

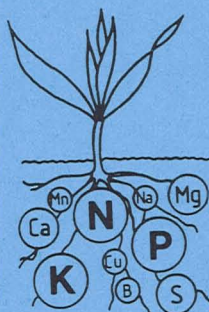


**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

Fältförsök med Øyeslagg

Field experiments with Øyeslag

Enok Haak och Gyula Simán



**Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära**

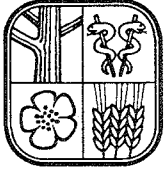
**Swedish University of Agricultural Sciences
Dept. of Soil Sciences
Division of Soil Fertility**

**Rapport 185
Report**

Uppsala 1992

ISSN 0348-3541

ISRN SLU-VNL-R-185-SE

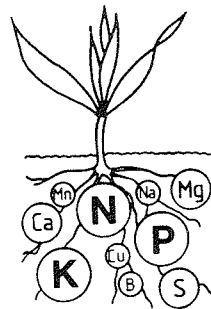


SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET

Fältförsök med Øyeslagg

Field experiments with Øyeslagg

Enok Haak och Gyula Simán



Institutionen för markvetenskap
Avd. för växtnäringslära

Swedish University of Agricultural Sciences
Dept. of Soil Sciences
Division of Soil Fertility

Rapport 185
Report

Uppsala 1992
ISSN 0348-3541
ISRN SLU-VNL-R-185-SE

FÄLTFÖRSÖK MED ØYESLAGG

SAMMANFATTNING

- o Under 1985-89 genomfördes en fältförsöksserie med Si-Mn-slagg från Øye Smelteverk, Norge, här benämnd Øyeslagg.
- o Øyeslaggen har en syraneutraliserande verkan motsvarande 26 kg CaO per 100 kg (ts-basis). Den innehåller stora mängder magnesium (7,8 %) och mangan (25,6 %).
- o Øyeslaggen prövades på sju försöksplatser. Tre olika stora engångsgivor av slagg jämfördes med engångsgiva av kalk, magnesiumsulfat, och mangansulfat, samt årlig manganbesprutning under tillväxtperioden.
- o Försöken omfattade 25 försöksår. Stråsäd odlades under 19 försöksår, raps, sockerbetor och potatis under vardera två år.
- o Øyeslaggen ökade skördeutbytet mycket kraftigt på en försöksplats Stenstugu, Gotland. Här gav de två högsta slaggivorna säkra merskördar under fyra, av de fem försöksåren. På de övriga försöksplatserna hade Øyeslaggen liten skördehöjande effekt.
- o På Stenstugu ökade Øyeslaggen skördeutbytet mer än kalkning och mer än marktillförsel av magnesium- och mangansulfat. Manganbesprutning av växande gröda var dock som regel överlägsen marktillförsel av mangansulfat.
- o Som regel ökade Øyeslaggen halten av Mn i växt och halten av Ca-AL-lösligt kalcium i jord. Den hade ringa eller mycket liten effekt på halten av Mg-AL i jord.
- o Øyeslaggens kalkverkan per enhet CaO är jämförbar med kalkstensmjölets under fältbetingelser. Mg-innehållet är svårtillgängligt.
- o På kalkrika jordar kan marktillförsel av Øyeslagg motverka manganbrist, vilket är av värde under tidiga utvecklingsstadier i känsliga grödor.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Inledning	7
Material och metoder	8
Redovisning av resultat	11
Resultat och diskussion	11
Skördeutbyte	11
Analys av skördeprodukter	16
Försöksvisa medeltal	16
Ledvisa jämförelser	19
Markanalyser	22
Appendix	24
Summary	25
Litteratur	26

INLEDNING

Som kalk- och gödselmedel användes över hela världen en betydande mängd olika slaggar. De fås som biprodukter vid framställning av stål, järn och andra metaller och består av i malmerna ingående biämnen samt rester av slaggbildande ämnen, kalk, kvarts, etc, som tillsätts under framställningsprocessen. Den aktuella slaggen, som prövats i denna undersökning, är en Si-Mn-slagg från Øye Smelteverk, Norge, och benämnes Øyeslagg. Den manganmalm, som bearbetas vid smältverket, hämtas i detta fall från Sydamerika, Afrika och Australien.

För att kunna utvärdera användning i jordbruket är det nödvändigt att ha kännedom om kemisk sammansättning. Den anges nedan för den aktuella slaggen.

Tabell 1. Øyeslaggens kemiska sammansättning
Table 1. Chemical composition of the Øyeslag

Si 29,3 %	Al 9,7 %	Ba 1,87 %	Pb 0,010 %
Mn 25,6 %	Fe 2,31 %	Ni 0,06 %	Cu 0,0057 %
Ca 20,9 %	K 1,61 %	Cr 0,021 %	Zn 0,0044 %
Mg 7,8 %	Na 0,71 %	Mo 0,016 %	Cd 0,0027 %

Som framgår av Tabell 1 består Øyeslaggen till ca hälften av ballastämnen, 29,3 % Si och 9,7 % Al. Mest intressanta komponenter är 25,5 % Mn, 20,9 % Ca och 7,8 % Mg. Kalkverkan, uttryckt som syraneutraliserande förmåga, motsvarar 26 kg CaO per 100 kg slagg enligt analys utförd av Statens Lantbrukskemiska Laboratorium (SLL).

Øyeslaggen innehåller små mängder av K, Mo, Cu och Zn, som är biogena ämnen och som därför kan vara värdefulla ur växtnäringssynpunkt. Den innehåller även små mängder av icke biogena tungmetaller som, Ni, Pb, Cr och Cd. Halterna av dessa ämnen är emellertid låga.

Øye Smelteverk A/S har funnit det angeläget att få slaggen prövad som kalk- och gödselmedel. Det uppdrogs därför åt avd. för växtnäringsslåra vid Sveriges Lantbruksuniversitet att genomföra detta. Ett 2-årigt kärlförsök med 3 jordar genomfördes i orienterande syfte av Simán (1984). I kärlförsöket visade sig både Mg och Mn i slaggen vara relativt lättillgängligt för växterna.

Den snabba mobiliseringen av mangan i Øyeslaggen kan eventuellt leda till överdosering och förorsaka giftiga Mn-koncentrationer i växter med skördenedsättning som följd. Därför är det viktigt att mängden tillfört slagg anpassas till grödornas manganbehov. Samtidigt är det viktigt att verkan av de övriga komponenterna, framförallt av kalk och magnesium, undersöks under fältförhållanden.

Syftet med denna fältförsöksserie (R3-1039) var således att utvärdera effekten av Øyeslaggen under praktiska fältbetingelser.

MATERIAL OCH METODER

Sammanlagt 7 försök ingick i serien. De lokaliserades till olika delar av östra, södra och västra Sverige. Fyra försök startades 1985 och tre 1986. Ett försök, Stenstugu, avslutades 1989 och ett 1987, övriga 1988. Således varierade försökens varaktighet.

Som framgår av tabell 2 var stråsåd den vanligaste grödan under de 25 försöksåren. Korn odlades under 10 försöksår, havre under fyra, vårvete och höstveten under två, råg under ett samt sockerbetor, potatis och raps under vardera två försöksår.

Tabell 2. Försöksplatser och grödor 1985-1989
 Table 2. Experimental sites and crops

Lokal Site	Län County	1985	1986	1987	1988	1989
<u>Östra Sverige/East Sweden/</u>						
Stenstugu	I	Korn	Korn ^a	Korn	Havre ^b	Korn
Kalmar	H		Korn	Potatis ^c	Vårrops ^d	
<u>Södra Sverige/South Sweden/</u>						
Vitaby	L	Socketb ^e	Korn	Höstraps ^f	Höstvete ^g	
Fjälkinge	L		Vårvete ^h	Korn		
Sjöbo	M	Socketb.	Vårvete	Potatis	Höstvete	
<u>Västra Sverige/West Sweden/</u>						
Vargön	S		Havre	Råg ⁱ	Korn	
Vara	R		Havre	Korn	Havre	

^{a)} Barley ^{b)} Oats ^{c)} Potatoes ^{d)} Summer rape

^{e)} Sugar beets ^{f)} Winter rape ^{g)} Winter wheat

^{h)} Summer wheat ⁱ⁾ Rye

I försöksplanen nedan ingick sammanlagt 8 försökled; ett kontrollerad, tre led med stigande givor av Øyeslagg, ett led med låg giva kalkstensmjöl, ett led med Mg-sulfat samt två led med Mn-sulfat, varav ett genom årlig besprutning av växande gröda och ett med Mn-sulfattillförsel vid försökets start. Försöken omfattade 2 samrutor i östra och södra Sverige samt 4 i västra Sverige. Försöksarealen grundgöddes varje år med kväve, fosfor och kalium enligt praxis på respektive gård.

Försöksplan: A Obehandlat
 B 2 ton/ha Øyeslagg vid anläggning
 C 4 ton/ha Øyeslagg vid anläggning
 D 8 ton/ha Øyeslagg vid anläggning
 E 2 ton/ha kalkstensmjöl vid anläggning
 F 800 kg/ha Mg-sulfat vid anläggning
 G 50 kg/ha Mn-sulfat vid anläggning
 H 5 kg/ha Mn-sulfat, årlig besprutning

En giva på 4 ton Øyeslagg i led C motsvarar ungefär CaO-innehållet i led E (1040 mot 960 kg CaO/ha) och likaså MgO-innehållet i led F (268 mot 228 kg MgO/ha).

I tabell 3 återges jordart, mullhalt och kemiska analyser av matjord och alv vid försökens start. Under försöksperioden uttogs ledvisa jordprov årligen för analys av pH-H₂O, P-AL, K-AL, Ca-AL och Mg-AL.

De två försöksplatserna i östra Sverige är ganska extrema. På Stenstugu är matjorden en lerig mulljord och alven en mycket styv lera, mullhalt 26 resp. 18 %. Båda skikten har högt pH-värde med en basmättnadsgrad på över 100 %. Fritt kalciumkarbonat torde föreligga. På den andra försöksplatsen, Kalmar, är matjorden en mullrik mellanlera och alven en sandig mulljord. I både matjord och alv är pH-värdet lågt.

Tabell 3. Jordanalysdata vid försökens anläggning
Table 3. Soil analysis at the start of the experiment

Plats Site	Skikt Layer	Jord Soil	Mullh. OM %		S-värde S-value ^a	T-värde CEC ^c	Basm. BS %																																																																													
				pH _{H₂O}																																																																																
Stenstugu	Matj ^b	1 M	26,0	7,4	284	184	>100																																																																													
	Alv ^c	MSL	17,7	7,8				Kalmar	Matj	ML	11,9	4,9	12,4	46,2	27	Alv	Sa Mo	21,3	3,9	3,9	33,7	12	Vitaby	Matj	1 Mo	2,3	6,3	6,3	9,7	65	Alv	1 Mo	1,8	6,5	Fjälkinge	Matj	Sv 1 Sa	4,3	8,0				Alv	Sa	2,5	7,9	Sjöbo	Matj	LL	3,2	6,8	7,6	13,9	55	Alv	LL	2,6	6,5	Vargön	Matj	1 Mo	6,7	6,3	13,5	20,4	66	Alv	Mo LL	3,0	6,4	9,5	13,9	68	Vara	Matj	1 Sa	5,4	6,2	8,4	15,3	55	Alv	1 Mo	1,5
Kalmar	Matj	ML	11,9	4,9	12,4	46,2	27																																																																													
	Alv	Sa Mo	21,3	3,9	3,9	33,7	12																																																																													
Vitaby	Matj	1 Mo	2,3	6,3	6,3	9,7	65																																																																													
	Alv	1 Mo	1,8	6,5				Fjälkinge	Matj	Sv 1 Sa	4,3	8,0				Alv	Sa	2,5	7,9	Sjöbo	Matj	LL	3,2	6,8	7,6	13,9	55	Alv	LL	2,6	6,5	Vargön	Matj	1 Mo	6,7	6,3	13,5	20,4	66	Alv	Mo LL	3,0	6,4	9,5	13,9	68	Vara	Matj	1 Sa	5,4	6,2	8,4	15,3	55	Alv	1 Mo	1,5	5,4	3,6	10,0	36																							
Fjälkinge	Matj	Sv 1 Sa	4,3	8,0																																																																																
	Alv	Sa	2,5	7,9				Sjöbo	Matj	LL	3,2	6,8	7,6	13,9	55	Alv	LL	2,6	6,5	Vargön	Matj	1 Mo	6,7	6,3	13,5	20,4	66	Alv	Mo LL	3,0	6,4	9,5	13,9	68	Vara	Matj	1 Sa	5,4	6,2	8,4	15,3	55	Alv	1 Mo	1,5	5,4	3,6	10,0	36																																			
Sjöbo	Matj	LL	3,2	6,8	7,6	13,9	55																																																																													
	Alv	LL	2,6	6,5				Vargön	Matj	1 Mo	6,7	6,3	13,5	20,4	66	Alv	Mo LL	3,0	6,4	9,5	13,9	68	Vara	Matj	1 Sa	5,4	6,2	8,4	15,3	55	Alv	1 Mo	1,5	5,4	3,6	10,0	36																																															
Vargön	Matj	1 Mo	6,7	6,3	13,5	20,4	66																																																																													
	Alv	Mo LL	3,0	6,4	9,5	13,9	68																																																																													
Vara	Matj	1 Sa	5,4	6,2	8,4	15,3	55																																																																													
	Alv	1 Mo	1,5	5,4				3,6	10,0	36																																																																										

^a meq per 100 g soil ^b Topsoil ^c Subsoil

De tre försöksplatserna i södra Sverige är mineraljordar, normala för sina områden. I Vitaby och Fjälkinge är jordarna lätta, lerig mo respektive svagt lerig sand i matjorden och lerig mo respektive sand i alven. I Sjöbo är såväl matjord som alv moränlättlera. I Fjälkinge är pH-värdet högt och liksom på Stenstugu torde fritt kalciumkarbonat föreligga.

De två försöksplatserna i västra Sverige är likaså mineraljordar. Matjorden är lerig sand såväl på Vargön som i Vara. I alven är texturen något finare på båda platserna. I Vara är alven sur, pH 5,4.

Redovisning av resultat

Resultaten redovisas i tabeller. Först ges en översikt av genomsnittligt relativt skördeutbyte per försök, där skörden i kontrolledet A satts till 100. Sedan redovisas det relativa skördeutbytet årsvis på var och en av de sju försöksplatserna.

Därefter redovisas resultaten av växtanalyser för samtliga grödor och år, genomsnittligt för försök och för vissa led. Sist redovisas resultaten av kemiska markanalyser från provtagnigar under försöksperioden, som genomsnitt per försök och för vissa försöksled.

RESULTAT OCH DISKUSSION

Skördeutbyte

I tabell 4 jämförs behandlingseffekterna på varje enskild försöksplats samt totalt för samtliga 25 försöksår. I led A har nivellerad grundskörd beräknats på basis av torrsubstansskördar och grödkonstanter (Hahlin & Johansson, 1977, enligt Helmenius et al 1957). Som framgår var den genomsnittliga grundskörden lägst på Stenstugu och högst i Sjöbo.

Enligt utförd variansanalys på hela materialet gav øyetslaggen säkra skördeökningar vid de två högsta givorna, led C och D jämfört med led A. Tillförsel av Mn i led G och H ökade även skördeutbytet. Effekterna av de olika behandlingarna varierade emellertid från försök till försök. I huvudsak är säkra skillnader som synes lokaliserade till försöket på Stenstugu.

Tabell 4. Genomsnittliga relativskördar per försök
 Table 4. Mean relative yields for experiments

Led	Östra Sverige		Södra Sverige			Västra Sverige		Samtliga försök
	<i>East Sweden</i>	<i>Sweden</i>	<i>South Sweden</i>	<i>Sweden</i>	<i>West Sweden</i>	<i>Sweden</i>		
	Stenstugu	Kalmar	Vita-by	Fjälkinge	Sjöbo	Vargön	Vara	
Ant. år (n)	5	3	4	3	4	3	3	25
A ^a	1770	4480	4425	3020	7700	3920	3980	4180
B	143	89	98	94	103	104	99	104
C	190	91	100	106	99	105	99	113
D	204	93	101	92	101	106	104	114
E	109	93	101	107	100	105	98	102
F	113	106	104	100	99	106	101	104
G	148	104	98	92	102	105	96	106
H	258	93	102	87	100	102	92	105
LSD	27	12	7	13	4	16	6	6

^{a)} Skördeenheter per ha/*Crop units per ha*

Avkastningen av olika skördeprodukter återges årsvis från östra, södra och västra Sverige i tabellerna 5, 6 och 7, som grundskördar i led A och som relativtal i övriga försöksled.

På Stenstugu (tabell 5) var effekterna av Øyeslagg som störst och säkrast under år med låg grundskörd, dvs under 1987-89. Relativt stora effekter erhöles även under 1986, men osäkra på grund av stort försöksfel. Den skördehöjande effekten torde till stor del bero på slaggens innehåll av Mn. Den relativa skördeökningen var således som regel lika stor eller större vid slaggtillförsel i led B, C och D än vid marktillförsel i led G. Som framgår var emellertid manganbesprutning i led H, som regel effektivare.

I Kalmarförsöket hade de olika behandlingarna som regel inga signifikanta effekter. En viss trend till negativ effekt av Øyeslagg förelåg i vissa fall och särskilt

under första försöksåret 1986. Anledningen till denna negativa effekt är okänd.

Tabell 5. Årsvisa relativskördar i östra Sverige
Table 5. Annual relative yields in East Sweden

	<u>Stenstugu</u>					<u>Kalmar</u>		
	1985	1986	1987	1988	1989	1986	1987	1988
Led	Korn	Korn	Korn	Havre	Korn	Korn	Pota-	Vår-
Treat-	Bar-	Bar-	Bar-	Oats	Bar-	Bar-	tis	raps
ment	ley	ley	ley		ley	ley	Pota-	Summer
							toes	rape
A ^a	4240	1450	730	600	2110	2630	31,5	2880
B	93	71	178	247	125	72	102	93
C	106	183	199	320	141	82	103	89
D	101	202	215	359	143	81	97	100
E	87	81	115	155	108	78	102	99
F	86	74	128	174	105	98	107	113
G	98	80	180	247	134	104	105	102
H	84	115	418	480	193	80	98	100
LSD	11	79	50	67	18	24	6	10

^{a)} Kärnskörd, kg/ha/*Grain yield, kg/ha*
Knölskörd, ton/ha/*Tuber yield, ton/ha*

Behandlingseffekterna var som regel små och inte signifikanta varken i södra Sverige, tabell 6, eller i västra Sverige, tabell 7. Skördenivån varierade, som framgår av angivna hektarskördar i kontrolletet A.

Tabell 6. Årsvisa relativskördar i södra Sverige.
Table 6. Annual relative yields in South Sweden.

Led	Vitaby				Fjälninge			Sjöbo			
	1985 Soc- kerb	1986 Korn	1987 Hav- re	1988 Korn	1985 Korn	1986 Vår- vete	1987 Korn	1985 Soc- kerb	1986 Vår- vete	1987 Pota tis	1988 Höst- vete
A*	49,2	6260	3120	8990	3650	3400	2150	52,8	6280	38,8	4590
B	97	98	98	99	91	89	101	101	107	102	103
C	96	109	97	99	103	102	113	96	103	96	100
D	93	102	104	103	90	94	92	100	105	98	100
E	100	95	106	103	107	100	113	97	104	98	102
F	98	104	110	103	103	92	105	99	106	94	97
G	92	106	97	97	89	91	96	104	104	101	99
H	99	106	101	100	89	83	90	97	103	97	100
LSD	9	17	21	8	17	20	28	7	7	5	10

^{a)} Kärnskörd, kg/ha/Grain yield, kg/ha
Rot- och knölskörd, ton/ha/Root and tuber yield, ton/ha

Tabell 7. Årsvisa relativskördar i västra Sverige.
Table 7. Annual relative yields in West Sweden.

Led	Vargön			Vara		
	1986 Treat- ment Oats	1987 Havre Råg Rye	1988 Korn Barley	1986 Havre Oats	1987 Korn Barley	1988 Havre Oats
A*	3980	3930	2790	4860	4280	4260
B	105	105	103	99	99	99
C	113	100	102	98	106	94
D	113	101	103	108	106	97
E	103	101	111	100	101	94
F	115	100	104	103	100	99
G	108	103	105	93	104	90
H	95	100	112	80	103	93
LSD	14	6	20	12	12	11

^{a)} Kärnskörd, kg/ha/Grain yield, kg/ha

I tabell 8 återges försöksvisa effekter på skördeutbytet av Øyeslagg (BCD), kalk (E), magnesiumsulfat (F) och mangan-sulfat (G). Tabellen är ett utdrag från tabell 4 med beräk-nade skillnader och LSD-värden för jämförelse mellan Øye-slagg och övriga försöksled.

Tabell 8. Effekter av Øyeslagg på relativskördar.
Table 8. Effects of Øyeslagg on relative yields.

Led <i>Treat- ment</i>	Östra Sv. <i>East Sweden</i>		Södra Sverige <i>South Sweden</i>			Västra Sv. <i>WestSweden</i>		Samt- liga för- sök
	Sten- stugu	Kal- mar	Vita- by	Fjäl- kinge	Sjö- bo	Varg- ön	Vara	
Medeltal för led/ <i>Means for treatments/</i>								
A	100	100	100	100	100	100	100	100
BCD	179	91	100	97	101	105	101	110
E	109	93	101	107	100	105	98	102
F	113	106	104	100	99	106	101	104
G	148	104	98	92	102	105	96	106
Skillnader mellan led/ <i>Differences between treatments/</i>								
BCD-A	79	-9	0	-3	1	5	1	10
BCD-E	70	-2	-1	-10	0	0	2	8
BCD-F	66	-17	-4	0	2	-1	-1	6
BCD-G	31	-13	2	8	-2	0	4	4
LSD	22	10	6	11	3	13	5	5
Antal år <i>Year (n)</i>	5	3	4	3	4	3	3	25

Som framgår av denna jämförelse var den relativa effekten av Øyeslagg på Stenstugu klart signifikant, såväl jämförd med kontrolledet A som jämförd med kalkning i led E, mag-nesiumgödsling i led F och mangangödsling i led G.

Medelgivan av Øyeslagg var 4667 kg/ha i leden BCD, vilket motsvarar ett innehåll av 1213 kg CaO, 160 kg Mg och 741 kg Mn per hektar, att jämföra med marktillförsel av 960 kg CaO i led E, 78 kg Mg i led F och 16 kg Mn i led G.

Effekten på skördeutbytet på Stenstugu är en summaeffekt av slaggens alla komponenter. De högre givorna av Mg och Mn i led BCD än i respektive led F och G tyder på en kombinerad Mg- och Mn-effekt. Det bör emellertid än en gång påpekas att Mn-besprutning av växande gröda i led H, och särskilt under år med låg grundskörd i led A, gav ett högre skördeutbyte än marktillförsel av Mn, såväl av mangansulfat i led G som av Øyeslagg i leden B, C och D (Tabell 4).

På övriga platser påverkades, som tidigare påpekats, skördeutbytet i mycket liten utsträckning. Negativa signifikanta effekter av Øyeslagg noterades vid jämförelse med Mg- och Mn- tillförsel i Kalmarförsöket, BCD-F respektive BCD-G, och en tendens till en sådan vid jämförelse med kalkning i Fjälkingeförsöket, BCD-E.

Analys av skördeprodukter

Försöksvisa medeltal

I tabell 9-11 återges försöksvisa medeltal av observerade näringskoncentrationer i aktuella skördeprodukter för enskilda år och grödor på de sju försöksplatserna i respektive östra, södra och västra Sverige. För jämförelse av dessa med normala koncentrationer i svenska skördeprodukter har ett utdrag gjorts från Svanberg (1971), vilket presenteras i ett särskilt Appendix (tabell 19). Värdena i detta Appendix har därvid omräknats till att gälla per torrsubbansbasis. I enlighet härmed presenteras de som genomsnittshalter för N, P, K, Ca och Mg samt variationsområden för Mn.

Vad gäller de fem makroelementen (N, P, K, Ca och Mg) är överrensstämelsen mellan observerade värden i denna undersökning och Svanbergs värden i tabell 19 som regel god, dock med vissa undantag. På Stenstugu är kvävehalten i kärna och särskilt i halm av korn och havre avsevärt förhöjda under år med låg avkastning, 1986-89 (Tabell 9). Samma är förhållandet för korn på Vargön under 1988 (Tabell 11). Överoptimal kvävegiva i förhållande till erhållen skörd torde vara främsta anledningen till dessa avvikelser.

Vad gäller mikronäringsämnet Mn är observerade halter (ppm) på Stenstugu extremt låga, som genomsnitt i kärna och halm av korn 3,4 respektive 5,4 ppm och av havre 7,5 respektive 5,5 ppm att jämföra med motsvarande variationsområden i

tabell 19, 12-36 respektive 18-36 ppm för korn (vårvete, höstvete, råg) och 12-60 respektive 18-60 ppm för havre. Relativt låga Mn-halter, ppm, konstateras även i några andra fall; kornkärna 8,0 i Fjälkinge under 1988 och 9,1 i Vara under 1987, kornhalm 9,3 i Fjälkinge under 1988, 9,1 på Vargön under 1988 och 6,1 i Vara under 1987, vårvetehalm 6,4 i Fjälkinge under 1987.

Tabell 9. Halt av näringsämnen i skördeprodukterna. Medeltal för östra Sverige

Table 9. Nutrient contents in yield products. Means in East Sweden

Gröda Crop	Pro- ^a dukt	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Mn ppm
<u>Stenstugu</u>							
Korn ^b 1985	Kärna ^f	2,09	0,42	0,63	0,06	0,11	3,7
	Halm ^g	0,79	0,13	1,46	0,45	0,05	6,1
Korn 1986	Kärna	2,36	0,46	0,57	0,07	0,12	2,8
	Halm	1,52	0,09	1,61	0,47	0,07	4,8
Korn 1987	Kärna	2,27	0,42	0,64	0,08	0,13	2,4
	Halm	1,41	0,15	1,46	0,67	0,09	5,6
Havre ^c 1988	Kärna	2,37	0,53	0,66	0,15	0,17	7,5
	Halm	1,86	0,20	3,30	0,57	0,11	5,5
Korn 1989	Kärna	2,69	0,39	0,57	0,06	0,14	4,7
	Halm	1,67	0,14	2,24	0,63	0,12	5,0
<u>Kalmar</u>							
Korn 1986	Kärna	2,23	0,46	0,54	0,04	0,14	24
	Halm	0,92	0,09	1,53	0,18	0,04	71
Potatis ^d 1987	Knölar ^h	1,48	0,28	2,33	0,04	0,12	6,0
Vårraps ^e 1988	Frö ⁱ	3,80	0,93	1,27	0,59	0,36	65
	Halm	0,88	0,14	1,85	1,10	0,08	69

^{a)} Yield product ^{b)} Barley ^{c)} Oats ^{d)} Potatoes

^{e)} Summer rape ^{f)} Cereal grain ^{g)} Straw ^{h)} Tuber

ⁱ⁾ Oil seed

Tabell 10. Halt av näringsämnen i skördeprodukterna. Medeltal för södra Sverige

Table 10. Nutrient contents in plant. Means for yield products. Means in South Sweden

Gröda Crop	Pro- ^a dukt	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Mn ppm
<u>Vitaby</u>							
Sockerb ^b 1985	Rotsk ^h	0,80	0,18	0,79	0,19	0,11	33
Korn ^c 1986	Kärna ⁱ	2,23	0,46	0,54	0,04	0,14	24
	Halm ^j	0,92	0,09	1,53	0,18	0,04	71
Höstraps ^d 1987	Frö ^k	3,42	0,79	1,00	0,49	0,29	41
	Halm	0,89	0,16	1,13	1,42	0,08	11
Höstvete ^e 1988	Kärna	1,97	0,37	0,43	0,05	0,13	34
	Halm	0,69	0,09	1,81	0,40	0,09	22
<u>Fjälkinge</u>							
Korn 1985	Kärna	1,67	0,40	0,57	0,06	0,10	10
	Halm	0,82	0,13	1,26	0,42	0,06	13
Vårvete ^f 1987	Kärna	1,94	0,38	0,53	0,05	0,12	16
	Halm	0,62	0,08	0,96	0,31	0,07	6,4
Korn 1988	Kärna	1,92	0,44	0,67	0,05	0,11	8,0
	Halm	1,03	0,15	1,82	0,61	0,10	9,3
<u>Sjöbo</u>							
Sockerb. 1985	Rotsk.	0,68	0,15	0,80	0,16	0,10	37
Vårvete 1986	Kärna	2,06	0,36	0,49	0,04	0,11	29
	Halm	0,51	0,37	0,67	0,31	0,08	13
Potatis ^g 1987	Knölar ^l	1,20	0,29	2,17	0,05	0,10	5,7
Vårvete 1988	Kärna	1,69	0,39	0,60	0,04	0,12	28
	Halm	1,00	0,21	0,54	0,23	0,08	26

^{a)} Yield product ^{b)} Sugar beets ^{c)} Barley

^{d)} Winter rape ^{e)} Winter wheat ^{f)} Summer wheat

^{g)} Potatoes ^{h)} Roots ⁱ⁾ Cereal grain ^{j)} Straw

^{k)} Oil seed ^{l)} Tubers

Tabell 11. Halt av näringsämnen i skördeprodukterna från västra Sverige

Table 11. Nutrient contents in yield products in West Sweden

Gröda Crop	Pro- ^a dukt	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Mn ppm
<u>Vargön</u>							
Havre ^b 1986	Kärna ^e Halm ^f	1,90 0,41	0,42 0,14	0,44 1,30	0,10 0,46	0,13 0,06	31 16
Råg ^c 1987	Kärna Halm	1,36 0,54	0,36 0,10	0,51 0,77	0,04 0,22	0,10 0,04	16 10
Korn ^d 1988	Kärna Halm	2,21 1,56	0,45 0,36	0,54 0,52	0,07 0,04	0,16 0,12	14 9,1
<u>Vara</u>							
Havre 1986	Kärna Halm	1,95 0,58	0,40 0,04	0,44 2,04	0,08 0,41	0,14 0,12	39 22
Korn 1987	Kärna Halm	1,56 0,59	0,36 0,05	0,52 0,96	0,04 0,25	0,12 0,04	9,1 6,1
Havre 1988	Kärna Halm	2,10 1,14	0,46 0,19	0,56 1,41	0,09 0,59	0,17 0,15	41 23

^{a)} Yield product ^{b)} Oats ^{c)} Rye ^{d)} Barley
^{e)} Cereal grain ^{f)} Straw

Ledvisa jämförelser

Av särskilt intresse i detta sammanhang var givetvis att undersöka om mangantillförseln med Øyeslagg höjde halten av mangan i skördeprodukterna samt att jämföra med de försöksled som erhållit mangan på annat sätt eller ej tillförts mangan överhuvudtaget. Detta belyses i tabell 12-16 där marktillförsel av Øyeslagg i leden BCD samt mangansulfat i led G och manganbesprutning i led H jämförs med leden AEF, som inte tillförts Mn.

Som framgår av tabellerna 12-14 och som sammanfattats i tabell 15, har Øyeslagg som regel ökat Mn-halten i stråsäd

och oljevaxter mer än marktillförsel av mangansulfat i led G. Manganbesprutning i växande gröda i led H har jämfört med led G ökat Mn-halten betydligt i Kalmar och på Vargön. Mn-halten har knappast påverkats i potatis och sockerbetor enligt tabell 16. Jämfört med Appendix är Mn-halten hög i sockerbetor i denna undersökning.

Tabell 12. Halt av Mn i skördeprodukter, ppm, i östra Sverige.

Table 12. Mn-contents in yield products in East Sweden

Led Treat- ments	Stenstuqu				Kalmar			
	Korn		Havre		Korn		Vårraps	
	K ^a	H ^b	K	H	K	H	F ^c	H
AEF	2,9	5,1	6,7	5,3	21	60	63	66
BCD	4,0	5,9	8,0	5,8	28	67	67	83
G	3,5	5,2	8,0	5,2	23	65	64	58
H	2,9	5,2	8,0	5,2	24	119	66	48

^{a)} Cereal grain ^{b)} Straw ^{c)} Oil seed

Tabell 13. Mn-halt i skördeprodukter, ppm, i södra Sverige

Table 13. Mn-contents in yield products in South Sweden

Led Treat- ment	Vitaby						Fjälkinge				Sjöbo			
	Korn ^a		Hvete ^b		Hraps ^c		Korn ^d		Vvete ^e		Korn ^f		Havre ^g	
	K	H	K	H	F	H	K	H	K	H	K	H	K	H
AEF	14	11	34	22	40	10	9	10	15	7	27	12	26	24
BCD	14	13	35	24	41	12	9	11	16	6	29	13	29	29
G	12	7	35	20	40	14	9	12	18	6	29	12	27	31
H	13	12	32	19	41	9	9	12	18	7	30	14	30	20

^{a)} Barley ^{b)} Winter wheat ^{c)} Winter rape

^{d)} Summer wheat ^{e)} Oats ^{f)} Cereal grain ^{g)} Straw

Tabell 14. Mn-halt i skördeprodukter, ppm, i västra Sverige
 Table 14. Mn-content in yield products in West Sweden

Led Treat- ments	Vargön						Vara			
	Korn		Havre		Råg		Korn		Havre	
	<u>Barley</u>		<u>Oats</u>		<u>Rye</u>		<u>Barley</u>		<u>Oats</u>	
	K	H	K	H	K	H	K	H	K	H
AEF	13	16	29	12	16	10	9	4	38	14
BCD	15	19	28	10	18	9	9	9	44	30
G	13	17	30	10	12	8	11	6	40	22
H	13	17	43	49	16	11	9	5	37	24

^{a)} Grain ^{b)} Straw

Tabell 15. Effekter av tillfört mangan på Mn-halten i skörde-
 produkter. Medeltal för tabellerna 12-14
 Table 15. Effects of manganese supply on Mn content in yield
 products. Means of table 12-14

Led Treat- ment	Östra Sverige		Södra Sverige			Västra Sverige		Medel- tal
	<u>East Sweden</u>		<u>South Sweden</u>			<u>West Sweden</u>		
	Sten- stugu	Kal- mar	Vita- by	Fjäl- kinge	Sjö- bo	Varg- ön	Vara	
AEF	100	100	100	100	100	100	100	100
BCD	120	119	109	101	112	103	164	118
G	110	108	97	106	110	91	134	108
H	105	148	96	110	106	162	123	121

Tabell 16. Mn-halt i potatis och sockerbetor, ppm
 Table 16. Mn-contents in potatoes and sugar beets

Led Treat- ment	Potatis <u>Potatoes</u>		Sockerbetor <u>Sugar beets</u>	
	Kalmar	Sjöbo	Vitaby	Sjöbo
AEF	5,6	6,0	33	34
BCD	6,5	5,6	35	38
G	6,3	5,4	35	38
H	5,4	5,7	32	37

Markanalyser

Under försöksperioden provtogs matjordsskiktet på hösten varje år och i varje försöksled. Materialet analyserades på AL-lösligt Ca och Mg för att kunna bedöma eventuella effekter av Øyeslagg relativt tillförsel av kalkstensmjöl och magnesiumsulfat. Tabell 18 har därför sammanställts, där led som erhållit kalk respektive magnesium utgör referensled.

Någon tidstrend kunde inte spåras i dessa analyser, vilket kan bero på den begränsade försöksperioden, 3-5 år. De medeltal som återges i tabell 17, utgör därför enbart en karakterisering av försöksplatserna. Som framgår var pH-värdet högt på Stenstugu och lågt i Kalmar samt högre på lokalerna i östra än i västra Sverige. Som påpekats tidigare torde fritt kalcium föreligga på Stenstugu och i Fjälkinge.

Jämfört med okalkade led, AFGH, har tillförsel av i genomsnitt 1213 kg/ha CaO i Øyeslagg haft en större effekt än tillförsel av 960 kg/ha CaO i kalkstensmjöl i led E. Negativa effekter, på Ca-AL av Øyeslagg i Kalmar och av kalkstensmjöl i Kalmar, Fjälkinge och Stenstugu, måste bero på provtagnings- och/eller analysfel.

Jämfört, med de försöksled som inte fått marktillförsel av magnesium, AEGH, har en tillförsel av i genomsnitt 160 kg/ha Mg i Øyeslagg haft en lägre effekt på Mg-AL än 78 kg/ha Mg i led F. Mg-innehållet i Øyeslaggen får därför bedömas som relativt svårtillgängligt för växtupptag.

Tabell 17. Behandlingseffekter på i matjorden Ca-AL och Mg-AL

Table 17. Treatment effects on contents of Ca-AL and Mg-AL in the top soil

Led Treat- ment	Sten- stugu	Kal- mar	Vita- by	Fjäl- kinge	Sjö- bo	Varg- ön	Vara
	<u>Ca-AL, mg per 100 g jord</u>						
AFGH	11 100	318	137	1 810	159	208	158
BCD	11 200	243	217	1 850	168	243	156
E	10 500	188	141	1 410	166	234	168
	<u>Mg-AL, mg per 100 g jord</u>						
AEGH	74	16,7	3,7	5,0	3,4	6,1	9,2
BCD	81	16,0	3,7	5,2	3,8	5,8	9,4
F	84	23,7	4,9	6,5	4,0	5,7	10,7

APPENDIX

Nedan återges ett utdrag från en sammanställning av Svanberg (1971) angående normalhalter av näringsämnen i svenska skördeprodukter. Värdena har omräknats till torrsubstansbasis för de ämnen, som analyserats i denna undersökning. För N, P, K, Ca och Mg anges genomsnittliga normalhalter, för Mn normala variationsområden. Av Svanberg angivna normalvärden för vete har antagits gälla för höstvetete. För vårvete har kvävehalten i kärna höjts med 10 % jämfört med höstvetete.

Tabell 18. Normalhalter i svenska skördeprodukter av vissa näringsämnen, per torrsubstansbasis.
Table 18. Expected contents in Swedish yield products of certain elements, on dry matter basis.

Växt- slag	Skörde- produkt	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Mn ppm
Korn,	kärna	1,90	0,39	0,48	0,06	0,14	12- 36
	halm	0,71	0,10	0,95	0,41	0,07	18- 36
Havre,	kärna	2,02	0,38	0,48	0,10	0,14	18- 36
	halm	0,71	0,10	0,95	0,42	0,08	18- 60
V-vete,	kärna	2,35	0,42	0,48	0,06	0,14	12- 36
	halm	0,60	0,10	0,71	0,36	0,07	18- 36
H-vete,	kärna	2,14	0,42	0,48	0,06	0,14	12- 36
	halm	0,60	0,10	0,71	0,36	0,07	18- 36
Råg,	kärna	1,90	0,39	0,48	0,06	0,14	12- 36
	halm	0,60	0,10	0,95	0,30	0,07	18- 36
Raps,	frö	4,17	0,71	0,95	0,36	0,30	24- 72
	halm	0,95	0,12	1,79	1,67	0,14	60-120
Potatis,	knölar	1,67	0,24	2,38	0,05	0,10	5- 10
Sockerb.	rötter	0,83	0,15	0,83	0,21	0,17	12- 21

SUMMARY

During 1985-89 a number of field experiments were carried out in Sweden to investigate the effects on crops and soil of a special Si-Mn-slag from Øye Smelteverk, Norway, here denoted Øyeslag.

The Øyeslag has an acid neutralisation capacity of 26 kg CaO per 100 kg (dry matter basis) and contains large amounts of magnesium (7,8 %) and manganese (25,6 %).

On seven sites three increased doses of Øyeslag were compared with liming and with soil application of magnesium sulphate and manganese sulphate as well as with spray application of manganese on growing crops.

The experiments comprised 25 experimental years. Cereals were grown during 19 experimental years, rape, sugarbeets and potatoes during 2 experimental years each.

The Øyeslag increased the yield largely at Stenstugu in East Sweden. On this site the effect of the two highest doses was significant during four of the five experimental years. On the other sites the yield response was small.

At Stenstugu the Øyeslag increased the yield more than lime, and more than soil application of magnesium sulphate or manganese sulphate. Spray application of manganese on growing crops were, however, usually more effective than soil application with Øyeslag or manganese sulphate.

The Øyeslag usually increased the content of Mn in plant and the content of Ca-AL in soil but had none or only a slight increasing effect on Mg-AL in soil.

The liming effect of Øyeslag was comparable to that of limestone under field conditions. The Mg in Øyeslag was only slightly available under field conditions.

On calcareous soils supply of Øyeslag can prohibit Mn deficiency in plant, of value during early growth stages of sensitive crops.

LITTERATUR

- Hahlin, M. & Johansson, L.J. 1977. Några analysmetoders förmåga att beskriva växtnäringstillståndet för fosfor och kalium i marker. Lantbrukshögskolan. Medd. Serie A, Nr 271.
- Helmenius, A., Rydå, K. & Woldmar, G. 1957. Husdjurs skötsel.
- Siman, G. 1984. Undersökning av Si-manganslagg från Øye Smelteverk A/S, Norge, särskilt med hänsyn till dess skördehöjande verkan och kemiska markeffekter. (Sveriges lantbruksuniversitet, inst. för markvetenskap avd. för växtnäringslära, Rapport 160), Uppsala.
- Svanberg, O. 1971. De svenska skördeprodukternas innehåll av växtnäringsämnen. St. Lantbr.-kem. Lab. Medd. 37. LBS, 1950. Lantbruksstyrelsens medd. Nr 7.

Förteckning över samtliga rapporter erhålles kostnadsfritt. I mån av tillgång kan tidigare nummer köpas från avdelningen.

A list of all Reports can be obtained free of charge. If available, issues can be bought from the division.

- 169 1987 Lennart Mattsson: Kvävegödslingseffekt i höstvetete med och utan behandling med CCC, fungicid och insekticid.
Nitrogen response in winter wheat with and without treatment with CCC, fungicide and insecticide.
- 170 1987 Lennart Mattsson: **Long-term effects of N fertilizer on crops and soils.**
Långtidseffekter av kvävegödsling på gröda och mark.
- 171 1988 Käll Carlgren: Bladgödsling med mangan i kärl- och fältförsök.
Foliar application of manganese in pot and field trials.
- 172 1988 Staffan Steineck: Flytgödsel till vall.
Slurry applied to grass and mixed ley.
- 173 1988 Jens Blomquist och Einar Gudmundsson: Spridning av svinflytgödsel i växande gröda - pilotstudie med ny teknik.
Application of Pig Slurry to Winter Wheat during the Growing Season.
- 174 1988 Lennart Mattsson och Torbjörn Lindén: Kväveförsök i potatis med bestämning av mineralkväve i marken.
Nitrogen experiments in potatoes combined with soil mineral nitrogen determinations.
- 175 1988 Lennart Mattsson: Kväveförsök i höstvetete med bestämning av mineralkväve i marken.
Nitrogen experiments in winter wheat with soil mineral N determinations.

- 176 1989 Lennart Mattsson: Fastliggande kvävegödslingsförsök med bestämning av mineralkväve i marken.
Soil mineral nitrogen determination in long term experiments.
- 177 1989 Staffan Steineck, Knud Erik Larsen och Erkki Kemppainen: Stallgödsel - Växtnäringsbalans.
Manure spreading - Plant nutrient balance.
- 178 1990 Sigfús Bjarnason: Datorstödd gödslingsplanering.
Computer aided fertilizer planning.
- 179 1990 Lars Hylander, Subrata Ghoshal och Gyula Simán: Jämförande undersökning av olika extraktionsmetoder för manganbestämning i jord.
A comparison of different extraction methods for manganese determination in soil.
- 180 1991 Lennart Mattsson: Effekter av årlig halmtillförsel på mark och gröda.
Effects of annual straw application on soils and crops.
- 181 1991 Lars Gunnar Nilsson: Nitrifikationshämmare - flytgödsel
Nitrification inhibitors - slurry.
- 182 1991 Lennart Mattsson: Nettomineralisering och rotproduktion vid odling av några vanliga lantbruksgrödor.
Nitrogen mineralization and root production in some common arable crops.
- 183 1991 Magnus Hahlin: Kaliumgödslingseffektens beroende av balansen mellan kalium och magnesium. II. Fältförsök, serie R3-8024.
Influence of K/Mg-ratios on the effect of potassium fertilization. Field experiments R3-8024.
- 184 1991 Käll Carlgren: Skördeeffekter och pH-inverkan av fem kvävegödselmedel studerade i ett långliggande fältförsök.
Influence on yield and soil pH-value from five nitrogen fertilizers studied in a long-term field trial.

185 1992 Enok Haak och Gyula Simán: Fältförsök med Øyeslagg.
Field experiments with Øyeslagg.

I denna serie publiceras forsknings- och försöksresultat från avdelningen för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet. Serien finns tillgänglig vid avdelningen och kan beställas därifrån.

This series contains reports of research and field experiments from the Division of Soil Fertility, Swedish University of Agricultural Sciences. The series can be ordered from the Division of Soil Fertility.

DISTRIBUTION:

Sveriges lantbruksuniversitet
Avdelningen för växtnäringslära
Box 7014
750 07 UPPSALA

Tel. 018-671249, 671255
