

## Hur mycket gynnar en bättre dräneringsstatus jordbruksmarkens långsiktiga bördighet, skörden och miljön?

*Ingrid Wesström (SLU), Barbro Ulén (SLU), Abraham Joel (SLU), David van Alphen de Veer (Hushållningssällskapet A-D-C-U län), Mohamed Youssef, (NCSU), Raleigh, NC, USA*

En förbättrad strategi för dränering av åkermarken är viktig för att öka jordbrukets produktion, för att nå hårt ställda miljömål gällande övergödning och för att minska effekterna av klimatförändringarna (frekventare skyfall och torrperioder). För att enskilda lantbrukare verkligen skall vara beredda att göra de investeringar och arbetsinsatser som en förbättrad dränering innebär är det nödvändigt att visa tillräckligt positiva resultat från strategiska försök. Det gäller inte minst om nydräneringen kopplas samman med kalkfilteråterfyllnad. Genom såväl praktiska försök som modellbaserade beräkningar vill vi råda bot på avsaknaden av kvantitativa data och demonstrera kombinerade effekter på avkastning och fosforläckage av förbättrad dränering med och utan kalkinblandning i täckdikingsåterfyllning.

God dränering gynnar grödans tillväxt genom att syrehalten i jorden ökar och risken för att rotzonen blir vattenmättad minskar (Eriksson, 1990). Växtrötterna kan växa djupare ner i marken och få tillgång till en större jordvolym för närings- och vattenupptag. Andra fördelar är bl. a. tidigare sådd, bättre etablering, mindre ogräsförekomst, säkrare övervintring för höstsådda grödor, lägre dragkraftsbehov och mindre risk för markpackningsskador.

Genom dränering ändras fördelningen av avrinning mellan ytvattenavrinning och olika typer av markvattenflöde vilket i sin tur påverkar kvalitén på dräneringsvattnet. Kunskapen om hur detta sker är emellertid dålig, såväl nationellt som internationellt, men ytterst viktig vid bedömningar av risken för fosforläckage (se t.ex. Radcliffe m fl., 2015). Det gäller inte minst för svenska lerjordar som ofta har en snabb infiltration i sprickor och makroporer, en infiltration som behöver utjämnas rumsligt över en så stor yta som möjligt för att dämpa effekter av starkt kanaliserade vattenflöden.

Ett betydande fosforläckage kan ske via dräneringsledning (t ex. Heackrath et al., 1995, Ulén 1995). Storleken på fosforläckaget varierar beroende på dräneringssystemets utformning och underhåll (Skaggs m fl., 1992). Dräneringssystemets status kan vara en orsak till att flera internationella studier har rapporterat dålig eller ingen relation mellan höga fosforhalter och avrunnen vattenmängd via dräneringsledning (Madramootoo m fl., 1992, Macrae m fl., 2007). I teoretiska modellberäkningar förenklas ofta effekten av en förbättrad dränering till ett minskat dräneringsavstånd som medför en ökad infiltration som i sin tur följs av ett ökat fosforläckage (Reid m fl., 2012). Detta kan leda till direkta missbedömningar i scenarioräkningar eftersom man nu saknar data för hur koncentrationerna faktiskt ändras när infiltrationen blir effektivare och samtidigt sprids ut över en större yta. Vi kommer att använda en processbaserad hydrologisk modell DRAINMOD som med mindre modifikationer kan simulera processer som påverkar fosfordynamiken i dränerad mark (Radcliffe m fl., 2015).

Investeringar i dräneringssystem inom lantbruket görs på mycket lång sikt. Större delen (70 %) av dagens dräneringssystem är gamla system med tegelrör varav många grävdes ned för hand på 1930- och 1940-talet. Förts under 1970-talet kom maskiner som klarade av att både gräva och lägga ner korrugerade plaströr. Plaströren är försedda med slitsar runt om vilket har gjort att dränering blivit betydligt effektivare än med de gamla tegelrörssystemen som bara kan ta in vatten genom skarvarna mellan rören. Dikena återfylls vanligen med grusfilter runt rören. Dräneringssystemen är nu i stort behov av att renoveras och på den enskilda gården smyger sig ofta problem med dålig dränering succesivt på med perioder av vattenmättad och stående ytvatten som följd. Förutom framtida klimatförändringar och förändrad markanvändning kommer jordbrukets storleksrationalisering att innebära att behovet av en bra dränering ökar än mer.

En bra dränering förbättrar markstrukturen (van de Graff, 1979). En förbättrad struktur leder till att den rumsliga infiltrationen att bli jämnare. Detta har också visats i fältförsök efter strukturkalkning (Svanbäck m fl., 2014). Med effektiv dränering ökar samtidigt avrinningen, vatten som annars skulle ha lagras halvpermanent, som grundvatten (Blann m fl., 2009). Ju större bidrag av grundvatten ju mer har flödesvariationerna dämpats uttryckt som ett "flödesindex för skyfall" (Ulén m fl., 2016). Dämpningen av flödestoppar visade sig vara relaterad till minskade fosforförluster. På en f d griségård

har vi också sett att ju effektivare dräneringsledningarna leder bort grundvattnet ju mer utspädd blev speciellt ”övergödningsfarliga” reaktiva fosfor från de olika fälten (Ulén m fl., 2016).

I ett framtida klimatscenario måste avvattningen av våra odlingsjordar på slättområden än mer sättas i fokus om en långsiktig markbördighet ska kunna bevaras. Med högre nederbörd, mildare vintrar och kortare perioder av tjäle finns risk för sämre strukturuppbyggnad vilket leder till lägre genomsläpplighet, större packningskänslighet och ökad risk för ytvattenavrinning. Ett högre nederbördsöverskott under vinterhalvåret kan medföra ökade flöden i underdimensionerade system med risk för översvämningar och ökat läckage. Det eftersatta underhållet av dränering har av olika källor lyfts fram som en av svenskt lantbruks riktigt ömma punkter. Frågor som väcks är om klimatförändringar borde tas med i beräkningen av långsiktiga investeringar inom jordbruket så som vid dimensionering av nya och förbättringar av befintliga dräneringssystem.

I Sverige utförde G. Berglund försök på 1960-1970-talet (opublicerat material) för att undersöka hur kalkinblandning i återfyllningen förbättrar strukturabiliteten, ökar den hydrauliska konduktiviteten och på så sätt minskar ytvattenavrinningen. I försöken användes osläckt kalk som reagerar med markvattnet. Detta resulterade i de flesta fall i en gynnsam och hållbar struktur samt en högre genomsläpplighet. Kalken höjer även pH och binder fosfor, i huvudsak som kalciumfosfat och hydroxylapatit, vilka båda har låg löslighet. Under senare år har strukturkalk (ren CaO eller i hydratiserad form som Ca(OH)<sub>2</sub>) i olika former använts för inblandningar med återfyllning vid dränering s.k. kalkfilterdiken. Dessa ska inte förväxlas med de olika typer filterkassetter som ibland placeras i öppna diken. Kalkinblandning i täckdiketsåterfyllnaden ger en hållbar aggregatstruktur som ökar infiltrationen och förbättrar dräneringens funktion på täta lerjordar och som dessutom kan binda fosfor i vattnet. Ett fältförsök med hjälp av bränd kalk (CaO) i återfyllningen efter nydränering visade kraftigt minskade halter av eroderat material och partikelbunden fosfor samt signifikanta förbättringar i infiltrationen från ett sluttande fält (Lindström och Ulén, 2003). Kalkfilterdike har inte testats på andra platser med t ex högt P-AL tal i marken.

Vi har åtskilliga indikationer på miljömässiga fördelarna med en god dränering men inga handfasta studier som direkt kan visa detta. Vi anser att miljöfördelarna ofta underskattas och upplever att dräneringsledningarna som mynnar i vattendrag t.o.m. betraktas som ”avloppsrör” från jordbruksmarken. Vi ser också ett stort behov av att kunna göra tillförlitliga modellberäkningar. Simuleringar över längre tidsperioder kan ge värdefull information om hur effektiva olika åtgärder är för att motverka fosforförluster från jordbruksmark. Ett effektivare åtgärdsarbete skulle gynna både svensk jordbruksproduktion och förbättra statusklassningen av våra vattendrag.

### Projektets syfte

Projektets huvudsakliga syfte är att ta fram underlag för rekommendationer vid ny- och omdränering och att utreda hur en förbättrad dränering med eller utan kalkfilter påverkar fosforläckaget på kort och lång sikt - både när det gäller fosfor i reaktiv och i icke-reaktiv form.

### Material och metoder

Inom projektet kommer undersökningar att klargöra om det går att förlänga odlings säsongen och minska packningsskador och därigenom stärka markstrukturen och säkra en långsiktig markbördighet samt minska fosforförlusterna med ett lämpligt dimensionerat dräneringssystem. Detta görs genom att bestämma markegenskaper, grödans utveckling och skörd och mäta avrinning och näringsförluster i försök med olika dikesavstånd utan och med kalkinblandning i täckdiketsåterfyllnaden. Resultaten från fältförsöken kommer att användas som indata och vid kalibrering av en datamodell för utvärdering av långsiktiga klimateffekter.

### Försöksplatser

I ett nytt fältförsök på en lerjord (högt P-AL tal) vill vi med modern teknik (flödes-proportionell loggerstyrd provtagning och flödesmätning) studera effekten med nytt (plaströr) med två olika

dräneringsavstånd (8 m och 16 m) och gammalt (tegelrör) dräneringssystem (16 m avstånd) och med ett fjärde led med kalkinblandning i täckdikensåterfyllnaden (16 m avstånd), på skörd och på läckage av erosionsfosfor (PP) och löst reaktiv fosfor (DRP). Detta görs i försök i tre block med de ovan nämnda behandlingarna. Försöket kommer att bestå av 12 försöksrutor med en storlek på 48 x 40 m. Resultaten följs upp med modellering i DRAINMOD (Skaggs m fl., 2012).

I ett existerande försök (Oxelby), med lågt P-AL tal, vill vi fortsätta en påbörjad (2013) ofinansierad studie med mätningar av kombinationen nydränering och kalkfilterdike som anpassats till förhållandena på olika delar av ett helt fält. Kommersiell strukturkalk med dubbel giva (1,2 kg CaO per m) blandades till återfyllnaden ovan gruset i dräneringsdikena i sänkorna (motsvarande 1/3 av fältet) enkel giva för ytterligare 1/3 av fältets täckdiken och ingen nydränering (eller kalkfilterdike) på de höglänta delarna av fältet. Om möjligt kommer direkta mätningar av episodtransporten att göras från delar av dessa dräneringsledningarna med elektrod efter bevattning med KBr lösning som spårämne.

I ett andra existerande försök (Säby gård, Ingarö) anlagt år 2014 inom projektet ”Levande kust” finansierat av BalticSea2020, vill vi också fortsätta att mäta avrinning och näringsutlakning från ett nydränerat (år 2015) fält (8 ha) med respektive utan kalkfilterdiken. Jordarten på fältet är gytjelera med P-AL klass 3. En mätstation för flödes-proportionell loggerstyrd provtagning och flödesmätning håller på att installeras under hösten år 2016. Försöket har finansiering fram till år 2017. Medel söks i denna ansökan för fortsatt provtagning och analys av kalkfilters effekter på växtnäringens utlakning.

## Mätprogram

I det nya fältförsöket och i försöket på Säby gård kommer följande mätningar och bestämningar att utföras:

- Bestämning av markfysikaliska parametrar (genomsläpplighet, torr skrymdensitet, kompaktensitet och vattenhållande förmåga).
- Kontinuerliga mätningar av grundvattennivåer i fält vid olika dikesavstånd.
- Bestämning av grödans utvecklingsstadium, avkastning och kvaliteten på skörden.
- Tillförsel och bortförsel av näringsämnen (mineralkväve- och fosforförråd samt kväve- och fosforinnehåll i skörd och dräneringsvatten).

Undersökningar av effekter på markstrukturen av olika dikesavstånd och av kalkfilter ska utföras genom mätning av genomsläppligheten i fält och genom jordprovtagning på 10 cm nivåer ned till en meter i markprofilen. Genomsläppligheten i fält bestämdes enligt borrhålsmetoden (van Beers, 1958) och på laboratorium enligt Andersson (1954). Analys av vattenhållande förmåga, torr skrymdensitet och kompaktensitet sker i laboratorium enligt Andersson (1969). Resultaten kommer att användas som indata till vattenbalansmodellen DRAINMOD (Skaggs m.fl., 2002).

Grundvattennivån över dräneringsledningarna samt mellan ledningarna mäts kontinuerligt med tryckgivare nedsänkta i observationsrör placerade på olika avstånd från dräneringsledningen. Tryckgivarna (BTEM2000G, Sensor Technics) är anslutna till en datalogger (ACR/SR7, Status Instrument LTD) för automatisk registrering.

I samband med sådd kommer mätningar av bearbetningsdjup, såddjup och vattenhaltbestämning på olika nivåer att utföras. Observationer kommer att utföras för gradering av uppkomst och marktäckning samt över övervintring, upptorkning och markbärighet tidig vår och vid skörd. Skörden kommer att bestämmas i skörderutor med tre upprepningar per behandling. Skörd och bestämning av markfysikaliska egenskaper kommer att göras enligt bandprincipen, d.v.s. som en funktion av avståndet från diket.

För att belysa skillnader av näringsflöden i marken ska tillförsel och bortförsel av kväve och fosfor från försöksrutorna uppskattas och mätas liksom C/N-kvoter. Tillförsel av kväve och fosfor sker med samma handelsgödselgiva till hela försöket. Deposition av kväve uppskattas. Bestämning av grödans

utveckling, täckningsgrad, rotdjup och skörd kommer att ske. Bortförel av kväve och fosfor genom skördeprodukter bestäms genom analys av kväve- och fosforinnehåll i kärna och halm vid gulmognad och i skörd. För bestämning av mineralkväve i marken samt C/N-kvoter tas jordprov ut 3 ggr per år. Provtagnings- och analysförfarande finns beskrivna av Lindén (1981). Provtagningsnivåer är; 0-30 cm, 30-60 cm och 60-90 cm. I mätstationer kommer flödes-proportionell loggerstyrd provtagning och flödesmätning att utföras. Vattenprover kommer att tas ut varannan vecka för analys av N- och P-innehåll i dräneringsvattnet.

## DRAINMOD

DRAINMOD kommer att användas för att simulera effekterna av olika dräneringsavstånd på hydrologin och fosforflöden. DRAINMOD (Skaggs, 1978) är en vattenbalansmodell som använder funktionella algoritmer för att uppskatta de hydrologiska komponenterna i jordar med en hög grundvattenyta. Vattenbalansen inkluderar simuleringar av yt- och grundvattenavrinning, infiltration och evapotranspiration. Modellen relaterar markvattenstatus till grödan genom parametrar för torkstress, blöta förhållanden och skörd (Hardjoamidjojo & Skaggs, 1982; Evans et al., 1991). DRAINMOD har använts för att simulera hydrologin och kvävebalanser i försöksrutor i södra Sverige med konventionell och reglerbar dränering (Wesström, 2002; Salazar et al., 2009). Resultaten från fältförsöken ska tillsammans med simuleringsstudien ligga till grund för en utvärdering av optimalt dikesavstånd med avseende på långsiktig markbördighet för en typlerjord i södra Sverige.

Sambandskurvor mellan dikesavstånd och skörd kommer att tas fram. En utvärdering av optimalt dikesavstånd med avseende på skörd och under olika klimatförhållanden kommer att utföras. En ekonomisk analys av investeringskostnad i dagsläget som en funktion av eventuella skördeökningar kommer att genomföras.

## Relevans för lantbruket

Projektet kommer att förse sektorn med nödvändig ny kunskap för att motivera förbättrad dränering inte bara av produktionsskäl utan också av miljöskäl. Endast kalkfilterdiken har uppmuntrats av direkta miljöskäl och det har under några år varit möjligt att få s.k. LOVA-bidrag för sådana. Vid prioritering av platsen för dessa har hänsyn inte tagits till faktorer som vi anser är mycket viktiga ur vattenvårdssynpunkt - P-AL tal i marken, dräneringsbehovet och infiltrationsförmågan över hela fältet.

## Tidsplan och projektets organisation

Docent Ingrid Wesström och docent Abraham Joel kommer att vara projektledare. Deltagarna från SLU är agronomer med gedigen erfarenhet inom växtproduktion med fokus på samspelet mellan mark-växt-vatten. I. Wesströms speciella kompetenser är markavvattning och växtnäringssamsättning, både i fältförsök och modellering av markvattnets reglering. Abraham Joel har lång erfarenhet inom ämnesområden så som ytvattenflöde och flöden i markprofilen kopplat till markerosionsprocesser med betydelsen för sedimenttransport som särskild tillämpning. Professor Barbro Ulén är (oavlönad) konsult. Teknisk hjälp vid utrustning av fältförsöket sker med bl. a. Maria Blomberg (SLU). David van Alphen de Veer, Hushållningssällskapet är agronom och arbetar med täckdikesrådgivning. Han har en viktig roll i styrningen av projektet och bidrar med perspektivet från rådgivningsverksamheten. Till projektet knyts en internationell referensgrupp bestående av docent Mohamed Youssef med kollegor vid North Carolina State University. Detta utbyte sker via möten över SKYPE, eller på annat interaktivt sätt och föranleder inga kostnader.

Sökta medel i kr (löner inklusive 51,5% LKP)

	År 2017	2018	2019
<u>Lön inkl. LKP</u>			
Wesström ((43000 kr 1,5; 2,5; 2,5 månader)	97 718	133 547	136 886
Joel (43000 kr 0; 0,5; 0,5 månader)	0	33 387	34 221
Lönekostnadspåslag 62,08 %	60 663	103 633	106 223
<u>Material</u>			
Flödesmätare 6 st à 20 000 kr	40 000	40 000	40 000
Mätbrunnar, 3 st á 6 000 kr	18 000		
Dränkbara pumpar, inkl reglerbar nivåreglering,	8 000		
Skåp med logger, provtagningsstyrning, GSM	16 667	16 667	16 667
Slangpumpar för provtagning, slangar, nipplar, fästen;	10 000	10 000	10 000
3 st à 10 000 kr			
Provbehållare (glasflaska 10 liter), 12 st à 1000 kr	12 000		
Grundvattenståndsror, 24 m á 80 kr/m	1 920		
Tryckgivare (LevelLogger), 12 st à 5 000 kr	20 000	20 000	20 000
Loggrar (ACR/SR7), 4 st à 9 000 kr	12 000	12 000	12 000
Delta-T rör, 12 st à 500 kr	6 000		
<u>Analyskostnader</u>			
Markkemiska analyser, N, P och Tot-C, 24 rutor, 2 ggr x 2 nivå á 400 kr	22 400	22 400	22 400
Registrering av utvecklingsstadier, 1 försök, 4 ggr à 800 kr	3 200	3 200	3 200
Gradering stråstyrka och mognad, 1 försök, 2 ggr à 800 kr	1 600	1 600	1 600
Skörd och Analys av (ts, NIT, TKV, växttråd, stärkelse), 12 rutor á 2 300 kr	27 600	27 600	27 600
Utsättning och avläsning av Delta-T rör (12 st) 24 tim à 450 kr	10 800	10 800	10 800
Utsättning grundvattenståndsror (12 st) 8 tim à 450 kr	6 400	6 400	6 400
Markfysikalisk analys, 12 rutor 3 nivåer à 1200 kr	50 400		
Vattenanalyser 8 gånger år 1 och 20 gånger år 2-3, 14 rutor à 600 kr	67 200	168 000	168 000
Spårelementanalyser	30 000	30 000	30 000
<u>Övriga fältkostnader</u>			
Anläggning fältförsök + materialkostnader	100 000		
Hushållningssällskapet försöksersättning	25 000	25 000	25 000
Intrångsersättning	15 000	15 000	15 000
3 resor 2 personer, 2 gånger per år à 4000 kr	24 000	24 000	24 000
<b>Totalt</b>	<b>686 567</b>	<b>703 233</b>	<b>709 998</b>

För att säkerställa en nödvändig god kvalitet på den nya anläggningen har kostnaderna satts högt år 1.

## Resultatförmedling

<b>Kommunikationskanal</b>	<b>Motiv för val av kommunikationskanal och huvudsakliga mottagare</b>	<b>Tidsplan för förväntad leverans av del- och slutresultat</b>
Informationsträffar, visning av försök	Snabbt få ut information till och återkoppling från lantbrukare, rådgivare och täckdikare lokalt	År 1
Informationsträffar, Fackpress, Faktablad från SLU	Informationsspridning till lantbrukare, rådgivare och täckdikare regionalt och nationellt	År 2
Slutrapport på internet, fackpress	Informationsspridning till forskare och rådgivare nationellt	År 3
Internationell tidsskrift	Informationsspridning till forskare och rådgivare nationellt och internationellt	År 3

## Referenser

- Andersson, S. 1954. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. VII. Grundförbättring, 7:114-169.
- Andersson, S. 1969. Markfysikaliska undersökningar i odlad jord. XIX. Grundförbättring, 22:143-154.
- van Beers, W.F.J. 1958. The auger-hole method. International Institute of Land Reclamation. Impr. Bull. 1.
- Blann, et al., 2015. Effects of agricultural drainage on aquatic ecosystems: a review. *Critical Reviews in Environ.l Sci.Technol.* 39:11, 909-1001.
- Eriksson, J. 1990. Dränering. I: Växtodling 1 - Marken. (red: O. Hammar). Borås.
- Evans, R.O, et al., 1991. Stress day index models to predict corn and soybean relative yield under high water table conditions. *Transactions of the ASAE.* 34(5):1997-2005.
- Hardjoamidjojo, S., Skaggs, R.W. 1982. Predicting the effects of drainage systems on corn yields [DRAINMOD]. *Agricultural Water Management.* 5(2):127-144.
- Heackrath, et al., 1995. Phosphorus leaching from soils containing different phosphorus concentrations in Broadbald experiment. *J Environ Qual*, 25, 904-910.
- Lindström, J. Ulén 2003. Betydelsen av kalk i återfyllningen för fosforläckage Rapport till Jordbruksverket
- Macrae, et al., 2007. Intra-annual variability in the contribution of tile drains to basin discharge and phosphorus export in a first-order agricultural catchment. *Agricult. Water Manage.* 92 171-182.
- Madramootoo, et al., 1992. Nutrient losses through tile drains from two potato fields. *ASAE* 8(5) 639-646
- Radcliffe, et al., 2015. Applicability of models to predict phosphorus losses in drained fields: A Review. *J Environ. Qual.* 44:614-628.
- Reid, et al., 2012. Accounting for the risk of phosphorus losses through tile drains in a phosphorus index. *J. Environ. Qual.* 41 1720-1729.
- Skaggs, R.W et al., 1994. Hydrologic and water quality impacts of agricultural drainage. *Critical Reviews in Environ. Sci.Technol.* 24:1, 1-32.
- Skaggs, et al., 2012. DRAINMOD: model use calibration and validation. *Trans. ASABE* 55, 1509-1522.
- Svanbäck A et al., 2014. Mitigation of phosphorus leaching losses via subsurface drains from a cracking marine clay soil. *Agricult., Ecosys. Environ.* 184, 124-134.
- Ulén, B. 1995. Episodic precipitation and discharge events and their influence on losses of phosphorus and nitrogen from tile drained arable fields. *Swedish J. Agricul. Res.* 25, 25-31.

- Ulén, B et al., 2016. Use of a water flow flashiness index to predict phosphorus losses from subsurface drains on a Swedish farm with clay soils. *Journal of Hydrology* 533: 581–590.
- Van de Graff, R.H.M, 1979. Size and subsoil blocky peds in relation to textural parameters, depth and drainage, In Emersson W.W., Bond R.D., Dexter, A.R. (eds) *Modification of Soil Structure*. John Wiley & Sons, New York, 87-96.
- Wesström, I. 2002. Controlled drainage - Effects on subsurface runoff and nitrogen flows. *ACTA Universitatis Agriculturae Sueciae. Agraria* 350.