

Lägre motstånd i marken med strukturkalk

Författare: Jens Blomquist, Sven-Erik Svensson, Kerstin Berglund

Strukturkalkning är en åtgärd med primärt syfte att minska risken för fosforförluster från lerjordar. Med insatsen följer dock även andra positiva effekter på marken. En sådan är att dragkraftsmotståndet i marken minskar vid jordbearbetning och att jorden blir lättare att bearbeta, enligt mätningar i strukturkalkningsförsök i Skåne.

Med LOVA-stödets införande (statens stöd till lokala vattenvårdsåtgärder) kring 2010 blev strukturkalkning en utbredd åtgärd för att minska risken för s.k. partikulära fosforförluster. Åtgärden har satts in på nästan 70 000 hektar svenska lerjordar. I de flesta fall är det marknadens blandprodukter av kalkstensmjöl/kross (CaCO_3) och släckt kalk ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) som används.

Ett pussel av kunskap

Parallellt med att strukturkalkningen tog fart har ett omfattande utvärderingsarbete genomförts där ett pussel av kunskap kring strukturkalkningens effekter på både jord och grödor fogats samman (Blomquist, 2021). Grunddragen bland det vi har samlat kunskap kring listas nedan:

- **Vi vet** att strukturkalkningen i medeltal ger en ökad aggregatstabilitet på lerjordar, och att effekten kan sitta i minst sex år. Just nu pågår ett projekt där vi provtar i fältförsök som kalkats ca 12–14 år tidigare, för att undersöka långtidseffekten.
- **Vi vet** emellertid också att det finns ett samspel mellan strukturkalkning och jordtyp, d.v.s. att alla jordar inte reagerar på samma sätt. Precisionen måste alltså öka. *Hög lerhalt och lågt pH förefaller öka effekten av strukturkalk på aggregatstabilitet, men fler markvariabler spelar roll.*
- **Vi vet** att strukturkalkning kan förskjuta aggregatstorleksfördelningen i den bearbetade zonen mot högre andel fina aggregat och lägre andel grova aggregat. Det är en bonuseffekt som för lantbrukaren innebär att det går att dra ner på bearbetningsintensiteten.
- **Vi vet** att responsen för strukturkalk varierar ganska stort mellan olika slags grödor.
- **Vi vet** att både tillgång och upptag av flera mikronäringsämnen påverkas, men att något samspel mellan växtnäring och strukturkalk hittills inte har gått att finna.



Dragkraftsmätning på Hulta den 11 augusti 2020. TopDown-kultivatoren kördes vinkelrätt mot behandlingarna med strukturkalk i olika givor från 0 till 16 ton per hektar. På det sättet fångades det horisontella motståndet i marken upp och mätningarna visade att strukturkalkning minskade dragkraftsmotståndet med 7 procent i medeltal för de olika givorna. Foto: Jens Blomquist

Behov att kvantifiera dragkraftsmotstånd

Vi vet alltså en del om strukturkalkens effekter, men när detta projekt initierades 2020 saknades kunskap om dragkrafts- och penetromotstånd, d.v.s. om strukturkalkningen påverkar horisontellt och vertikalt motstånd. Dessa effekter är av stor praktisk betydelse i lantbruket. Inga undersökningar kring dragkraftsmotstånd efter strukturkalkning var genomförda i Sverige sedan 1960-talet. Dagens blandkalk fanns inte på marknaden då så det behövdes nya undersökningar för att kvantifiera effekter med dagens blandprodukter.

Från 0 till 16 ton/ha strukturkalk

Vi genomförde mätningarna i augusti–september 2020 i åtta fältförsök i Skåne där kalkningen hade genomförts 2014, 2016, 2017 och 2018. Försöksdesignen i fältförsöken innehöll fyra led med stigande givor av strukturkalkningsprodukten Nordkalk Aktiv/Fostop Struktur.

- A. Obehandlad – 0 ton per hektar
- B. Halv giva strukturkalk – 4 ton per hektar
- C. Hel giva strukturkalk – 8 ton per hektar
- D. Dubbel giva strukturkalk – 16 ton per hektar

Vid etableringen lades försöken ut i randomiserad block-design med tre upprepningar. Strukturkalkningsprodukten (Nordkalk Aktiv Struktur/Fostop Struktur; Nordkalk, Pargas, Finland) var en blandning av cirka 80–85 % kalkstensmjöl och 15–20 % släckt kalk, med en vattenhalt på 15–25 % och volymvikt 0,8–1,0 ton per m³.

Samtliga försöksjordar var mellanleror

Textur, mullhalt och pH-värden i de åtta fältförsöken före kalkning sammanfattas i tabell 1 nedan. Lerhalten i försöken varierade mellan 26 och 38 %, så samtliga försöksjordar var mellanleror. Jordarnas mullhalter varierade mellan 2,6 och 5,2 %. Variationen i ler- och mullhalt var egenskaper som vi förväntade oss skulle påverka penetrometer- och dragkraftsmotstånd.

Ett brett samarbete

För fältarbetet engagerades två lantmästarstudenter som hjälpte till att utföra både penetrometer- och dragkraftsmätningar i sitt examensarbete (Sjöberg and Kårhammer, 2021). Penetrometermätningarna skedde med hjälp av Institutionen för biosystem och teknologi vid SLU Alnarp där tillgång till denna utrustning finns. För dragkraftsmätningarna samverkade vi med Väderstad AB som bidrog med teknisk mätutrustning, men också ställde upp med teknisk support under mätningarna och vid utvärderingen.

Ingen skillnad i vattenhalt mellan kalkled

Det fanns inga signifikanta skillnader i gravimetrisk vattenhalt mellan kalkbehandlingarna ($p=0,798$). Tidigare studier (Arvidsson et al., 2004) visade att specifikt dragkraftsbehov var starkt beroende av vattenhalten i marken, och att dragkraftsbehovet ökade med minskande vattenhalt. Eftersom



Kultivatoren var utrustad med ett specialbyggt drag utvecklat av Väderstad AB och försett med trådtöjningsgivare. Dessa består av tunna trådar som töjs eller komprimeras ihop med stålet i dragöglan när denna blir påverkad av yttre laster. Trådarnas resistansförändring kan användas till att räkna fram de yttre lasterna på draget, i tre olika riktningar. Dragkraftsbehovet uppskattade alltså horisontellt motstånd i jorden efter tröskning av grödorna. Foto: Jens Blomquist.

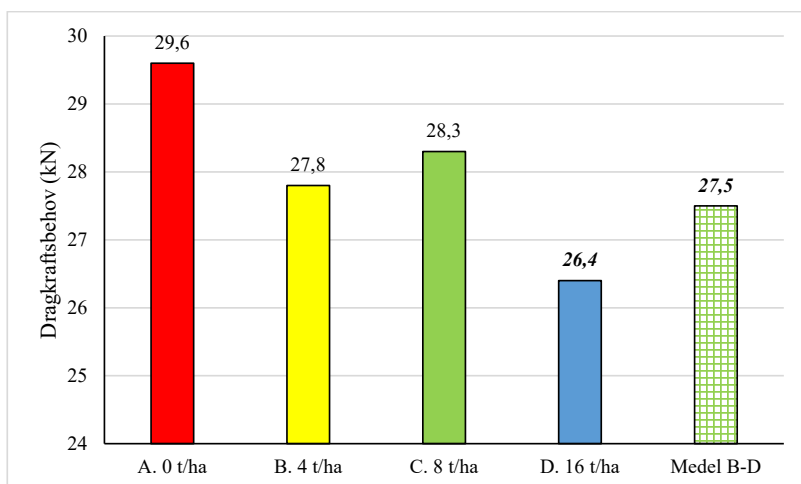
markvattenhalten påverkar dragkraftsbehovet var det avgörande att vattenhalten inte skiljde sig åt mellan behandlingarna och eventuellt skulle kunna maskera effekten av strukturkalkningen. Så var alltså inte fallet.

Mindre markmotstånd med kalk

Variansanalyserna visade att pH-värdet före kalkning, växttillgängligt kalcium (Ca-AL-halt), mullhalt och andelen sand/grovmo enskilt, eller i kombinationer av dessa variabler, inte signifikant påverkade kalkningsbehandlingens effekt på dragkraftsbehovet. Den enda variabel som påverkade utfallet var lerhalt ($p=0,021$). Av denna anledning fortsatte analysen med lerhalt inkluderad som en kovariat. Det betyder att analysen fortsatte utan att den varierande lerhalten mellan parcellerna överskuggade effekten av strukturkalkbehandlingen. Det genomsnittliga dragkraftsbehovet vid jordbearbetningen som funktion av strukturkalk visas i figur 1. Med lerhalt inkluderad som en kovariat fanns det signifikanta skillnader i dragkraftsbehov mellan försöken ($p < 0,001$), och även signifikanta behandlingseffekter ($p=0,002$), men inget statistiskt samspel mellan försök och behandling ($p=0,430$). Parvisa jämförelser avslöjade signifikanta skillnader mellan kontrolleret och led D, men inte mellan kontrolleret och led B och C (figur 1).

Tabell 1. Mullhalt (%) och kornstorlek (%) samt pH_{H2O} i matjorden (0–20 cm) i de åtta försöken före strukturkalkning

Fältförsök	Mullhalt	Sand & grovmo	Finmo & mjäla	Ler	pH _{H2O}
		>60 µm	2-60 µm	<2 µm	
Kornheddinge - lägre lerhalt	2,8	49,9	24,3	25,8	7,8
Kornheddinge - högre lerhalt	2,6	45,8	25,8	28,5	7,8
Stureholm – lägre lerhalt	4,4	35,8	28,9	35,3	7,0
Stureholm - högre lerhalt	4,4	30,0	32,4	37,6	7,0
Skottlandshus - lägre mullhalt	4,1	18,0	44,4	37,6	8,3
Skottlandshus - högre mullhalt	5,2	18,8	50,2	31,0	7,1
Hulta - lägre P-AL	3,8	45,3	25,9	28,8	7,0
Hulta - högre P-AL	3,9	43,8	29,1	27,1	7,3



Figur 1. Dragkraftsbehov (kN) vid jordbearbetning i augusti-september 2020 som medeltal av sju av sammanlagt åtta försök (Hulta LP exkluderat) med stigande givor av strukturkalk. De två värdena i kursiv fetstil visar en signifikant skillnad gentemot obehandlad led A. Stapel längst t.h. visar resultatet av en kontrastberäkning d.v.s. medelvärde av alla strukturkalkningsbehandlingar (led B-D med 4, 8 och 16 t/ha) i jämförelse med den obehandlade kontrollen (led A) utan kalk.

Olika reaktion i olika försök

En uppdelning av materialet efter försöksplatserna (med två försök per plats) visade en signifikant behandlingseffekt ($p=0,005$) i Kornheddinge, med signifikanta skillnader mellan kontrollet A och alla kalkningsbehandlingar B–D. På Stureholm fanns också en signifikant behandlingseffekt ($p=0,019$), men med signifikanta skillnader endast mellan kontroll och led D. På Skottlandshus och Hulta fanns inga signifikanta effekter av strukturkalkning. Det var med andra ord en betydande skillnad i behandlingseffekt mellan försöksplatserna.

För att bedöma den generella effekten på dragkraftsbehovet av strukturkalkning jämfördes den obehandlade kontrollen (led A) mot medelvärdet för alla strukturkalkningsbehandlingar (led B–D). Denna s.k. kontrast visade en signifikant effekt av strukturkalkning ($p=0,002$), med en genomsnittlig minskning av dragkraftsbehovet på 7 % (se figur 1).

Tyngre vid ökad lerhalt

I tidigare studier har olika markvariabler visat sig vara relaterade till dragkraftsbehovet. Watts et al. (2006) beskriver den relativa betydelsen av lerhalt (18–38 %), organiskt kol i marken (1,13–1,51 %) och odlingssystemeffekter som stallgödselspridning på specifikt dragkraftsbehov vid plöjning i de långliggande fältförsöken på Rothamsted, Storbritannien. De fann att det specifika dragkraftsbehovet ökade med stigande lerhalt och minskade med stigande halt av organiskt kol. Regressionsanalys i vår studie visade att dragkraftskravet ökade med 0,31 kN för varje 1 % ökning av den totala lerhalten i okalkad jord, vilket ligger i linje med vad Watts et al. (2006) fann.

Lättare att dra efter regn

Ericsson et al. (1975) undersökte dragkraftsbehovet på en styv lerjord med ökande givor av bränd kalk från 0 till 40 t/ha, under både torra och fuktiga förhållanden. De fann att högre mängder bränd kalk minskade dragkraftsbehovet avsevärt under torra förhållanden. Dragkraftsbehovet minskade dock markant när mätningarna upprepades cirka en vecka senare efter 25 mm regn, då dragkraftsbehovet i okalkad jord minskade med 85 % jämfört med det som uppmätts under torra förhållanden.

Inget linjärt samband

Siman et al. (1984) utvärderade effekten på dragkraftsbehovet av ökande givor av kalciumkarbonat (jordbrukskalk) respektive kalciumoxid (bränd kalk). Mätningarna genomfördes under en 10-årsperiod efter kalkspridning och visade att båda kalkprodukterna avsevärt minskade dragbehovet, men på olika sätt. Stegvisa ökningar av givan av kalciumoxid minskade successivt dragbehovet, medan minskningen av dragbehovet för kalciumkarbonat var oberoende av kalkgivan och inträffade redan vid den lägsta kalkgivan. Detta stämmer med våra resultat, där vi inte heller fann något linjärt samband mellan kalkgiva och dragkraftsbehov för strukturkalkningsprodukten som består av ca 80–85 % kalciumkarbonat.

Lägre dieselförbrukning som följd

Resultaten i vår studie pekar på lägre dragkraftsbehov med strukturkalk, vilket i sin tur innebär minskad bränsleförbrukning.

Den signifikanta minskningen av dragkraftsbehovet på 3,2 kN i led D (16 t/ha) jämfört med i kontrollet A motsvarar en inbesparad drivhjulseffekt på 7,1 kW vid bearbetningsdjupet 12 cm, 4 meter kultivator arbetsbredd, och hastighet 8 km/h. Detta motsvarar en minskad dieselförbrukningen på 1,2 till 1,4 liter/ha, eller minskade CO_2 -utsläpp på 3,1 till 3,7 kg CO_2 per hektar i led D. Resultaten pekar på att strukturkalkning på lerjord därmed kan gynna både ekonomi och miljö genom att minska behovet av dragkraft.

Vertikalt penetrometermotstånd opåverkat

Skillnader i penetrometermotstånd analyserades för varje cm ner till 15 cm, och även för skiktet 1–15 cm som medeltal. Det fanns inga signifikanta behandlingseffekter på något av de enskilda djupen eller för genomsnittet 1–15 cm när alla försök analyserade tillsammans eller var för sig. Mätningar av penetrometermotstånd kan vara enkla och bekväma som snabbmetod för att approximera markstrukturen, men mätningarna i denna studie visade inte någon effekt av strukturkalkning.



Bearbetningsdjupet ställdes in på 12 cm i samtliga försök och körhastigheten var 8 km/h. Tallriksredskapet i fronten lyftes upp så att bara pinnar och spetsar bearbetade jorden. Återpackarvälten bakom kultivatorn hölls flytande med sin egen vikt, men utan att jorden packades. Foto: Jens Blomquist.

Slutsatser

Studien visade att strukturkalkning förbättrade de agronomiska egenskaperna hos lerjordar, vilket indikeras av minskat dragkraftsbehov för kultivering vid arbetsdjupet 12 cm. Konsekvenserna av minskat dragkraftsbehov är ett lägre energibehov för jordbearbetning och därmed lägre bränsleförbrukning och minskade CO₂-utsläpp.

Läs mer

Resultaten är vetenskapligt publicerade i tidskriften Soil and Tillage Research (Volume 231, July 2023) och på <https://doi.org/10.1016/j.still.2023.105703> finns artikeln *Structure liming reduces draught requirement on clay soil* att läsa.

Tack till finansiärer

Fältförsöken etablerades 2014–18 inom LOVA-bidrag som länsstyrelsen i Skåne beviljade. Stiftelsen Svensk Växtnäringsforskning bidrog med grundfinansieringen av dragkraftsstudien och SLU Partnerskap Alnarp stöttade med medel för bl.a. studenternas handledning (PA 1296). Väderstad AB bidrog med resurser i form av personal och teknik vid fältnätningar och sammanställning.



Penetromettermätning i augusti 2020 i Kornheddinge utanför Stafanstorps. Penetrometern mäter det vertikala motståndet i marken, men resultaten visade inte några statistiskt säkra skillnader mellan strukturkalkad och okalkad mark. Foto: Jens Blomquist.

Referenser

- ARVIDSSON, J., KELLER, T. & GUSTAFSSON, K. 2004. Specific draught for mouldboard plough, chisel plough and disc harrow at different water contents. Soil and Tillage Research, 79, 221–231. <https://publications.slu.se/?file=publ/show&id=3517>
- BLOMQUIST, J. 2021. Effects of structure liming on clay soil. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae [Doctoral Thesis no. 2021: 86]. Department of Soil and Environment, Swedish University of Agricultural Sciences. <https://res.slu.se/id/publ/114345>
- ERICSSON, J., BERGLUND, G. & PERSSON, J. 1975. Kalktillstånd, kalk och kalkning. Rapporter från avdelningen för växtnäringslära, nr 90. Lantbrukshögskolan. Uppsala. <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/mom/publications/misc/rapport90.pdf>
- SIMAN, G., BERGLUND, K. & ERIKSSON, L. 1984. Effekt av stora kalkgivor på jordens struktur, växtnäringshushållning och skördens storlek. Rapport 148, Avdelningen för Växtnäringslära, Institutionen för markvetenskap. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala. <https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/mom/publications/misc/rapport-148.pdf>
- SJÖBERG, C. & KÅRHAMMER, J. 2021. Strukturalkens inverkan på jordmotstånd - analys av mätningar på det horisontella och vertikala motståndet. Självständigt arbete. Inst. för biosystem och teknologi. Sveriges lantbruksuniversitet. Alnarp. https://stud.epsilon.slu.se/17202/3/sjoberg_et_al_210903.pdf
- WATTS, C., CLARK, L., POULTON, P., POWLSON, D. & WHITMORE, A. 2006. The role of clay, organic carbon and long-term management on mouldboard plough draught measured on the Broadbalk wheat experiment at Rothamsted. Soil Use and Management, 22, 334–341. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2006.00054.x>

Författare

Jens Blomquist

Forskare

Institutionen för för mark och miljö; Jordbrukets vattenhushållning och vattenkvalitet, SLU

jens.blomquist@slu.se

<https://orcid.org/0000-0003-4384-2614>

Sven-Erik Svensson

Universitetsadjunkt

Institutionen för Biosystem och teknologi, SLU

sven-erik.svensson@slu.se

<https://orcid.org/0000-0002-7648-6823>

Kerstin Berglund

Forskare

Institutionen för för mark och miljö; Jordbrukets vattenhushållning och vattenkvalitet, SLU

kerstin.berglund@slu.se

<https://orcid.org/0000-0002-2459-5390>



Lägre motstånd i marken med strukturkalk

Ansvarig utgivare: Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap (LTV), Sveriges lantbruksuniversitet, 2025. **Layout:** Grafisk service Alnarp.

© Jens Blomquist, Sven-Erik Svensson, Kerstin Berglund

