.

Forfatterne takker fagkonsulentene A. Bardalen, T. Gilhuus og J. Stabbe-torp for utført feltarbeid, ansatte ved Kjemisk analyselaboratorium for utførte analyser og Noriko-fondets styre for økonomisk støtte.

#### SUMMARY

In a small part of the large cultivated peat area Vivang, Våler in Solør, the peat is very rich in iron. Oats grown in this particular area showed vigorous vegetative growth but hardly any grain formation. This abnormality was due to molybdenum deficiency, probably connected with a high Fe content in the peat (5,10).

In this paper, A denotes the area where oats has shown a severe Mo deficiency, and B an adjoining area

without visible deficiency symptoms. Tables 1—3 present the results of chemical analyses of peat samples from 3 profiles in the A and one in the B area. In profile II-78 the figures correspond to 710 tons Fe per hectare in the total 0.75 m peat deposit and 370 tons in the layer 0.25—0.35 m. Localities of gabbroid rocks and Fe-rich sand deposits in the surroundings are the main sources of the iron in the peat.

In the A area the Fe content is much higher in the upper than in the lower peat layers. This is to a great extent due to destruction of organic matter and compression of the peat by cultivating operations during the past 24—28 years. However, calculations based on analytical data and observations of the peat volume reduction, indicate that the Fe content was higher in the younger than in the older soligenous peat layers even before the cultivation of the area. Among plausible explanations of this difference, attention is drawn to a hypothesis based on the fact that the growing peat deposit gradually closed a brook passing through the area. This increased the infiltration of water in the peat layers and consequently probably also increased the accumulation of Fe.

Beneath the plough layer in the central part of A, the profile has a brown coloured layer with an extremely large Fe content and a firm or hard consistency. Occurrence of such layers over drain pipes which were laid 22 and 12 years earlier, indicates that these particular layers have been formed partly by precipitation of materials transported from above. The transport and precipitation processes were imitated in the laboratory by percolating distilled water through peat columns and analysing the run-off water (Tab. 4).

In the side areas adjoining the central part, Fe compounds are visible only as lumps and granules in various amounts. Similar Fe concretions in the mineral

materials underlying the peat are probably gley formations. The marginal profiles of the investigated area show negligible signs of iron accumulation.

A number of factors supposed to be involved in the transport and accumulation of Fe compounds in the peat profiles are briefly discussed on the basis of our material and literature dealing with podsolization of mineral soils. Fe is probably transported downwards in the higher parts of the profiles bound in metal-organic complexes. Precipitation in a lower layer is possibly due to increasing Fe content of the complexes and to chemical and physical soil conditions which promote precipitation.

The origin of peat samples from the bottom of the present precipitation layer was by means of  $^{14}\text{C}$  and pollen analysis dated back to early in the second half of the Subboreal period (1). The dry and warm climate at that time may have caused chemical and physical properties of the upper peat layer, which promoted Fe-accumulation.

The general vigorous vegetative growth of oats and the high N content in both straw and grain in 1979 (Tab. 6) prove that the organic matter from A is a very good N source for plants. Furthermore, an aerobic incubation experiment in the laboratory revealed more rapid N mineralization in peat from A than from B (p. 116).

Among the numerous factors which may contribute to the difference bet-

ween peat from the two areas, the water quality and the types of vegetation are of primary nature. Different N content in the organic matter, different pH and Ca content etc. are factors which may have a direct effect on the mineralization of nitrogen.

In spite of the good N supply from the peat in the A area and ample fertilizer rates, the grain yield of oats is negligible if the plants are not also supplied with a few tenth of a mg Mo per kg dry plant matter in addition to the amounts taken from the peat.

No directly injurious effect of Fe on the plants has been observed.

## LITTERATUR

1. *Bardalen, A.* 1980. To pollendiagrammer fra Glesmyra, Våler i Solør, Jord og Myr 5 s. 120—126.
2. *Bergseth, H.* 1978. Verteilung von Gesamt-Schwefel und Sulfationen verschiedener Bindungsstärke in norwegischen Waldböden, Acta Agric. Scand. 28 s. 313—322.
3. *Bæverfjord, R., I. Lyngstad, A. R. Selmer-Olsen og A. Øien.* 1973. Studies on soil nitrogen. Acta Agric. Scand. 23 s. 173—181.
4. *Karissom, N.* 1961. Om molybden i svensk vegetation och mark samt några därmed sammanhängande frågor. Stat. lantbr.kem.kontrollanst. Medd. 23.
5. *Lie, Ole.* 1980. Myrarealet Vivang, Våler i Solør. Jord og Myr 5 s. 99—105.
6. *Mortenson, M.* 1978. Myrimalms blestring. Jord og Myr 2 s. 19—25.
7. *Mulder, E. G.* 1950. Mineral nutrition of plants. Ann. Rev. Plant Phys. 1 s. 1—24.
8. *Scheffer, F. und P. Schachtschabel.* Lehrbuch der Bodenkunde 9. Aufl. Stuttgart 1976.
9. *Sorteberg, A.* 1954. Fortsatte forsøk med molybden. Forskn.forsøk i landbruket 5 s. 161—178.
10. *Sorteberg, A.* 1977. Molybdenmangel på havre. Jord og Myr 1 s. 19—27.
11. *Ødelien, M. og Selmer-Olsen, A. R.* 1977. Kjemiske analyser av avrenningsvann fra noen myrarealer høsten 1976. Jord og Myr 3 s. 45—49.