

GEMENSAM SLUTRAPPORT FÖR PROJEKTEN

- Strukturkalkning för minskat näringsläckage i Skåne – (Lst nr 501-1355-2015) och
- Fosforreducering till Östersjön – strukturkalkning och mikronäring (SJV nr 4.1.18–3320/16)

Jens Blomquist, Agraria Ord & Jord

Sammanfattning

Strukturkalkningens effekter på P-förluster från skånsk lerjord, samt avkastning i grödor som odlas efter strukturkalkning, undersöktes 2016 i flera LOVA-projekt som finansierades av Länsstyrelsen Skåne med kompletterande medel från Jordbruksverket.

I LOVA-14, där provytor strukturkalkades med ökande givor av Nordkalk Aktiv Struktur i 4 steg (0, 4, 8 och 16 ton/ha) i augusti–september 2014, skördades 8 försök med vårkorn 2016 på 2 olika platser – Vadensjö i västra Skåne (pH 7,4–8,3) och Krageholm i sydöstra Skåne (pH 6,4–7,0). Förutom effekten av strukturkalkning undersöktes effekten av mikronäringstillförsel genom att halva de strukturkalkade parcellerna behandlades med mikronäringsspreparatet Gramitrel vid 2 tillfällen.

Växttillgängliga mängder av 4 mikronäringsämnen mättes i matjorden med s.k. CAT-analys. Den visade på minskad tillgänglighet av koppar (Cu) och järn (Fe) med signifikant lägre halter vid dubbel giva strukturkalk (led D, 16 ton/ha) jämfört med i obehandlat A-led. Speciellt uttalad var effekten i Vadensjö.

Vid skörd analyserades halterna av 6 makro- och 6 mikronäringsämnen i vårkornkärnan. Analysen visade på signifikant lägre halter av mangan (Mn) och zink (Zn) samt signifikant högre halter av molybden (Mo) vid normal och dubbel (8 och 16 ton/ha) giva strukturkalk i jämförelse med obehandlat A-led. Återigen var effekten mer uttalad i Vadensjö jämfört med på Krageholm.

I medeltal för de 8 försöken fanns inga signifikanta skillnader i avkastning i vårkornet 2016. Avkastningen varierade dock påtagligt mellan platserna. I Vadensjö minskade avkastningen och på Krageholm ökade avkastningen med stigande giva strukturkalk utan att vara statistiskt säkerställd. I försöket med högst lerhalt på Krageholm ökade dock avkastningen signifikant (+17–19 %) i samtliga kalkade led B–D. Undersökningarna i LOVA-14 år 2016 pekar mot att den negativa avkastningsresponsen i Vadensjö kan vara en effekt av minskad tillgång på mikronäring i jorden som resultat av strukturkalkningen på en plats med höga pH-värden. För detta talar också att behandlingen med mikronäring ökade avkastningen signifikant i Vadensjö, men inte på Krageholm där pH-värdena var i medeltal 1 pH-enhet lägre. Den positiva avkastningsresponsen på Krageholm går inte att förklara genom de genomförda undersökningarna. Dock kan en annorlunda aggregatstorleksfördelning och förbättrad vattenhushållning under den torra våren och försommaren 2016 ha bidragit till ökad avkastning på Krageholm.

I LOVA-15 spreds Nordkalk Aktiv Struktur i normal giva 8 ton/ha enligt 2 olika försöksplaner på 4 olika platser i Skåne – Krageholm (SO), Krapperup (NV), Råbelöf (NO) och Kornheddinge (SV). I den ena försöksserien spreds och nedbrukades strukturkalken tidigt (medeltal 20 augusti 2015) och sent (medeltal 14 september 2015). I den andra försöksserien brukades strukturkalken ned grunt (medeltal ca 8 cm) och djupt (medeltal ca 13 cm). Aggregatstabiliteten mättes i regnsimulator på SLU Ultuna vid 2 upprepade bevattningar. Aggregatstabiliteten ökade signifikant vid den tidiga kalkspridningen jämfört med vid den sena och jordförlusterna, mätt som förändring i turbiditet, var 10 procent lägre vid tidig spridning och nedbrukning. Någon signifikant effekt på aggregatstabiliteten av olika bearbetningsdjup gick inte att mäta.

Aggregatstorleksfördelningen mättes i augusti–september 2016 efter tröskning. Den visade på en något högre andel fina aggregat (< 8 mm) i det bearbetade skiktet där kalken hade spridits senare, i motsats till förväntat och trots att undersökningar visade att jorden var mer finbrukad vid den tidiga spridningstidpunkten ett år tidigare, hösten 2015. I försöksserien med olika bearbetningsdjup fanns inga säkra skillnader i aggregatstorleksfördelning i augusti–september 2016.

Jordprovtagning gjordes både före (2015) och efter (2016) strukturkalkning. Den upprepade provtagningen 2016 visade att pH-värdet ökade ca 0,6 pH-enheter som resultat av strukturkalkningen. De största förändringarna skedde på platserna med lägre ursprungs-pH och de minsta förändringarna på platserna med högre ursprungs-pH. Mängden lösligt kalcium ökade med 80–100 mg Ca/100 g jord – en ökning med 20–50 % på de olika platserna. Mängden löslig fosfor minskade marginellt eller var oförändrad på 3 av platserna, men ökade på platsen med högst ursprungliga P-AL-tal. Att klargöra hur strukturkalkningen påverkar mängden löslig fosfor i jorden är en fråga som bör ha hög prioritet i fortsatta projekt och studier av strukturkalkningens effekter på både fosforförluster och avkastning.

Försöken inom LOVA-15 med olika spridningstidpunkter och bearbetningsdjup skördades försöksmässigt. Avkastningen av höstvetete påverkades inte signifikant av vare sig spridningstidpunkt eller bearbetningsdjup. Resultaten pekar trots allt i samma positiva riktning för både aggregatstabilitet och avkastning, d.v.s. det fanns i de 4 försöken med olika spridningstidpunkter en fördel för både miljö och odlingsekonomi i att kalken spreds och brukades ner tidigt. Detta är en viktig slutsats för hur strukturkalk bör hanteras för bästa utnyttjande.

Rapport

Denna rapport är en gemensam slutrapport för två projekt med den gemensamma nämnaren strukturalkning på åkermark för minskade fosforförluster. De två projekten är ”Fosforreducering till Östersjön – strukturalkning och mikronäring” som finansierades av Jordbruksverket (SJV nr 4.1.18–3320/16) och ”Strukturalkning för minskat näringsläckage i Skåne” som finansierades av Länsstyrelsen Skåne (Lst nr 501-1355-2015). Eftersom resultaten är av intresse för båda finansiärerna dokumenteras de i denna gemensamma slutrapport.

Bakgrund

Strukturalkning är sedan flera år, och sedan LOVA-stöd infördes år 2009–10, en metod i miljöarbetet för att begränsa förluster av fosfor från åkermark. Effekten som kan uppnås är ett resultat av olika processer som bl.a. ökad basmättnadsgrad, murbruksbildning och cementering genom s.k. puzzolanreaktioner. När bränd och/eller släckt kalk reagerar med lerpartiklar stabiliseras därmed aggregaten. Eftersom en del av fosfor i åkermark är partikulärt bunden till lerpartiklar innebär stabiliseringen att lerpartiklarna kan förbli intakta och inte brytas ner. Det innebär i sin tur att fosforförlusterna kan minska.

Syfte

I LOVA-projektet Strukturalkning för minskat näringsläckage i Skåne (Lst nr 501-4274-2014), som i det följande kallas LOVA-14, undersöktes hur stigande givor av strukturalk som spreds hösten 2014 påverkade aggregatstabiliteten och därmed indirekt risken för fosforförluster. Genom SJV-projektet Fosforreducering till Östersjön (SJV nr 4.1.18–11580/14) finansierades också försöksmässig skörd av provytorna så att effekten på avkastningen kunde dokumenteras i följande gröda år 2015. Resultaten rapporterades i en gemensam slutrapport i mars 2016. Grundfrågan i LOVA-14 var hur olika lerhalter och lermineralogi påverkar resultatet av strukturalkning.

Med syfte att fånga in även efterkommande års effekter på avkastning skördades 2016 med SJV-finansiering försöken på 2 av de 4 försöksplatserna i LOVA-14. Detta omfattade sammanlagt 8 försök där det odlades vårkorn 2016. Ett nytt moment år 2016 var att undersöka om strukturalkningen också påverkar tillgången av mikronäring i jorden och halten i den skördade spannmålskärnan.

I det följande LOVA-projektet Strukturalkning för minskat näringsläckage i Skåne (Lst nr 501-1355-2015), som här benämns LOVA-15, var syftet att i 2 olika försöksserier hösten 2015 undersöka hur tidpunkten för spridning/nedbrukning samt bearbetningsdjupet påverkade aggregatstabiliteten. Också dessa provytor kunde skördas försöksmässigt för att mäta avkastningen i följande gröda 2016, genom finansiering av SJV-projekt nr 4.1.18–3320/16. Genom att samordna samtliga 4 olika projekt där grunden finansierats av Länsstyrelsen Skåne och påbyggnaden av Jordbruksverket var det möjligt att 2016 belysa både miljöeffekter och skördeeffekter av strukturalkning i Skåne.

Finansiering

Lantbrukarna i LOVA-15 betalade för strukturalk, spridning, nedbrukning och utvärdering 1 700 000 kronor.

Länsstyrelsen Skåne motfinansierade LOVA-15 med 1 700 000 kronor.

Jordbruksverket finansierade med 682 000 kronor för skötsel och försöksmässig skörd 2016 av provytor/fältförsök som lades ut i både LOVA-14 och LOVA-15.

Nordkalk bidrog med ca 230 000 kronor.

Organisation

Fredrik Hansson, HS Skåne, var sökande, administratör och koordinator för båda projekten.
Jens Blomquist, Agraria Ord & Jord, var ansvarig för utvärdering och rapportering av resultat.
Lars Wadmark, Nordkalk, ansvarade för logistik kring kalkspridning och nedbrukning i fält.
Kerstin Berglund, SLU, ansvarade för aggregatstabilitetsmätning och vetenskaplig status.
Jan-Eric Englund, SLU, ansvarade för statistiska analyser och utvärderingar.
Siv Olsson, Geochimica, bestämde lermineralogin genom röntgendiffraktionsanalys.
HS Skåne, ansvarade för provtagningar, skötsel och försöksmässig skörd.

Metoder LOVA-14

Försöksplatser

I LOVA-14 fanns 4 försöksplatser:

- A. Krageholm
- B. Lönhult
- C. Vadensjö
- D. Kornheddinge

Av dessa 4 försöksplatser utnyttjades A. Krageholm och C. Vadensjö för mätningar av avkastning samt effekter på mikronäringshalter i jord och gröda under 2016.

Försöksplaner

I LOVA-14 användes år 2014/15 försöksplanen:

- A. Obehandlad – 0 ton/ha Nordkalk Aktiv Struktur
- B. Halv giva strukturkalk – 4 ton/ha Nordkalk Aktiv Struktur
- C. Hel giva strukturkalk – 8 ton/ha Nordkalk Aktiv Struktur
- D. Dubbel giva strukturkalk – 16 ton/ha Nordkalk Aktiv Struktur

Provytorna strukturkalkades i augusti–september 2014 och lades ut med 3 slumpade upprepningar. Därmed kunde provytorna användas som randomiserade fältförsök med 4 led och 3 block. På varje plats lades 4 provytor/fältförsök ut. I LOVA-14 finns alltså $4 \times 4 = 16$ provytor/fältförsök.

I LOVA-14 kombinerades sedan år 2016 försöksplanen ovan (led A–D) med mikronäringsbehandling 1 och 2:

- 1. Obehandlat
- 2. YaraVita Gramitrel, 2 l/ha stad. 21–23 + 1 l/ha stad. 37–39

Därmed blev försöksplanen 2-faktoriell i en split-plot-design med strukturkalk (faktor F1) i led A–D som huvudled i storrutor och slumpade smårutor med mikronäringsbehandling (faktor F2).

YaraVita Gramitrel innehåller 64 g N, 150 g Mg, 50 g Cu, 150 g Mn och 80 g Zn per liter produkt.

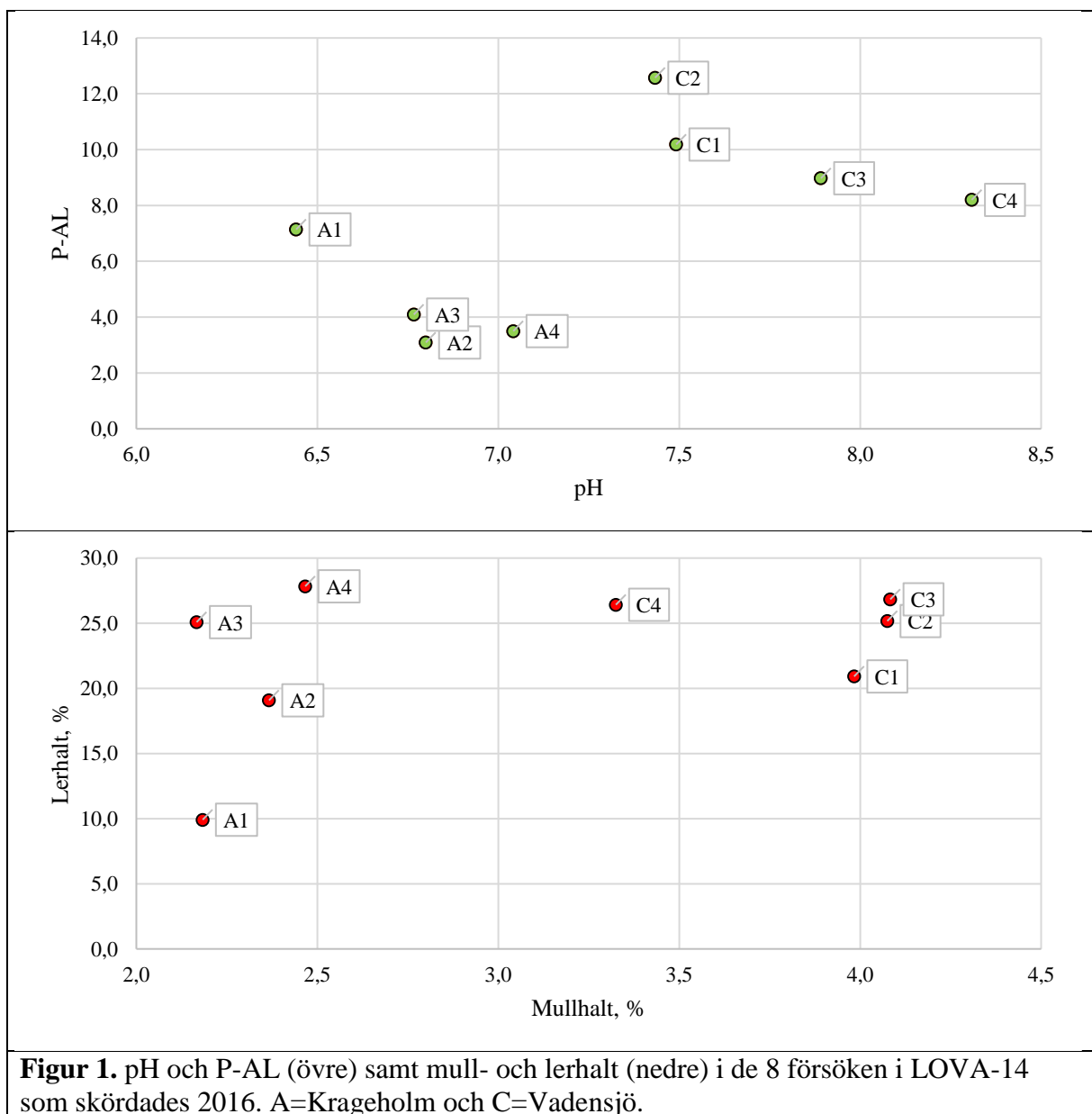
Markkartering

Vid utläggningen av provytorna i augusti–september 2014 togs ett första jordprov (generalprov) ut från varje ruta inom varje provyta i LOVA-14. Efter skörd 2015 togs en upprepad analys ut på samtliga platser under hösten och vintern 2015/16, d.v.s. efter strukturkalkning. För platserna A. Krageholm och C. Vadensjö, som utnyttjades i LOVA-14

under 2016, var denna upprepade markkartering efter strukturkalkning alltså ingångsvärden för vårkornet som odlades på platserna 2016. Värdena framgår av tabell 1. Data från tabell 1 är plottade i figur 1 för att karaktärisera provytornas pH, P-AL, mull- och lerhalt.

Tabell 1. Markstatus på A. Krageholm och C. Vadensjö i LOVA-14 hösten/vintern 2015/16 (efter strukturkalkning). OBS värden för mullhalt och textur från provtagning i augusti-september 2014 före kalkning.

Plats	Provyta/försök	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL	K/Mg-kvot	Ca-AL	Mullhalt, %	Lerhalt, %	Sand & grovmo, %
A. Krageholm	A1	6,4	7,1	6,8	5,6	1,3	110	2,2	9,9	69,0
	A2	6,8	3,1	8,2	10,5	0,8	211	2,4	19,1	39,5
	A3	6,8	4,1	11,6	16,1	0,8	182	2,2	25,1	23,6
	A4	7,0	3,5	12,0	16,2	0,8	279	2,5	27,8	19,5
	medel A	6,8	4,5	9,7	12,1	0,9	195	2,3	20,5	37,9
C. Vadensjö	C1	7,5	10,2	10,0	13,4	0,8	453	4,0	20,9	46,3
	C2	7,4	12,6	12,9	16,3	0,8	372	4,1	25,2	42,3
	C3	7,9	9,0	13,6	18,5	0,8	504	4,1	26,8	40,2
	C4	8,3	8,2	16,8	23,0	0,8	1143	3,3	26,4	44,1
	medel C	7,8	10,0	13,3	17,8	0,8	618	3,9	24,8	43,2



Figur 1. pH och P-AL (övre) samt mull- och lerhalt (nedre) i de 8 försöken i LOVA-14 som skördades 2016. A=Krageholm och C=Vadensjö.

Försöksbehandling

På A. Krageholm odlades höstvetete 2015 och efter tröskningen stubbearbetades fältet med Cultus och Carrier och lämnades sedan över vintern utan att plöjas. Inte heller efter strukturkalkningen hösten 2014 plöjdes provytorna. Någon vändande jordbearbetning genom plöjning av provytorna skedde alltså varken hösten 2014 eller 2015.

Den 23 mars 2016 sådde försöksvärden vårkorn av sorten Quench. Behandlingen med Gramitrel gjordes första gången den 27 maj (stadium 32) och den andra gången den 3 juni (stadium 49), alltså försenade och inte enligt försöksplanen.

I C. Vadensjö odlades sockerbeter 2015 och efter upptagningen bearbetades jorden med TopDown i en överfart. Inte heller i Vadensjö plöjdes provytorna efter spridning hösten 2014. Ingen vändande jordbearbetning genom plöjning av provytorna skedde alltså under höstarna 2014 och 2015.

Den 24 mars 2016 sådde försöksvärden vårkorn av sorten Planet. Behandlingen med Gramitrel gjordes första gången den 14 maj (stadium 23) och den andra gången den 2 juni (stadium 49). Den första behandlingen skedde alltså enligt plan medan den andra var försenad.

Gradering och flygfotografering

Försöken på A. Krageholm och C. Vadensjö flygfotograferades den 3 juni och 4 juli. På Krageholm gjordes ytterligare en flygfotografering den 12 augusti.

CAT-analys

Efter sådd våren 2016 provtogs matjorden 0–20 cm rutvis för analys av växttillgängliga mängder av koppar (Cu), järn (Fe), mangan (Mn) och zink (Zn) med CAT-extraktion, som är en saltlösning innehållande ett chelatkomplex (DTPA). På Krageholm togs proverna ut den 4 maj 2017 och i Vadensjö togs jordproverna ut den 28 april 2016 (stadium 12).

Växtnäringshalt spannmålskärna

Vid skörd av vårkornet uttogs rutvis prov av spannmålskärna för analys av halten av 12 olika växtnäringsämnen. Av makronäringsämnen analyserades kväve (N), fosfor (P), kalium (K), svavel (S), kalcium (Ca) och magnesium (Mg). Av mikronäringsämnen analyserades koppar (Cu), järn (Fe), mangan (Mn), zink (Zn), bor (B) och molybden (Mo).

Statistisk bearbetning

Varje försök var upplagt som ett split-plot-försök med tre block (som slumpmässig faktor) där strukturkalkningens olika nivåer randomiserades ut på storrutorna och varje storruta sedan var delad i två delar där mikronäringstillförsel randomiserades till en del och den andra delen lämnades utan mikronäring. Analysen gjordes i PROC MIXED i SAS (version SAS 9.4). I de fall då det fanns signifikanta skillnader mellan behandlingsnivåerna så gjordes parvisa jämförelser mellan nivåerna med Tukey's test baserat på 95 % konfidensintervall. LSD-värdena i tabellerna är däremot baserade på Fisher's LSD.

När alla försöken studerades samtidigt så tillkom faktorn försök i modellen som en fix faktor tillsammans med alla samspel med de två behandlingarna och i denna modell är det en hierarkisk modell med block(försök) i modellen.

Jordprov för CAT-analys togs ut i storrutorna (kalkbehandling A–D, faktor F1) och analyserades alltså inte som ett split-plot-försök. Skillnader mellan behandlingar analyserades genom variansanalys (General Linear Model i Minitab 17, Minitab Inc.). För enskilda försök användes behandling som fix faktor och block som slumpmässig faktor. I sammanställningar av flera försök användes även försök (plats) som en fix faktor med block(försök) i en

hierarkisk modell. Parvisa jämförelser av behandlingsmedelvärden gjordes enligt Tukeys test och med 95 % konfidensintervall.

Metoder LOVA-15

Försöksplatser

I LOVA-15 fanns också 4 försöksplatser.

- E. Krageholm
- F. Krapperup
- G. Råbelöf
- H. Kornheddinge

Försöksplaner

I LOVA-15 användes två olika försöksplaner. I den första spreds och nedbrukades strukturkalken vid två olika tidpunkter.

1. Tidig spridning och nedbrukning – 8 ton/ha Nordkalk Aktiv Struktur
2. Sen spridning och nedbrukning – 8 ton/ha Nordkalk Aktiv Struktur

I den andra brukades strukturkalken ned på olika bearbetningsdjup:

- A. Grund nedbrukning – 8 ton/ha Nordkalk Aktiv Struktur
- B. Djup nedbrukning – 8 ton/ha Nordkalk Aktiv Struktur

Provytorna i LOVA-15 stukturkalkades i augusti–september 2015 och lades ut med 4 slumpade upprepningar. På det sättet kunde också provytorna i LOVA-15 utnyttjas som randomiserade fältförsök med 2 led och 4 block. På varje plats i LOVA-15 placerades en provyta/ett fältförsök i vardera serien (tidpunkt och bearbetningsdjup), så att det sammanlagt finns 2 x 4 provytor/fältförsök i LOVA-15.

Kalkprodukt

Den kalkprodukt som användes i LOVA-15 var densamma som i LOVA-14, d.v.s. Nordkalk Aktiv Struktur (NKAS). Denna är en blandprodukt mellan kalciumkarbonat CaCO_3 och släckt kalk $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Produktens verkan och sammansättning framgår av tabell 2.

Tabell 2. Nordkalk Aktiv Struktur – innehåll och verkan. Källa: Nordkalk

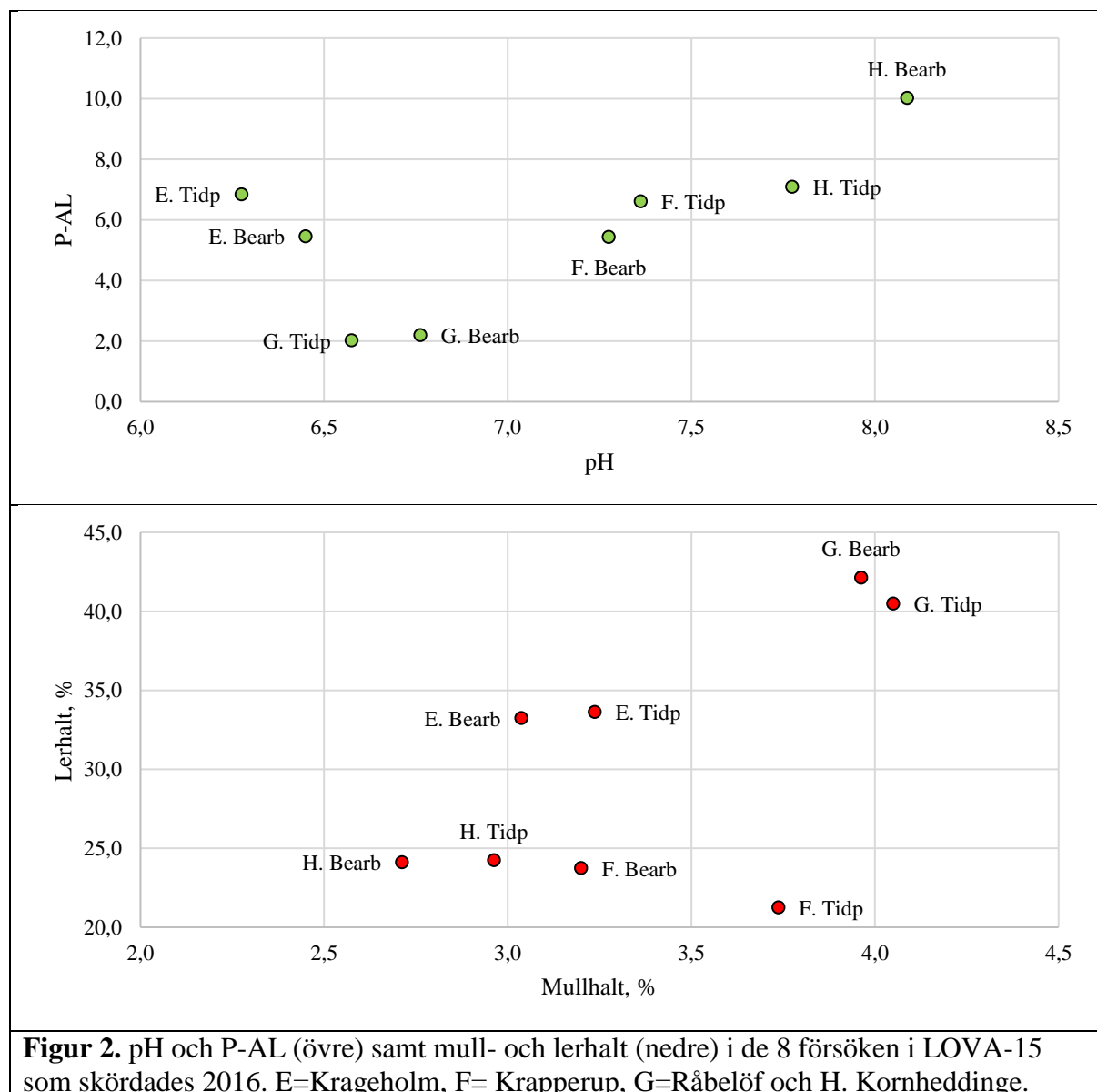
Syraneutraliserande verkan	NV CaO	51 %
Aktiv CaO	CaO	20 %
Kemisk analys	CaO – kalciumoxid	50,0 %
	Mg – magnesium	1,0 %
	SiO ₂ – kiseldioxid	5,4 %
	Al ₂ O ₃ – aluminiumoxid	3,4 %
	Fe ₂ O ₃ – järnoxid	1,5 %
	K – kalium	2,5 %
	Na ₂ O – natriumoxid	0,6 %
	S – svavel	1,7 %
	P – fosfor	0,07 %
Spårelement	Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn	
Övrigt	Fukthalt beroende på lagring	15–25 %
	Skrymdensitet	1 ton/m ³
Kalkvärde (Erstad)	1 år	48
Kalkvärde (Erstad)	5 år	48

Markkartering

I LOVA-15 togs – på samma sätt som i LOVA-14 – ett första generalprov ut vid utläggningen i augusti–september 2015. En sammanfattning av denna första markkartering som alltså gjordes före strukturkalkning visas i tabell 3 på provyttnivå med medeltal för platserna. Data från tabell 3 är plottade i figur 2 för att karaktärisera provytornas pH, P-AL, mull- och lerhalt.

Tabell 3. Markstatus i de 8 provytorna i LOVA-15 i augusti-september 2015 före kalkning.

Plats	Provyta/försök	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL	K/Mg-kvot	Ca-AL	Mullhalt, %	Lerhalt, %	Sand & grovmo, %
E. Krageholm	Tidpunkt	6,3	6,9	13,9	15,0	0,9	266	3,2	33,6	16,3
E. Krageholm	Bearbetningsdjup	6,5	5,5	13,0	13,9	1,0	274	3,0	33,3	16,9
	Medel E	6,4	6,2	13,4	14,4	0,9	270	3,1	33,4	16,6
F. Krapperup	Tidpunkt	7,4	6,6	15,1	14,8	1,0	331	3,7	21,3	58,8
F. Krapperup	Bearbetningsdjup	7,3	5,4	14,1	16,0	0,9	295	3,2	23,8	54,9
	Medel F	7,3	6,0	14,6	15,4	1,0	313	3,5	22,5	56,8
G. Råbelöf	Tidpunkt	6,6	2,0	16,9	28,6	0,6	361	4,1	40,5	9,1
G. Råbelöf	Bearbetningsdjup	6,8	2,2	17,5	27,5	0,6	404	4,0	42,1	9,5
	Medel G	6,7	2,1	17,2	28,1	0,6	383	4,0	41,3	9,3
H. Kornheddinge	Tidpunkt	7,8	7,1	13,8	15,9	0,9	420	3,0	24,3	42,0
H. Kornheddinge	Bearbetningsdjup	8,1	10,0	13,8	22,3	0,7	859	2,7	24,1	43,4
	Medel H	7,9	8,6	13,8	19,1	0,8	639	2,8	24,2	42,7



Figur 2. pH och P-AL (övre) samt mull- och lerhalt (nedre) i de 8 försöken i LOVA-15 som skördades 2016. E=Krageholm, F= Krapperup, G=Råbelöf och H. Kornheddinge.

Försöksbehandling

I LOVA-15 hade samtliga försöksplatser höstraps som förfrukt för att möjliggöra en tidigare och en senare kalkspridning med några veckors mellanrum enligt försöksplanen med olika tidpunkter. Vid den tidiga kalkspridningen enligt försöksplanen med olika tidpunkter, spreds och nedbrukades samtidigt också strukturkalken i led A och B enligt försöksplanen med olika bearbetningsdjup.

Mätning av bearbetningsdjup och aggregatstorleksfördelning i 8 olika storleksklasser efter spridning och nedbrukning gjordes samma dag eller 1–3 dagar efter. På Krapperup kom dessvärre ganska mycket regn ett par dagar efter spridningstidpunkt 1. Det gjorde att bara aggregatstorleksfördelning – men inte bearbetningsdjup – gick att mäta på Krapperup vid första spridningstillfället. Bakgrundsdata kring spridning och nedbrukning redovisas i tabellerna 4–11.

Tabell 4. Krageholm, försök med olika spridningstidpunkter

	1	2
När	2015-08-26	2015-09-15
Väder	Halvklart, 20 °C, svag vind	Ingen uppgift
Vad	2 x Väderstad Carrier + 2 x Väderstad Cultus	3 x Väderstad Cultus
Hur	Carrier 26 augusti och Cultus 27 augusti	3 bearbetningar med spetsdjup ca 12–15 cm

Tabell 5. Krageholm, försök med olika bearbetningsdjup

	A	B
När	2015-08-26	2015-08-26
Väder	Halvklart, 20 °C, svag vind	Halvklart, 20 °C, svag vind
Vad	2 x Väderstad Carrier + 2 x Väderstad Cultus	2 x Väderstad Carrier + 2 x Väderstad Cultus
Hur	1:a grund bearbetning med Carrier 90° mot kalkspridningsriktning, sedan 2:a bearbetning på ca 8 cm längs med kalkspridningsriktningen. Bearbetning med Cultus-kultivator följande dag 2015-08-27 – en gång grunt i hela försöket och därefter grunt enligt försöksplan i led B.	1:a grund bearbetning med Carrier 90° mot kalkspridningsriktning, sedan 2:a bearbetning ca 12 cm längs med kalkspridningsriktningen. Bearbetning med Cultus-kultivator följande dag 2015-08-27 – en gång grunt hela försöket och därefter djupt enligt försöksplan i led B.

Tabell 6. Krapperup, försök med olika spridningstidpunkter

	1	2
När	2015-08-10	2015-09-11
Väder	Sol, 26–27 °C	Halvklart, ca 15–16 °C
Vad	2 x Lemken Thorit	2 x Lemken Thorit
Hur	Spetsdjup ca 16-17 cm mätt med tumstock vid båda överfarterna.	Samma djupinställning som vid tidpunkt 1. Jorden fick torka ca 1 timma mellan bearbetningarna.

Tabell 7. Krapperup, försök med olika bearbetningsdjup

	A	B
När	2015-08-10	2015-08-10
Väder	Sol, 26–27 °C	Sol, 26–27 °C
Vad	2 x Väderstad Swift	2 x Lemken Thorit
Hur	Demomaskin – ej Krapperups. Gjorde grund bearbetning, Tiller-pinnar gick inte i utan hängde i luften. Tydligt grövre bruk jämfört med i led B.	Spetsdjup ca 16-17 cm mätt med tumstock vid båda överfarterna.

Tabell 8. Råbelöf, försök med olika spridningstidpunkter

	1	2
När	2015-08-19	2015-09-07
Väder	Sol, mycket blåsigt, ca 22 °C	Sol, blåsigt, ca 17 °C
Vad	2 x Väderstad Cultus, spets 50 mm + vingskär	2 x Väderstad Opus – inlånad maskin
Hur	Bearb 1: ca 8 km/h, djup som i led B i tabell 9 Bearb 2: ca 11 km/h, djup som i led B i tabell 9	Jorden fick torka upp rejält mellan 1:a och 2:a bearbetning. Hyggligt bruk, men ändå inte som vid tidpunkt 1.

Tabell 9. Råbelöf, försök med olika bearbetningsdjup

	A	B
När	2015-08-19	2015-08-19
Väder	Sol, mycket blåsigt, ca 22 °C	Sol, mycket blåsigt, ca 22 °C
Vad	2 x Väderstad Cultus, spets 50 mm + vingskär	2 x Väderstad Cultus, spets 50 mm + vingskär
Hur	Bearb 1: ca 11 km/h, bättre bruk jmf led B Bearb 2: ca 14 km/h, blev mycket bra bruk	Bearb 1: ca 8 km/h, kokigt med rå o fuktig jord Bearb 2: ca 11 km/h, blev förvånansvärt fint bruk

Tabell 10. Kornheddinge, försök med olika spridningstidpunkter

	1	2
När	2015-08-24	2015-09-21
Väder	Mulet, 20 °C regnstänk mellan spridn. o nedbrukn	Halvklart, ca 15–16 °C
Vad	2 x SMS-kultivator m tallrikar och pinnar	Väderstad Swift (SMS-kultivator inte tillgänglig)
Hur	Tungt, besvärligt och slirigt så relativt grund bearbetning 2 gånger efter varandra.	Jorden redde sig bättre jmf vid tidpunkt 1 och var förvånansvärt torr. Väntade 1 timma mellan 1:a och 2:a överfart så att jorden luftades.

Tabell 11. Kornheddinge, försök med olika bearbetningsdjup

	A	B
När	2015-08-24	2015-08-24
Väder	Mulet, 20 °C regnstänk mellan spridn. o nedbrukn	Mulet, 20 °C regnstänk mellan spridn. o nedbrukn
Vad	2 x SMS-kultivator m tallrikar och pinnar	2 x SMS-kultivator m tallrikar och pinnar
Hur	1:a bearbetning 90° mot kalkspridningsriktning, sedan 2:a bearbetning på samma djup längs kalkspridningsriktning	1:a bearbetning 90° mot kalkspridningsriktning, sedan 2:a bearbetning så djupt som traktor och kultivator orkade längs kalkspridningsriktning

Datum för spridning och nedbrukning i led 1 (tidig) blev i medeltal 2015-08-20, medan datum för spridning och nedbrukning i led 2 (sen) i medeltal blev 25 dagar senare 2015-09-14.

Aggregatstabilitet och aggregatstorleksfördelning – jordprovtagning

För att möjliggöra både provtagning av aggregat och aggregatstorleksfördelning stubbearbetades samtliga 8 försök i båda försöksserierna efter tröskning i augusti–september 2016 enligt följande:

- E. Krageholm: Bearbetning i 2 korsande överfarter med Väderstad Cultus till ca 8–10 cm.
- F. Krapperup: Grund bearbetning 2 gånger i olika riktningar med Väderstad Carrier.
- G. Råbelöf: Grund bearbetning 2 gånger på olika ledder med Väderstad Carrier.
- H. Kornheddinge: Bearbetning till ca 8–10 cm genom 2 korsande överfarter med Agrisem Discomulch.

Efter jordbearbetningen gjordes en bestämning av aggregatstorleksfördelningen i 8 olika klasser. Först sållades jorden över s.k. höstbrukssåll i 5 klasser med olika medeldiameter (> 64 mm, 32–64 mm, 16–32 mm, 8–16 mm och < 8 mm). Därefter sållades jorden i klassen < 8 mm i ytterligare 3 klasser över s.k. vårbrukssåll (> 5 mm, 2–5 mm och < 2 mm).

Ur storleksklassen med diameter 2–5 mm togs jordaggregat ut för bestämning av aggregatstabilitet genom mätning av turbiditet. Jordproverna förvarades luftigt och torrt till dess att de transporterades till SLU Ultuna för aggregatstabilitetsmätning.

Aggregatstabilitet – labbmetod

Aggregat (2–5 mm) från det bearbetade skiktet utsattes för regnsimulering (bevattning) två gånger med ett dygns mellanrum. På det uppsamlade dräneringsvattnet mättes turbiditet (grumlighet) och elektrisk konduktivitet (EC) efter båda bevattningstillfällena. Efter den första mätningen av turbiditet skakades det grumliga vattnet därefter i en skakapparat i 10 min och fick sedan stå för att sedimentera i 4 timmar och 30 min. Efter sedimentering, togs ett vätskeprov ut på 5,6 cm djup, och turbiditeten mättes ytterligare en gång för att få ett mått på lerkoncentrationen i vattnet. Turbiditeten mättes alltså vid sammanlagt fyra tillfällen – efter två bevattningar och två gånger efter varje bevattning, med 4,5 timmars mellanrum. Genom att mäta grumligheten (turbiditeten) på vattnet som passerar aggregaten värderades aggregatstabiliteten och risken för partikulära fosforförluster. Grumligheten beror på att partiklar lossnat från aggregaten vid regnsimuleringen. Turbiditeten är väl korrelerad med P-förlusterna från jorden eftersom fosfor på lerjordar sitter bunden på aggregatytorna. EC höjs vid kalkningen och blir därmed en kontroll på att kalken spridits i rätt ruta vid utläggningen och att provtagningen är representativ.

Lermineralogi

Samplingsprov togs ut och undersöktes med röntgendiffraktionsanalys för att bestämma mineralogin hos lerfraktionen. Samplingsprovet representerade provytorna i båda försöksserierna från respektive försöksplats E. Krageholm, F. Krapperup, G. Råbelöf och H. Kornheddinge.

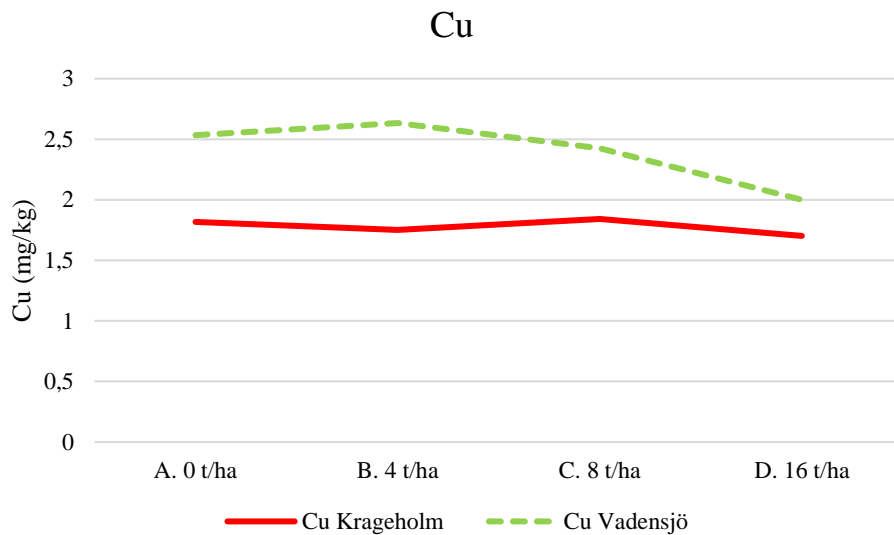
Statistisk bearbetning

Skillnader mellan behandlingar analyserades genom variansanalys (General Linear Model i Minitab 17, Mintab Inc.). För enskilda försök användes behandling som fix faktor och block som slumpmässig faktor. I sammanställningar av flera försök användes även försök (plats) som en fix faktor med block(försök) i en hierarkisk modell. Parvisa jämförelser av behandlingsmedelvärden gjordes enligt Tukeys test och med 95 % konfidensintervall.

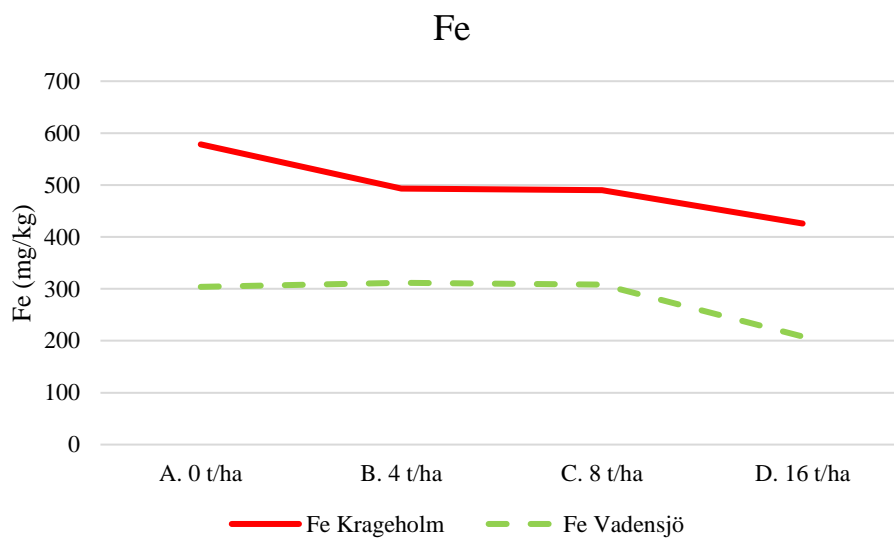
Resultat LOVA-14

Växttillgänglig mikronäring, CAT

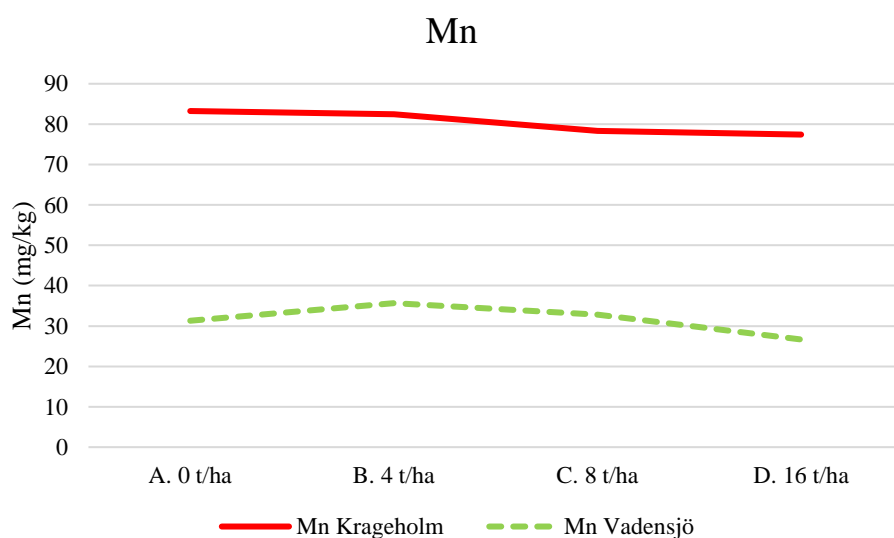
Våren 2016 provtogs matjorden på båda försöksplatserna Krageholm och Vadensjö för analys av växttillgänglig mikronäring med CAT-analys. Det fanns inga tydliga samspel mellan kalkbehandling och försök, d.v.s. alla försök reagerade likadant för kalkbehandlingarna A–D med avseende på tillgänglighet för de fyra mikronäringsämnena koppar (Cu), järn (Fe), mangan (Mn) och zink (Zn). I medeltal för de 8 försöken på båda platserna var det skillnad mellan kalkningsnivåerna för koppar ($p = 0,009$) genom att halten var lägre i led D jämfört med led B och obehandlat led A och det var också skillnad i halten av järn ($p = 0,028$) genom att halten i led D var lägre än led A. Uppdelade på de olika platserna fanns skillnader som framgår av figur 3–6 där medeltalen för de fyra försöken på respektive plats redovisas.



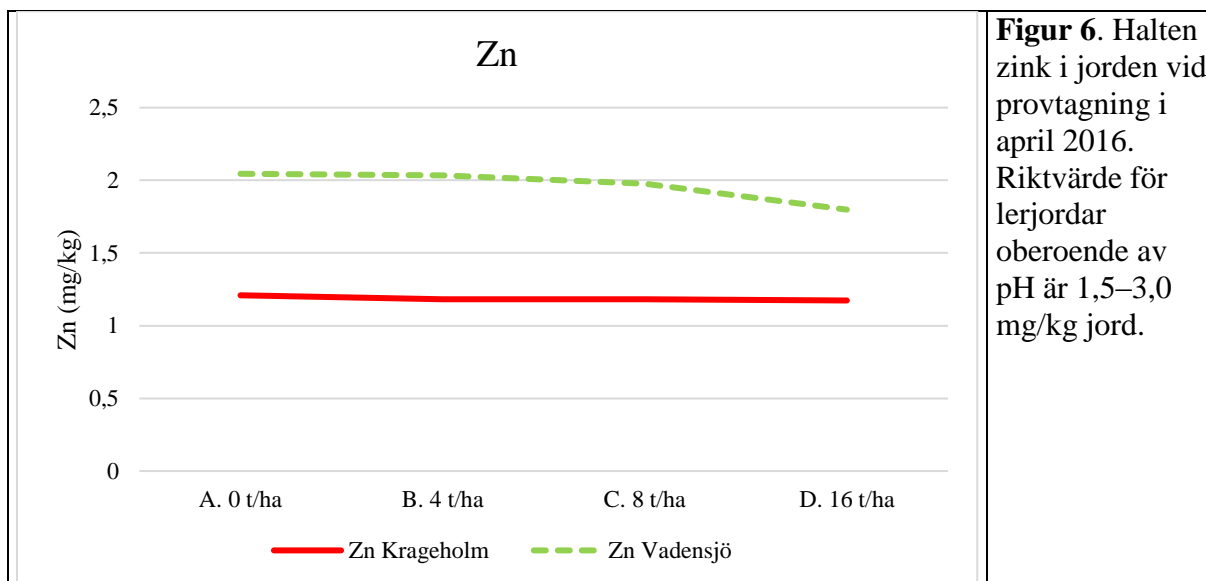
Figur 3. Halten koppar i jorden vid provtagning i april 2016. Riktvärde för lerjordar med pH<7,5 är 2,0–4,0 och för lerjordar med pH>7,5 är riktvärdet 1,2–2,5 mg/kg jord.



Figur 4. Halten järn i jorden vid provtagning i april 2016. Riktvärde för jordar oavsett jordart och pH är 20–300 mg/kg jord.



Figur 5. Halten mangan i jorden vid provtagning i april 2016. Riktvärde för lerjordar med pH>7,0 är 30–50 mg/kg jord.



Figur 6. Halten zink i jorden vid provtagning i april 2016. Riktvärde för lerjordar oberoende av pH är 1,5–3,0 mg/kg jord.

På Krageholm fanns inga statistiskt säkra skillnader mellan leden A–D för något av mikronäringsämnen. Det fanns däremot i Vadensjö där halten koppar minskade signifikant (p 0,010) i led C och D jämfört med i leden A och B och halten järn minskade signifikant (p 0,009) i led D jämfört med halten i övriga led A–C. Mellan leden A, B och C fanns däremot inga säkra skillnader. Även för mangan fanns i Vadensjö en tendens (p 0,061) att halten påverkades av strukturstrokingen.

Avkastning, 8 försök med vårkorn

I medeltal för de 8 försöken på Krageholm och i Vadensjö fanns inga signifikanta skillnader i avkastning, vare sig som effekt av strukturstroking (F1), mikronäringsstillförsel (F2) eller i samspellet mellan strukturstroking och mikronäringsstillförsel.

På de olika platserna Krageholm och Vadensjö pekade emellertid avkastningsresultaten åt olika håll utan att vara signifikanta. I tabell 12 redovisas resultaten från de 4 försöken på Krageholm. I medeltal för de 4 försöken fanns inga signifikanta skillnader mellan leden som resultat av strukturstroking (p 0,223) eller mikronäringsstillförsel (p 0,290). Det fanns heller inget samspel mellan stroking och mikronäringsstillförsel (p 0,210).

Tabell 12. Avkastning (15 % vh) och kvalitet 2016 i försök A1-A4 Krageholm. Vårkorn, 4 försök.

Led	Behandling	Avk. kg/ha	Avk. rel.	vh %	Avrens %	Rymdvikt g/l	Protein %	Stärkelse %
	<i>F1, strukturstroking</i>							
A.	0 t/ha NKAS	5282	100	18,3	3,3	694	11,5	61,2
B.	4 t/ha NKAS	5727	108	18,1	2,5	693	11,3	61,5
C.	8 t/ha NKAS	5628	107	18,3	2,7	696	11,7	61,3
D.	16 t/ha NKAS	5828	110	18,4	3,3	697	11,8	61,3
	<i>F2, mikronäring</i>							
1.	Obeh.	5660	100	18,3	2,9	693	11,6	61,3
2.	2 x Gramitrel	5574	98	18,2	3,0	697	11,6	61,3
	p F1	0,223			0,005	0,493		
	p F2	0,290			0,819	0,091		
	p F1*F2	0,210			0,004	0,025		
	LSD F1	(553)			0,55	(6,1)		
	LSD F2	(163)			(0,39)	(3,8)		

Ett av försöken på Krageholm, försök A4 med högst lerhalt (28 %), avvek dock markant med signifikant högre avkastning (p 0,005) i samtliga strukturalkade led i jämförelse med okalkat A-led. I led C steg skörden med 19 %, motsvarande ca 860 kilo per hektar. Mellan de olika strukturalkade leden B–D fanns inga säkra skillnader (tabell 13).

Tabell 13. Avkastning (15 % vh) och kvalitet 2016 i försök A4 Krageholm. Vårkorn, 1 försök.

Led	Behandling	Avk. kg/ha	Avk. rel.	vh %	Avrens %	Rymdvikt g/l	Protein %	Stärkelse %
	<i>F1, strukturalk</i>							
A.	0 t/ha NKAS	4597	<u>100a</u>	19,0	4,6	694	10,8	61,3
B.	4 t/ha NKAS	5369	117b	18,2	3,2	694	11,0	61,5
C.	8 t/ha NKAS	5458	119b	18,6	3,6	704	11,2	61,6
D.	16 t/ha NKAS	5361	117b	18,4	4,6	693	11,0	61,4
	<i>F2, mikronäring</i>							
1.	Obeh.	5281	<u>100</u>	18,7	3,8	697	11,0	61,6
2.	2 x Gramitrel	5112	97	18,4	4,2	695	11,0	61,3
	p F1	0,005			0,062			
	p F2	0,160			0,405			
	p F1*F2	0,126			0,006			
	LSD F1	384						
	LSD F2	(250)						

I tabell 14 redovisas resultaten från de 4 försöken i Vadensjö. I medeltal för de 4 försöken fanns ingen signifikant skillnad (p 0,423) med avseende på avkastning mellan de strukturalkade leden. Av de 4 enskilda försöken var skördeökningen för mikronäringsbehandlingen däremot signifikant i försök C3 (p 0,0312) med en skördeökning på 621 kilo per hektar (12 %). Likaså ökade mikronäringstillförsel i led 2 avkastningen signifikant (p 0,035) med 5 procent, eller 264 kilo per hektar i medeltal för de 4 försöken i Vadensjö. Dock fanns inget signifikant samspel (p 0,826) mellan strukturalkning och mikronäringstillförsel, d.v.s. avkastningen i vårkornet ökade med mikronäringsbehandlingen i led 2, oberoende av kalkgiva A–D.

Tabell 14. Avkastning (15 % vh) och kvalitet 2016 i försök C1-C4 Vadensjö. Vårkorn, 4 försök.

Led	Behandling	Avk. kg/ha	Avk. rel.	vh %	Avrens %	Rymdvikt g/l	Protein %	Stärkelse %
	<i>F1, strukturalk</i>							
A.	0 t/ha NKAS	5613	<u>100</u>	18,1	1,2	660	12,3	61,3
B.	4 t/ha NKAS	5477	98	18,1	1,2	688	12,4	61,0
C.	8 t/ha NKAS	5317	95	18,3	1,3	688	12,4	61,1
D.	16 t/ha NKAS	5090	91	18,3	1,4	687	12,4	61,0
	<i>F2, mikronäring</i>							
1.	Obeh.	5242	<u>100a</u>	18,2	1,3	673	12,3	61,1
2.	2 x Gramitrel	5506	105b	18,2	1,3	688	12,4	61,0
	p F1	0,423						
	p F2	0,035						
	p F1*F2	0,826						
	LSD F1	(666)						
	LSD F2	245						

Avkastning, 1 försök med höstvet

Ett försök i LOVA-14 med höstvet skördades år 2016. Det var försök D2 i Kornheddinge där det 2015 skördades vårkorn. Resultaten visas i tabell 15.

Tabell 15. Avkastning (15 % vh) och kvalitet 2016 i försök D2 Kornheddinge. Höstvet, 1 försök.

Led	Behandling	Avk. kg/ha	Avk. rel	vh %	Avrens %	Rymdvikt g/l	Protein %	Stärkelse %
A.	0 t/ha NKAS	8683	100	21,5	0,4	810	12,8	69,5
B.	4 t/ha NKAS	8648	100	21,6	0,4	810	12,9	69,4
C.	8 t/ha NKAS	8693	100	21,6	0,4	809	12,9	69,7
D.	16 t/ha NKAS	8710	100	21,6	0,4	812	12,7	69,6
	p	0,997						
	LSD	(705)						

Några signifikanta skillnader avseende avkastning, vattenhalt vid skörd, proteinhalt, stärkelsehalt fanns inte i höstvet 2016, liksom inte heller i vårkornet som skördades i detta försök 2015.

Växtnäringshalt i spannmålskärna

I tabell 16 respektive 17 redovisas halterna av de 6 makronäringsämnen och de 6 mikronäringsämnen som analyserades i spannmålskärna efter skörd.

Tabell 16. Halt av makronäringsämnen (% av ts) i spannmålskärna vid skörd 2016. Vårkorn 8 försök.

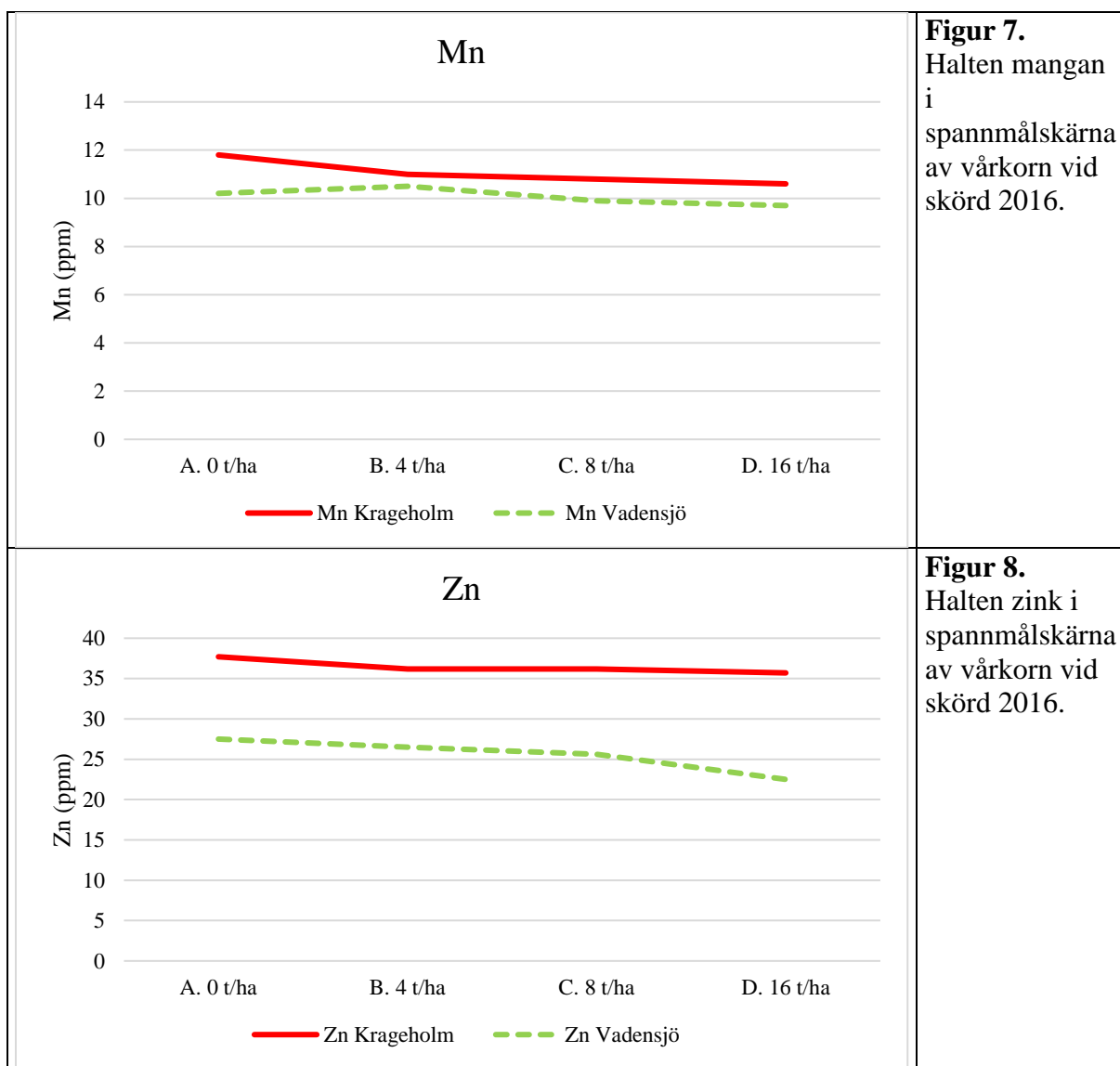
Led	Behandling	N (%)	P (%)	K (%)	S (%)	Ca (%)	Mg (%)
	<i>F1, strukturkalk</i>						
A.	0 t/ha NKAS	1,80	0,30	0,42	0,117	0,058	0,11
B.	4 t/ha NKAS	1,78	0,30	0,41	0,116	0,057	0,11
C.	8 t/ha NKAS	1,79	0,30	0,42	0,118	0,056	0,11
D.	16 t/ha NKAS	1,79	0,30	0,42	0,118	0,059	0,11
	<i>F2, mikronäring</i>						
1.	Obeh.	1,80	0,30	0,42	0,118	0,058	0,11
2.	2 x Gramitrel	1,78	0,30	0,41	0,117	0,057	0,11
	p F1	0,858	0,959	0,869	0,882	0,016	0,803
	p F2	0,382	0,116	0,120	0,506	0,098	0,405
	p F1*F2	0,583	0,622	0,449	0,640	0,045	0,178
	LSD F1	(0,05)	(0,01)	(0,01)	(0,006)	0,002	(0,003)
	LSD F2	(0,03)	(0,01)	(0,01)	(0,004)	(0,002)	(0,002)

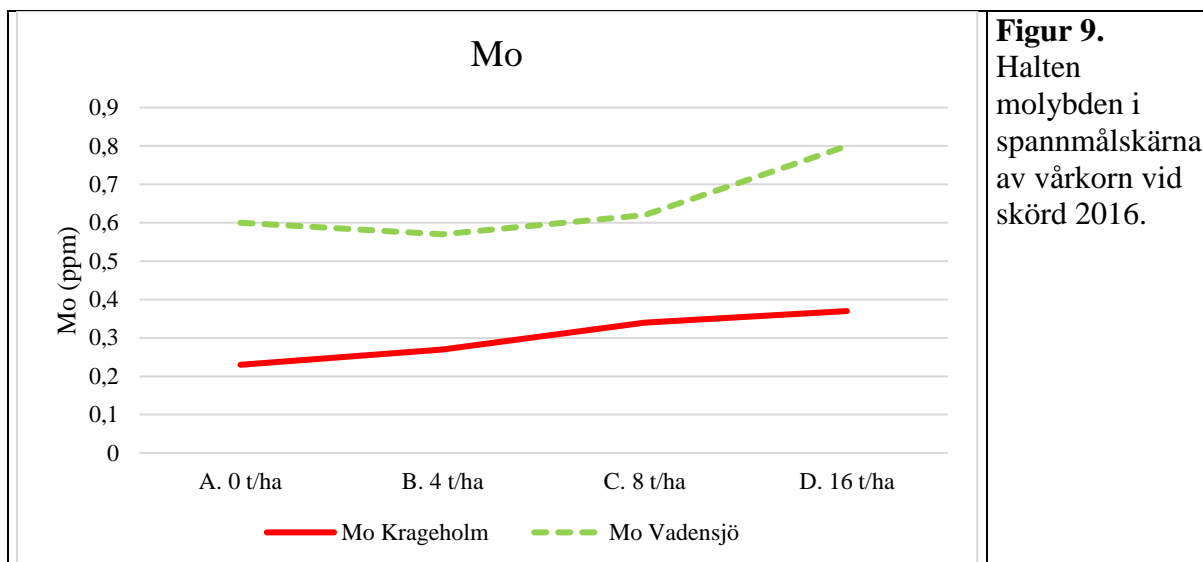
Tabell 17. Halt av mikronäringsämnen i spannmålskärna vid skörd 2016. Vårkorn 8 försök.

Led	Behandling	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	B (ppm)	Mo (ppm)
	<i>F1, strukturkalk</i>						
A.	0 t/ha NKAS	6,75	63,3	11,0	32,6	0,55	0,41
B.	4 t/ha NKAS	5,99	69,1	10,7	31,3	0,56	0,42
C.	8 t/ha NKAS	6,29	64,2	10,4	30,9	0,54	0,48
D.	16 t/ha NKAS	7,04	65,1	10,1	29,1	0,58	0,59
	<i>F2, mikronäring</i>						
1.	Obeh.	6,03	67,2	10,4	30,7	0,57	0,50
2.	2 x Gramitrel	7,00	63,7	10,8	31,2	0,54	0,45
	p F1	0,651	0,473	0,041	0,002	0,592	<0,0001
	p F2	0,093	0,218	0,094	0,387	0,156	0,042
	p F1*F2	0,687	0,836	0,340	0,445	0,576	0,952
	LSD F1	(1,8)	(7,8)	0,6	1,7	(0,05)	0,06
	LSD F2	(1,1)	(5,5)	(0,5)	(1,2)	(0,04)	0,05

Av makronäringsämnen var det bara halten av kalcium (Ca) som påverkades signifikant i medeltal för de 8 försöken. Halterna av mikronäringsämnen mangan (Mn) och zink (Zn) minskade signifikant i led C och D jämfört med obehandlat led A. Halten av molybden (Mo) ökade signifikant i led C och D jämfört med i det obehandlade A-ledet. Behandlingen med Gramitrel påverkade i medeltal för de 8 försöken enbart halten av molybden (Mo) som minskade signifikant.

De tre mikronäringsämnen som påverkades signifikant av behandlingarna med strukturkalk illustreras i figur 7–9, uppdelade på respektive försöksplats.





Uppdelade på respektive försöksplats fanns ingen signifikant minskning av Mn-halten på någon av platserna, medan Zn-halten minskade signifikant ($p < 0,008$) i led D jämfört med i led A i Vadensjö. Halten av Mo ökade signifikant på Krageholm ($p < 0,0014$) i led C och D jämfört med i led A och i Vadensjö ($p < 0,0018$) i led D jämfört med i led A.

Resultat LOVA-15

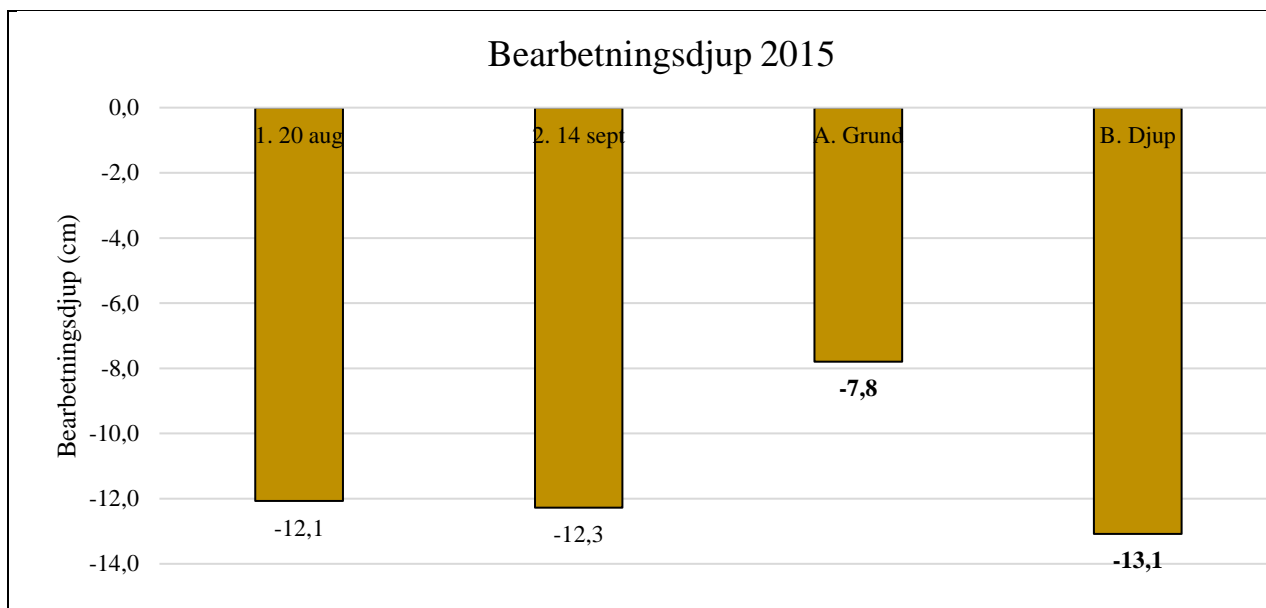
Aggregatstorleksfördelning 2015

Efter spridning och nedbrukning av strukturkalken hösten 2015 gjordes en mätning av bearbetningsdjupet och aggregatstorleksfördelningen i båda försöksserierna med olika spridningstidpunkter och bearbetningsdjup. I tabell 18 sammanfattas bearbetningsdjupen för båda serierna på de 4 platserna.

Tabell 18. Bearbetningsdjup i LOVA-15 i försök med olika spridningstidpunkter och bearbetningsdjup.

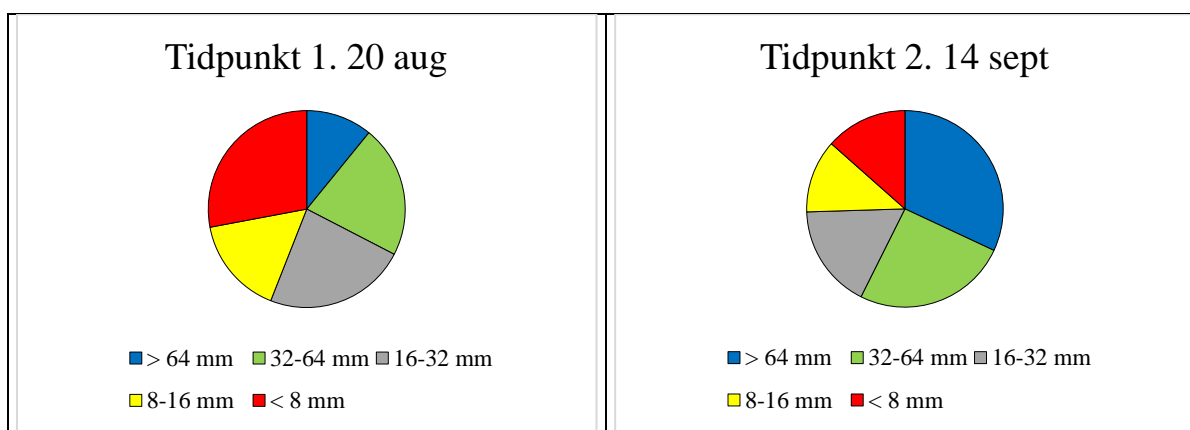
Plats	Tidpunkt		Bearbetningsdjup	
	1 (20 aug)	2 (14 sept)	A (grund)	B (djup)
Krageholm	11,5	11,3	7,6	12,8
Krapperup	ingen mätning	15,0	ingen mätning	ingen mätning
Råbelöf	15,0	14,6	8,5	14,8
Kornheddinge	7,0	8,3	7,3	11,8

I figur 10 visas bearbetningsdjupet för båda serierna som medeltal för de olika platserna. Bearbetningsdjupen i försöken med olika tidpunkter blev ungefär detsamma och skiljde sig inte åt statistiskt. I försöken med olika bearbetningsdjup var skillnaden mellan led A och B drygt 5 cm och skillnaden var signifikant.

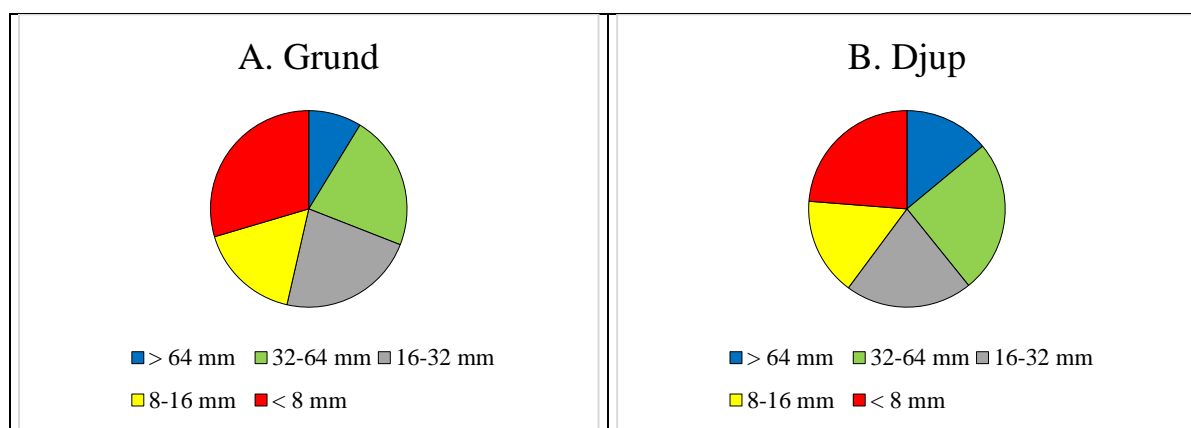


Figur 10. Bearbetningsdjup efter spridning och nedbrukning av strukturkalk i försök med olika tidpunkter (t v) och försök med olika bearbetningsdjup (t h) i augusti-september 2015. Vid tidpunkt 1 kunde inte bearbetningsdjupet mätas på Krapperup, inte heller i försöket med olika bearbetningsdjup. Bearbetningsdjupen i led 1 (12,1 cm) och led 2 (12,3 cm) var inte signifikant skilda från varandra. Bearbetningsdjupen i led A (7,8 cm) och led B (13,1 cm) var emellertid signifikant skilda från varandra och markerade med fetstil.

Aggregatstorleksfördelningen för de 4 försöken med olika tidpunkter redovisas i figur 11 och för de 4 försöken med olika bearbetningsdjup redovisas resultaten i figur 12.



Figur 11. Aggregatstorleksfördelning i augusti-september 2015 efter spridning och nedbrukning av strukturkalk vid olika tidpunkter. Medeltal av 4 försök.



Figur 12. Aggregatstorleksfördelning i augusti-september 2015 efter spridning och nedbrukning av strukturkalk vid olika bearbetningsdjup. Medeltal av 4 försök.

Aggregatstorleksfördelningen skilde sig markant åt vid de 2 olika spridningstidpunkterna med en tydlig förskjutning åt en mer finbrukad jord vid tidpunkt 1 den 20 augusti. Skillnaderna var signifikant skilda i klasserna > 64 mm (p 0,000) 32–64 mm (p 0,043) 16–32 mm (p 0,000) 8–16 mm (p 0,002) och < 8 mm (p 0,000) enligt figur 11. När klassen > 8 mm sållades i ytterligare 3 fraktioner fanns dessutom signifikanta skillnader i klasserna > 5 mm (p 0,001) och 2 mm (p 0,000) men inte i klassen 2–5 mm (ej redovisade i figur 11) I försöken med olika bearbetningsdjup fanns en signifikant större andel jord i klassen < 8 mm (p 0,016) i led A medan det i övriga storleksklasser inte fanns några säkra skillnader mellan leden A och B enligt figur 12. Också i klasserna > 5 mm (p 0,036) och 2–5 mm (0,021) fanns säkra skillnader mellan leden (ej redovisade i figur 12).

Avkastning

Det fanns inga statistiskt säkra samspel med avseende på avkastning mellan behandling och försök i vare sig försöken med olika spridningstidpunkter eller med olika bearbetningsdjup. Reaktionen för behandlingarna 1 och 2 respektive A och B var m.a.o. densamma på de olika försöksplatserna. Av det skälet redovisas i tabell 19 medeltalet för avkastning och kvalitet för de 4 försöken med olika tidpunkter för spridning och bearbetning vid nedbrukning av strukturkalk. I tabell 20 sammanfattas avkastning och kvalitet för de 4 försöken med olika bearbetningsdjup.

Tabell 19. Avkastning (15 % vh) och kvalitet 2016 i försök med olika tidpunkter. Höstvet, 4 försök.

Led	Behandling	Avk. kg/ha	Avk. rel	vh %	Avrens %	Rymdvikt g/l	Protein %	Stärkelse %
1.	Tidig	8348	103	18,2	0,7	819	11,6	70,0
2.	Sen	8106	<u>100</u>	18,3	0,9	819	11,7	69,9
	p	0,180						
	LSD	(370)						

I led 1 med den tidigare spridningen och nedbrukningen av strukturkalken var avkastningen 3 procent högre motsvarande ca 240 kg/ha, dock utan att vara statistiskt signifikant. Inte heller i kvalitetsparametrarna fanns några statistiskt säkra skillnader mellan leden 1 och 2.

Tabell 20. Avkastning (15 % vh) och kvalitet 2016 i försök med olika bearbetningsdjup. Höstvet, 4 försök.

Led	Behandling	Avk. kg/ha	Avk. rel	vh %	Avrens %	Rymdvikt g/l	Protein %	Stärkelse %
A.	Grund	8480	99	18,3	0,9	821	11,5	70,2
B.	Djup	8599	<u>100</u>	18,3	0,6	820	11,5	70,3
	p	0,276			0,039			
	LSD	(229)						

Med den grundare bearbetningen i led A var avkastningen 1 procent lägre, men skillnaden var inte statistiskt signifikant. I andelen avrens fanns en säker skillnad mellan leden A och B.

Lermineralogi

Röntgendiffraktionsanalysen visade att samtliga prover innehöll lermineralen smektit och/eller vermikulit, illit/glimmer, samt kaolinmineral och/eller klorit. Proportionerna mellan dessa varierade emellertid väsentligt. För att demonstrera detta semi-kvantitativt uppmättes intensiteten (=ytan) hos de tre starkaste lermineralreflexerna i röntgenkurvorna, vid 14, 10 och 7 Å. Det procentuella bidraget från var och en av reflexerna visas i tabell 21 tillsammans med ett beräknat s.k. SmV-index (=intensiteten 14 Å/(intensiteten 10Å + intensiteten 7Å)). SmV-indexet ger alltså en uppskattning av förhållandet mellan svällande och icke-svällande lermineral. SmV-indexet ger också en indikation på proportionerna mellan lermineral med hög (smektit, vermikulit) respektive låg (illit, klorit, kaolin) katjonbyteskapacitet (CEC).

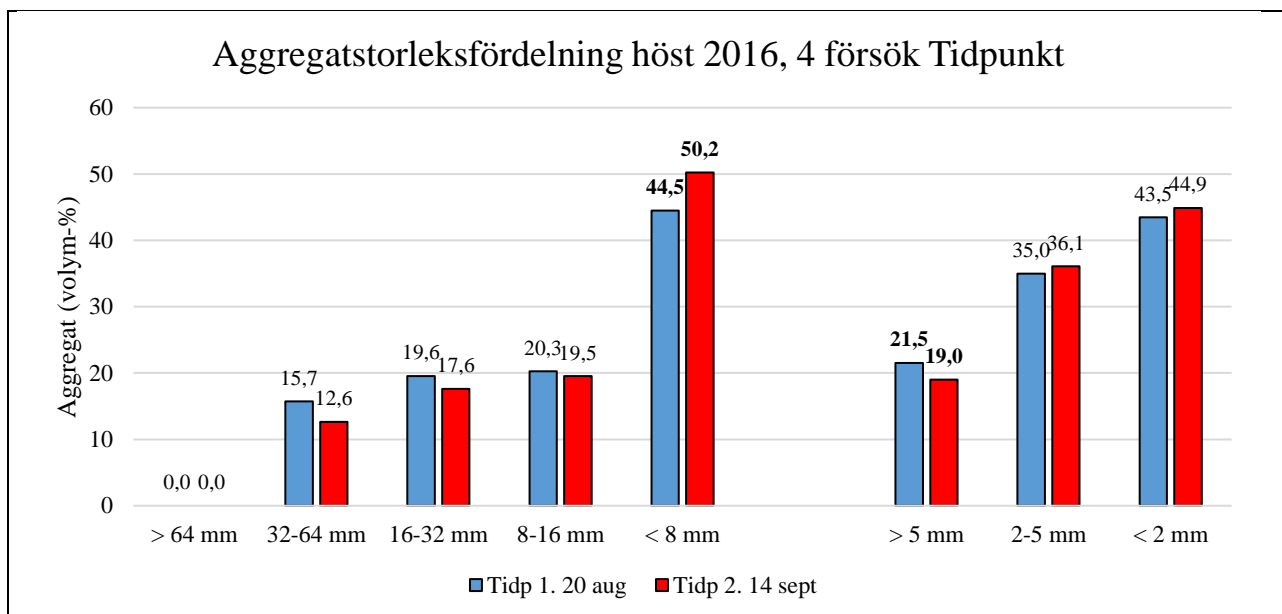
Tabell 21. Procentuellt bidrag från 14 Å-, 10 Å- och 7 Å-reflexerna samt beräknat SmV-index för proven i LOVA-15. Samlingsprov från försöken med olika spridningstidpunkter och bearbetningsdjup på samma plats.

Försöksplats/försök	Intensitet 14 Å (%) smektit/vermikulit	Intensitet 10 Å (%) illit/glimmer	Intensitet 7 Å (%) klorit/kaolinit	SmV-index
E. Krageholm	24	38	38	0,3
F. Krapperup	55	24	21	1,2
G. Råbelöf	55	21	24	1,2
H. Kornheddinge	76	11	13	3,2

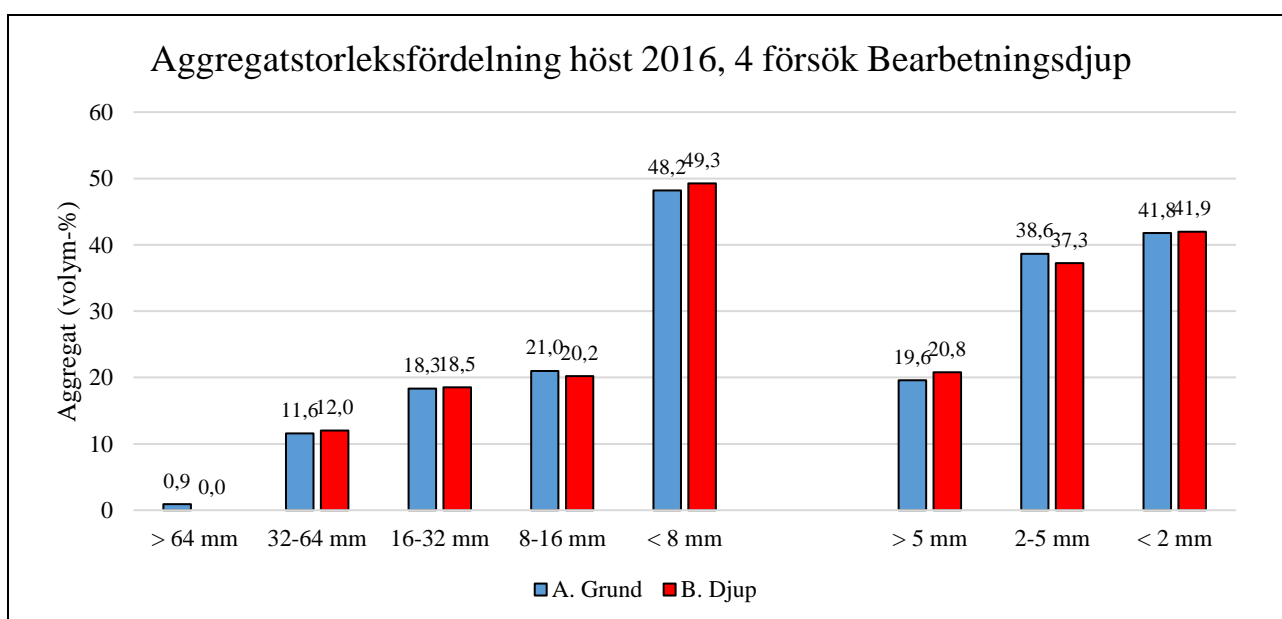
Resultaten i tabell 21 visar att det fanns stora skillnader med avseende på mineralogin inom lerfraktionen (partiklar < 2 µm). Leret i jorden från Kornheddinge innehöll en mycket större andel svällande lermineral med hög CEC, medan leret i jorden från Krageholm innehöll en mycket lägre andel av dessa lermineral. Mellan dessa båda ytterligheter skiljde det en 10-potens i andel svällande lermineral. De båda jordarna från Krapperup och Råbelöf intog en mellanställning.

Aggregatstorleksfördelning 2016

Efter tröskning av försöken hösten 2016 gjordes en stubbearbetning med 2 överfarer på samtliga platser för att möjliggöra provtagning av aggregat i storleksklassen 2–5 mm för aggregatstabilitetsanalys. Samtidigt som dessa aggregat togs ut gjordes en mätning av aggregatstorleksfördelningen. Aggregatstorleksfördelningen för tidpunktsförsöken redovisas i figur 13 och för bearbetningsdjupsförsöken i figur 14.



Figur 13. Aggregatstorleksfördelning hösten 2016 efter tröskning och grund stubbearbetning i led med olika tidpunkter för spridning och nedbrukning av strukturkalk hösten 2015. Värderna i fetstil visar en signifikant skillnad mellan leden inom aggregatklassen.

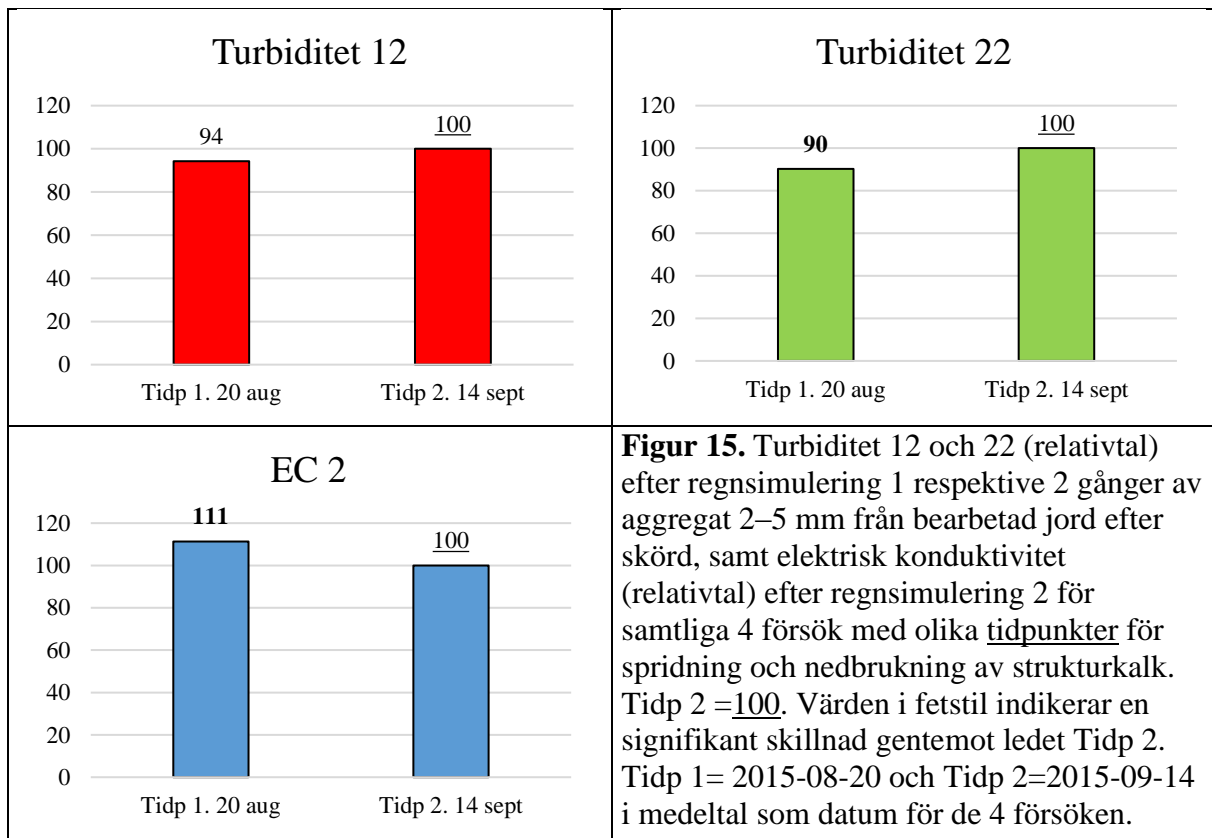


Figur 14. Aggregatstorleksfördelning hösten 2016 efter tröskning och grund stubbearbetning i led med olika bearbetningsdjup vid nedbrukning av strukturkalk hösten 2015.

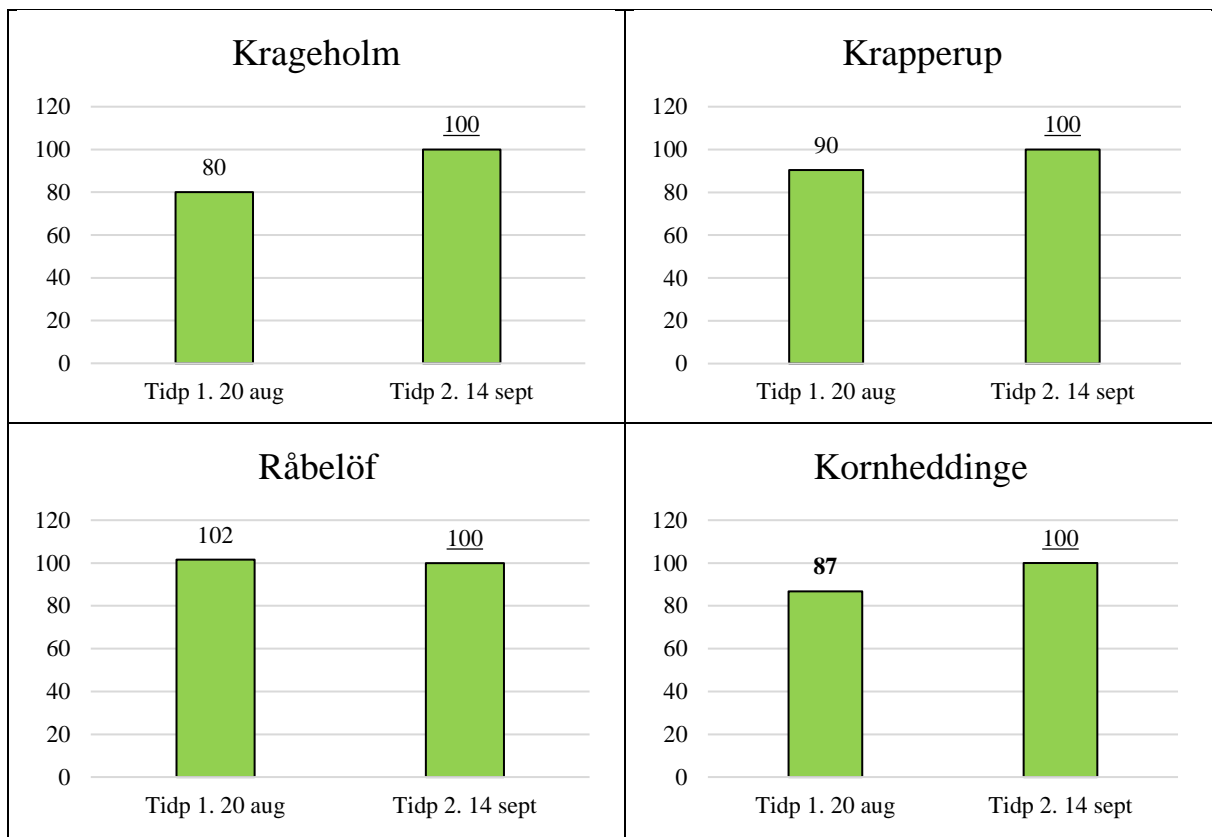
Det fanns en signifikant högre andel aggregat < 8 mm och en signifikant lägre andel aggregat > 5 mm i leden där strukturkalken spreds och brukades ner vid den senare tidpunkten. Mellan leden A och B med olika bearbetningsdjup fanns inga säkra skillnader.

Aggregatstabilitet – tidpunkter

Aggregatstabiliteten i försöken med olika spridningstidpunkter, mätt som turbiditet 12 (efter 1:a regnsimuleringen och efter sedimentation) och turbiditet 22 (efter 2:a regnsimuleringen och efter sedimentation), samt elektrisk konduktivitet efter den 2:a regnsimuleringen visas i figur 15.



Efter den 1:a bevattningen fanns en tendens till lägre turbiditet 12 i ledet med tidigare spridning och nedbrukning av strukturkalken, men skillnaden mellan tidpunkterna var inte signifikant (p 0,333). Efter den 2:a bevattningen var emellertid skillnaden i turbiditet 22 mellan leden statistiskt säkerställd (p 0,035). Strukturkalkning vid den tidigare tidpunkten (medeltal 20 augusti 2015) minskade alltså turbiditet och därmed jordförluster från aggregaten signifikant jämfört med spridning vid den senare tidpunkten (medeltal 14 september 2015). Också skillnaden i elektrisk konduktivitet var statistiskt säkerställd (p 0,000) med signifikant högre EC 2 för tidigare spridning och nedbrukning jämfört med senare. I figur 16 visas turbiditet 22 (efter 2:a regnsimuleringen och efter sedimentation) för de 4 olika försöksplatserna.



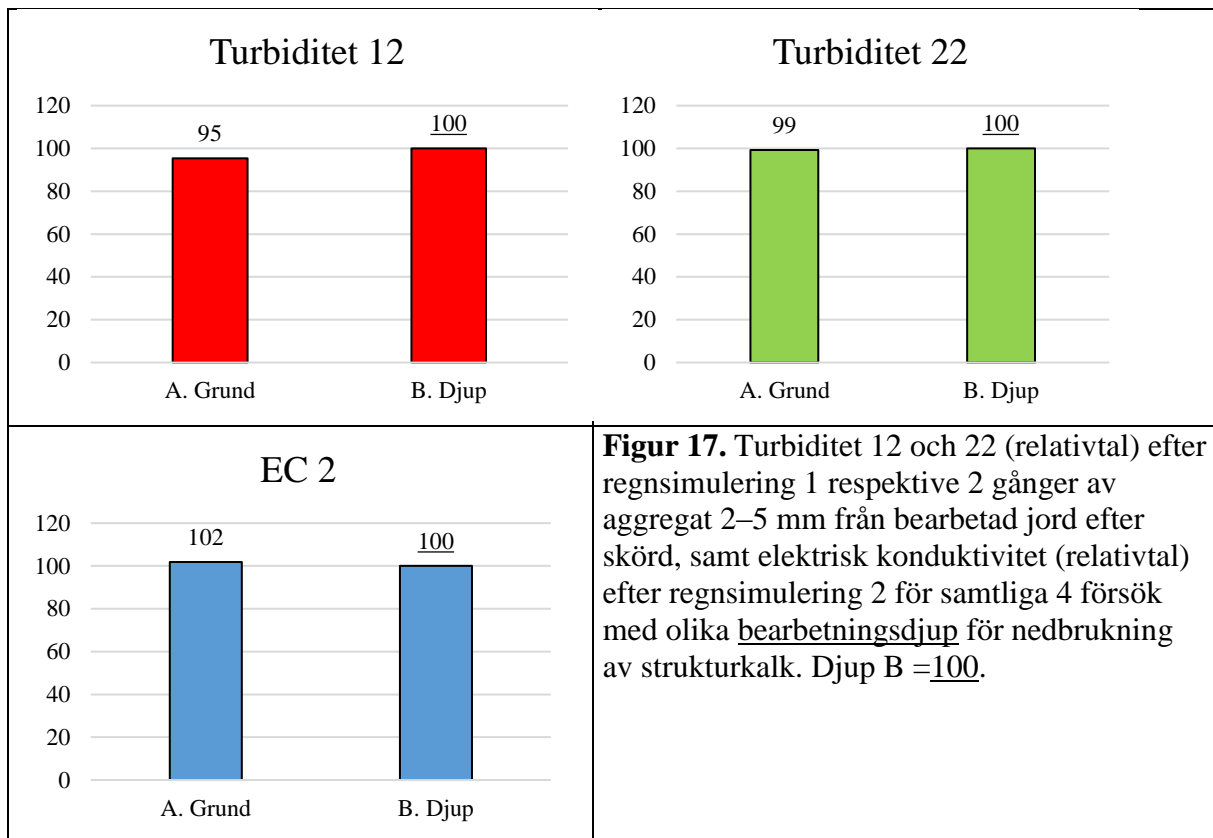
Figur 16. Turbiditet 22 (relativt) efter 2:a regnsimuleringen av aggregat 2–5 mm från bearbetad jord efter skörd, för de 4 enskilda försöken med olika tidpunkter för spridning och nedbrukning av strukturkalk.

Tidpunkt 2 = 100. Värden i fetstil indikerar en signifikant skillnad gentemot led Tidpunkt 2.

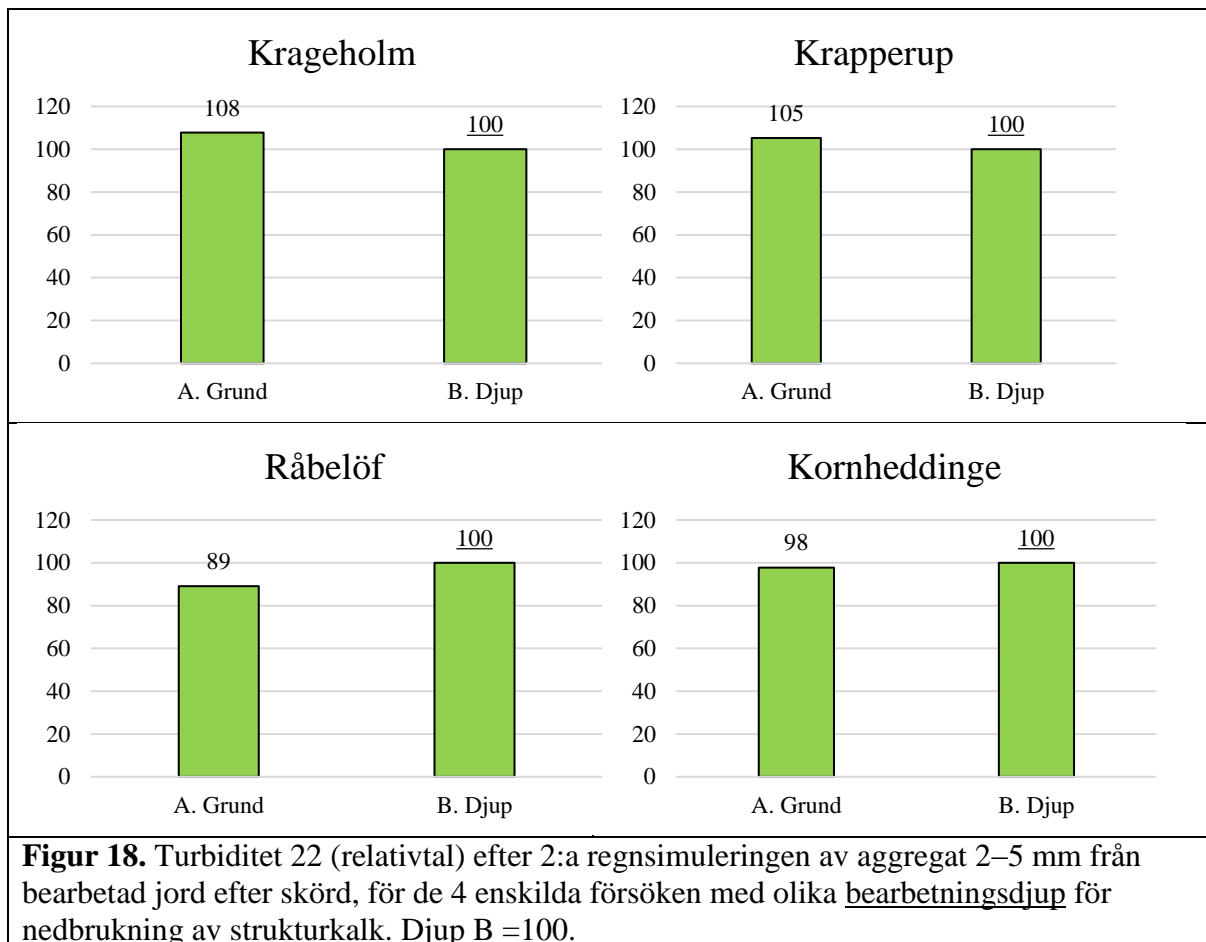
På Krageholm (p 0,055), Krapperup (p 0,485) och Råbelöf (p 0,862) fanns inga statistiskt säkra skillnader i turbiditet 22 även om resultatet från Krageholm tangerade signifikans. I Kornheddinge var dock skillnaden statistiskt säker (p 0,042) och den tidigare spridningstidpunkten gav signifikant lägre turbiditet 22.

Aggregatstabilitet – bearbetningsdjup

Aggregatstabiliteten i försöken med olika bearbetningsdjup, mätt som turbiditet 12 (efter 1:a regnsimuleringen och efter sedimentation) och turbiditet 22 (efter 2:a regnsimuleringen och efter sedimentation), samt elektrisk konduktivitet efter den 2:a regnsimuleringen visas i figur 17.



Det fanns inga signifikanta skillnader i turbiditet 12 (p 0,342), turbiditet 22 (p 0,638) eller elektrisk konduktivitet EC 2 (p 0,896) mellan de två bearbetningsdjupen A och B (figur 17). På de enskilda platserna fanns heller inga säkra skillnader i turbiditet 22 (figur 18).

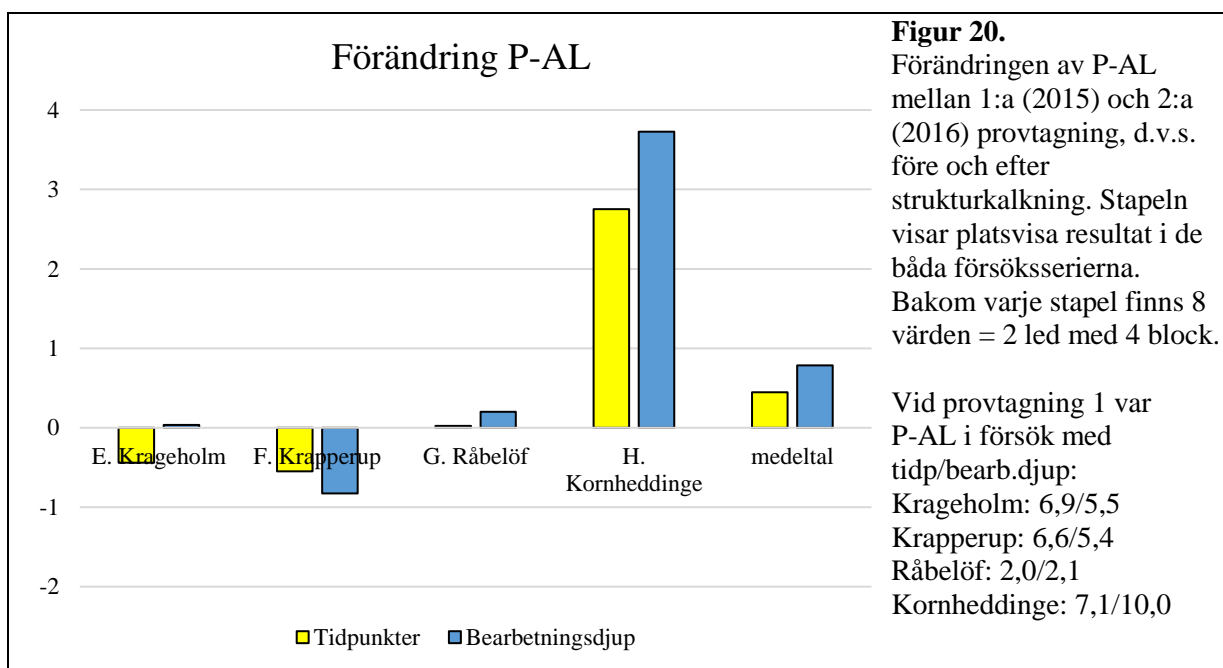
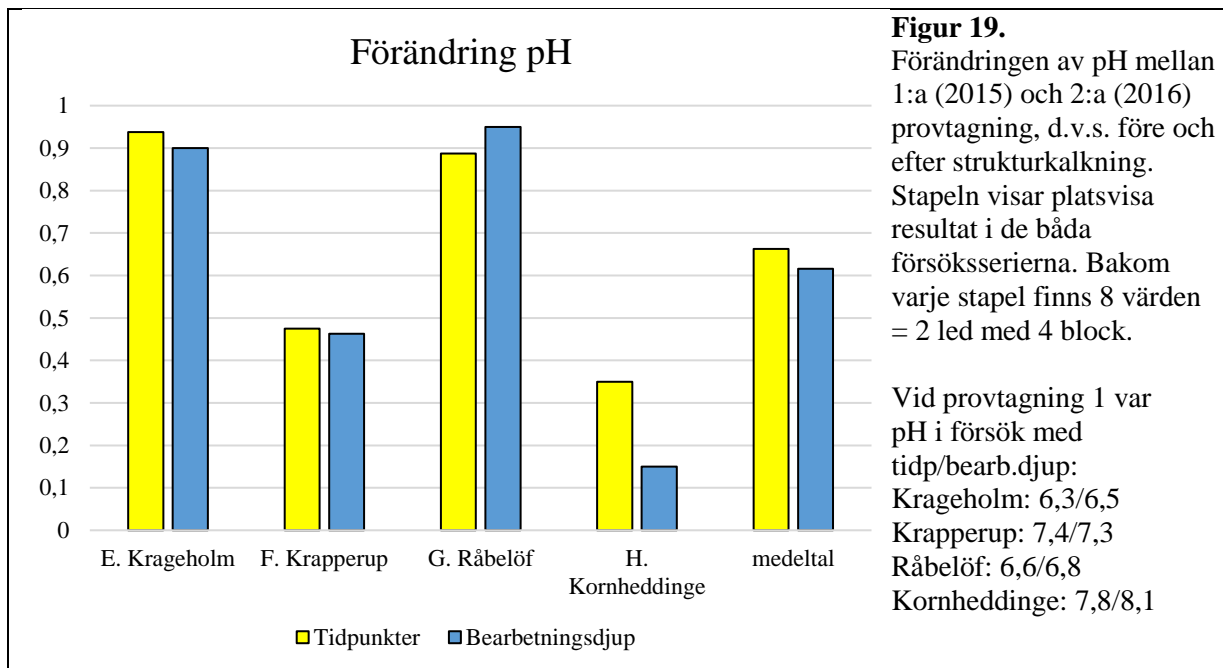


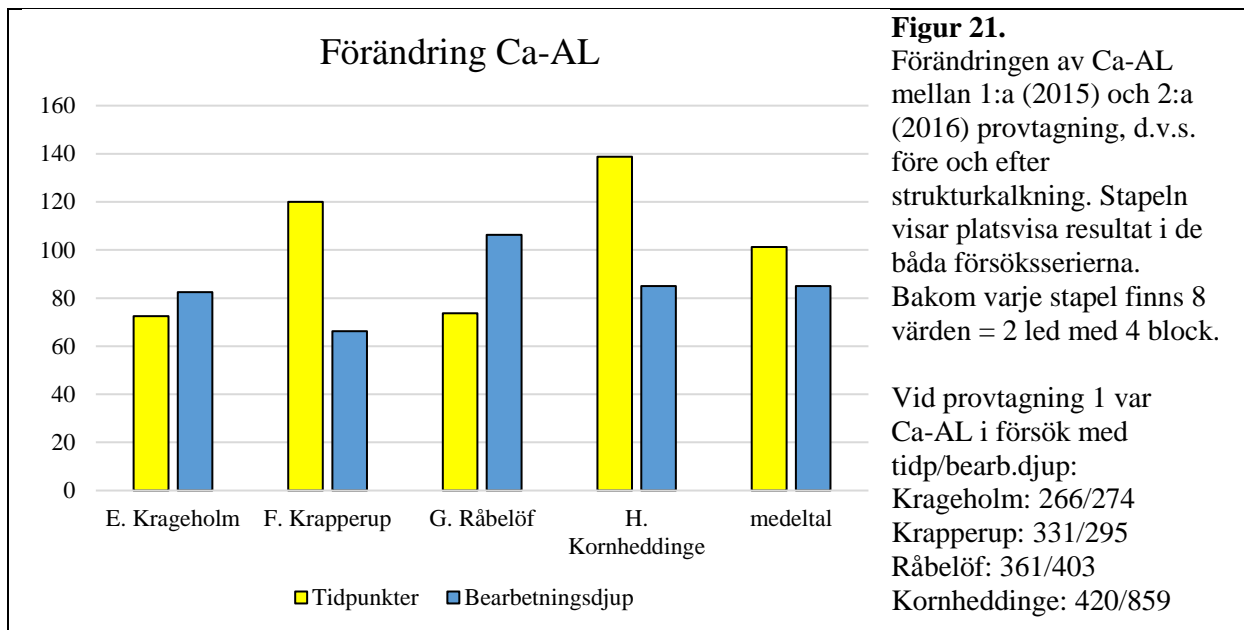
Markartering 2016

Hösten 2015 togs generalprov ut rutvis före spridning och nedbrukning av strukturralk i samtliga försök och i båda försöksserierna – se tabell 3 för dessa ingångsvärden. Efter skörd av höstvet 2016 togs nya generalprov ut rutvis för att följa upp förändringar i bl.a. pH men också i andra markvariabler.

Mellan leden 1 och 2 i försöksserien med olika tidpunkter fanns inga signifikanta skillnader i pH, P-AL eller Ca-AL vid den 2:a provtagningen hösten 2016. Det fanns heller inga signifikanta skillnader i dessa variabler mellan led A och B i försöksserien med olika bearbetningsdjup. Med andra ord fanns inga säkra skillnader hösten 2016 i pH, P-AL eller Ca-AL som resultat av olika spridningstidpunkter eller olika bearbetningsdjup.

Däremot fanns tydliga skillnader över tiden. I figur 19, 20 och 21 visas förändringen i pH, P-AL och Ca-AL mellan åren (augusti–september 2015 och augusti–september 2016), d.v.s. före och efter strukturralkning.





Diskussion

I både LOVA-14 och LOVA-15 framkom intressanta resultat under skördeåret 2016 som har bäring på hur strukturkalkning hanteras de kommande åren.

Minskad tillgänglighet av mikronäringsämnen

Det fanns i LOVA-14 ett generellt mönster i CAT-analyserna som pekade på att strukturkalkningen minskade tillgängligheten av mikronäringsämnena jämfört med i det obehandlade A-ledet. Dock var det bara för koppar (Cu) och järn (Fe) som minskningen var signifikant säkerställd i medeltal för de 8 försöken. Dessutom var det bara i led D med dubbel giva strukturkalk som den statistiskt säkerställda minskningen inträffade jämfört med i obehandlat A-led. För leden B och C med halv och hel giva strukturkalk fanns bara tendenser till minskningar i tillgänglighet av koppar, järn, mangan och zink, men inga säkra skillnader. Det är viktigt att notera att det vid rekommenderade mängder kalk inte gick att spåra säkra minskningar.

Uppdelat på de två försöksplatserna fanns det på Krageholm inga säkra skillnader i tillgänglighet av något mikronäringsämne mellan kalkningsleden. I Vadensjö var däremot minskningen signifikant för koppar och järn. För mangan fanns en klar tendens att halten minskade med ökad giva strukturkalk, dock utan att vara signifikant. Men viktigare i sammanhanget är att nivån i led D med dubbel giva strukturkalk låg under riktvärdet på 30–50 mg/kg jord.

En markvariabel som påverkar tillgängligheten av mikronäringsämnena och som skiljer platserna åt är pH. På Krageholm varierar pH-värdena mellan de 4 försöken mellan 6,4 och 7,0 medan de i Vadensjö varierar mellan 7,4 och 8,3. Möjligen kan de höga pH-värdena i Vadensjö förklara varför tillgängligheten minskade tydligast på denna plats.

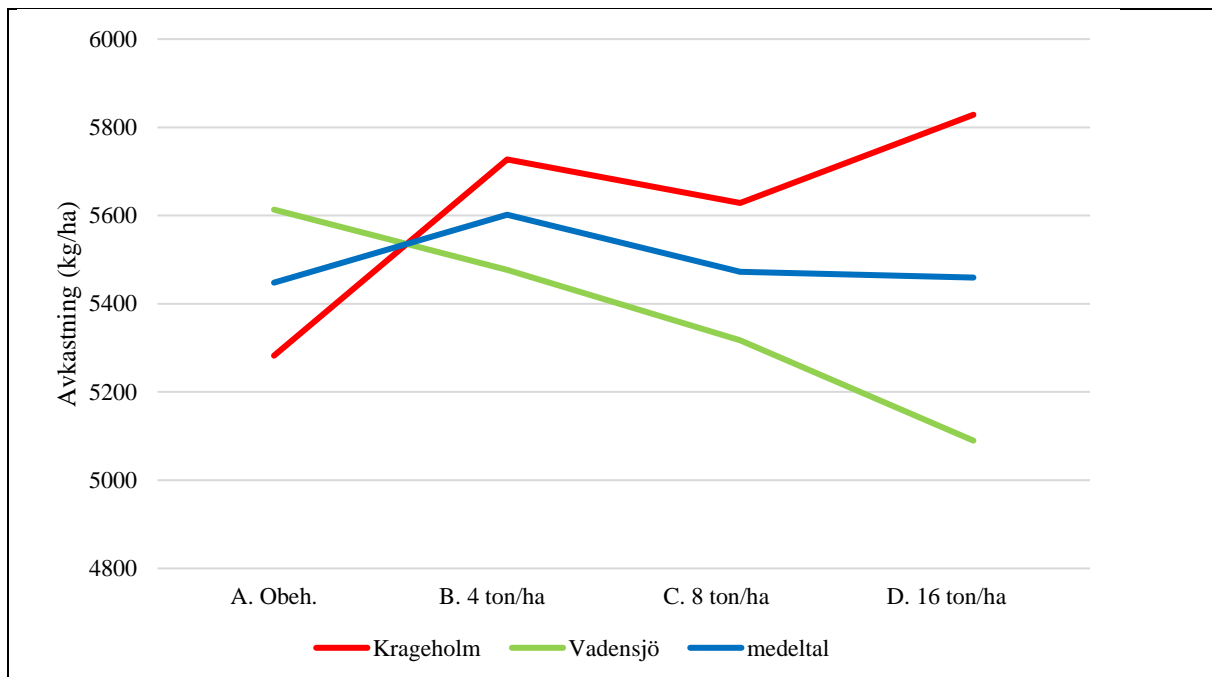
Växtnäringshalterna i spannmålskärna sjönk

På samma sätt fanns ett mönster av minskade halter av mikronäringsämnena i spannmålskärnan vid skörd. I medeltal för de 8 försöken minskade halterna av mangan (Mn) och zink (Zn) signifikant medan halten av molybden (Mo) ökade signifikant i leden C och D i jämförelse med det obehandlade A-ledet. Resultaten är logiska och rimliga eftersom både

lösligheten och växttillgängligheten av Mn och Zn minskar med ökande pH, medan lösligheten och växttillgängligheten ökar för Mo när pH stiger. Uppdelade på respektive plats fanns en tydligare effekt av förändrade mikronäringshalter i Vadensjö. Kritiska halter för kornkärna, under vilka 5–10 % skördenedsättning kan väntas, finns för några mikronäringsämnen. För Cu och Zn låg halterna i samtliga led på båda platserna väl över dessa kritiska halter. Men för Mn (kritisk halt 9–10 ppm) sjönk halten med ökande giva strukturkalk på båda platserna och tangerade dessutom den kritiska nivån i Vadensjö vid de högsta givorna i led C och D. Hur strukturkalkningen påverkar tillgången av mikronäringsämnen bör klargöras och hållas under uppsikt framöver.

Avkastning spretade

Eftersom det inte fanns några signifikanta samspel mellan kalkbehandling och avkastning i LOVA-14 är det korrekta sättet ur strikt statistisk synpunkt att redovisa avkastningsresultaten från samtliga 8 försök tillsammans. Då kan man konstatera att det i medeltal för de 8 försöken i LOVA-14 inte fanns någon signifikant säkerställd effekt på avkastningen av vårkorn 2016 efter den strukturkalkning som gjordes hösten 2014. Med resultaten uppdelade på de två försöksplatserna enligt figur 22 blir dock bilden annorlunda, mer nyanserad och möjligen intressantare för fortsatt utvecklingsarbete.



Figur 22. Avkastning av vårkorn (15 % vh) i LOVA-14 år 2016 på Krageholm, i Vadensjö och som medeltal för de båda platserna. Summa 8 försök med 4 försök per plats.

Uppdelade på respektive plats blir avkastningskurvorna varandras spegelbilder. Medan strukturkalkningen tenderade att öka avkastningen på Krageholm hade den motsatt effekt i Vadensjö.

Mikronäringsbrist i Vadensjö?

Någon klar orsak till att platserna reagerade så diametralt olika för strukturkalkningen går inte att uttala sig om med någon säkerhet. Dock pekar resultaten på att minskad tillgänglighet av mikronäring i jorden i Vadensjö resulterade i tydligare lägre halter av mikronäring i kärnan på framför allt denna plats som möjligen i sin tur sänkte avkastningen av vårkorn här. Tillväxtbegränsningar som resultat av förändrad tillgång av mikronäring är åtminstone inte

uteslutet i Vadensjö. För detta antagande talar också det faktum att behandlingen med mikronäring i form av 2 x Gramitrel gav en signifikant skördeökning i Vadensjö, dock utan att det gick att påvisa något samspel mellan strukturkalkning och mikronäringsbehandling.

Avdunstningskydd på Krageholm?

På Krageholm går i resultaten inte att spåra någon motsvarande minskning av tillgänglighet i jorden och reducerat upptag av mikronäring i vårkornkärnan. På denna plats ökade tvärtom avkastningen och orsaken till denna går alltså inte att härleda till frågan om mikronäring i jord och kärna.

Möjligen påverkade strukturkalkningen på Krageholm i stället aggregatstorleksfördelningen på ett fördelaktigt sätt med mer finbrukad såbädd där jorden hade fått strukturkalk. Med mer fina aggregat i såbädden minskar vattenavdunstningen och detta kan ha spelat roll under den torra våren 2016 då det på Krageholm bara föll 24 mm från sådden den 23 mars 2016 och en dryg månad framåt. För tankarna om en förbättrad aggregatstorleksfördelning talar att det var försöket med högst lerhalt på Krageholm som uppvisade de största avkastningsökningarna av strukturkalkning på som mest nästan 20 % – en ökning som var signifikant säkerställd.

Resonemanget om aggregatstorleksfördelning och vattenavdunstning förblir en gissning eftersom aggregatstorleksfördelningen inte mättes i dessa försök i LOVA-14.

Det går heller inte att utesluta att den ursprungliga lermineralogin kan ha påverkat det varierande utfallet i avkastning mellan platserna Krageholm och Vadensjö. På Krageholm är andelen svällande lermineral mycket lägre (SmV-index 0,6) än i Vadensjö (SmV-index 2,9). Det är möjligt att också denna variabel påverkade utfallet.

Finare bruk vid tidig spridning

I LOVA-15 i försöken med olika spridningstidpunkter visade aggregatstorleksfördelningen strax efter spridning och nedbrukning av kalken hösten 2015, att jorden var mer finbrukad vid den tidigare spridningen den 20 augusti jämfört med vid den senare den 14 september.

Tillsammans utgjorde de båda klasserna med grova aggregat (> 64 mm och 32–64 mm) ca 33 % av alla aggregat i det bearbetade skiktet vid den tidiga tidpunkten, men nästan dubbelt så mycket (57 %) vid den sena tidpunkten för spridning och nedbrukning. Samma bild, men inte lika uttalad, fanns i försöken med olika bearbetningsdjup, där den grundare bearbetningen visade på en högre andel fina aggregat. Vid mätning av aggregatstorleksfördelningen ett år senare (augusti-september 2016) efter tröskning fanns dock inte denna skillnad kvar. Tvärtom fanns det i försöken med olika spridningstidpunkter en högre andel fina aggregat (< 8 mm) där kalken spreds och nedbrukades vid den senare tidpunkten den 14 september. I försöken med olika bearbetningsdjup fanns inga signifikanta skillnader i aggregatstorleksfördelning.

Stabilare aggregat vid tidig spridning

De aggregat i storleksklassen 2–5 mm som togs ut hösten 2016 visade signifikant högre aggregatstabilitet i försöken där kalken hade spridits och brukats ner tidigt (20 augusti) jämfört med sent (14 september). Skillnaden är sannolikt en effekt av både tid och temperatur. Strukturkalken som spreds tidigt hann verka längre och dessutom under en period med högre temperatur än den som spreds i medeltal 25 dagar senare i mitten av september. Också när det gäller effekten av strukturkalk bör man alltså tänka i termer av daggrader. För resonemanget talar också den signifikant högre elektriska konduktiviteten vid tidig spridning, d.v.s. mer kalk hann lösas ut i jorden när den spreds i augusti än i september. Den högre aggregatstabiliteten kan också vara en effekt av att jorden var mer finbrukad vid den tidiga spridningstidpunkten och att det alltså fanns fler kontaktytor för jord och kalk att mötas på.

Någon skillnad i aggregatstabilitet gick inte att mäta i försöken med olika bearbetningsdjup. Antagandet att strukturkalkens effekt på aggregatstabiliteten är ett resultat av hur mycket

kalken koncentreras eller späds ut i det bearbetade skiktet, gick därmed inte att bekräfta. Möjligen var skillnaden på bara 5 cm i bearbetningsdjup för liten för att kunna mäta någon effekt av bearbetningsdjup.

Inga säkra skillnader i avkastning

Vid tröskning av försöken framkom inte några säkra skillnader i avkastning av höstvetete, vare sig i försöken med olika spridningstidpunkter eller i försöken med olika bearbetningsdjup. Avkastningen var 3 procent högre vid den tidigare spridningstidpunkten, men skillnaden var alltså inte signifikant. Resultaten pekar trots allt i samma positiva riktning för både aggregatstabilitet och avkastning, d.v.s. det fanns i dessa 4 försök som skördades 2016 en fördel för både miljö och odlingsekonomi i att kalken spreds och brukades ner tidigt.

pH och Ca-AL steg

Vid strukturkalkning kan pH-värdet momentant höjas till uppåt pH 12 eftersom den släckta kalken är mycket löslig i markvätskan. Den bestående effekten ca 1 år efter provtagningen var i LOVA-15 dock mycket mindre och inskränkte sig i medeltal till ca 0,6 pH-enheter. Den största förändringen på nästan 1 pH-enhet noterades på Krageholm och Råbelöf med lägst start-pH kring 6,4–6,7. I Kornheddinge med start-pH över 8 var förändringen betydligt mindre.

Mer ensartad var effekten av strukturkalkningen på mängden lättlösligt kalcium (Ca-AL) ett år efter spridning där samtliga 8 försök på de 4 platserna reagerade på liknande sätt med en ökning på ca 80–100 mg Ca/100 g jord i absoluta tal. I relativa tal var dock ökningen av lättlösligt kalcium annorlunda med en ökning med mellan ca 20 och 50 procent på de olika försöksplatserna.

Effekten av strukturkalkningen med samma giva på 8 ton Nordkalk Aktiv Struktur gav olika resultat på mängden lättlöslig fosfor (P-AL) ett år efter spridningen. På 3 av platserna var mängden lättlöslig fosfor oförändrad eller svagt negativ mätt 1 år efter kalkningen, medan den ökade i Kornheddinge som hade högst P-AL-status redan före kalkning. Att förstå och klargöra hur strukturkalkning påverkar mängden lättlöslig fosfor i jorden är en fråga som har hög prioritet i fortsatta projekt och studier av strukturkalkningens effekter på både fosforförluster och avkastning.