

## **Risikfaktorer för fosforförluster samt förslag på motåtgärder i tre avrinningsområden inom pilotprojektet Greppa Fosfor**

Katarina Kyllmar, Stefan Andersson, Anna Aurell, Faruk Djodjic, Lovisa Stjernman Forsberg, Jonas Gustafsson, Anuschka Heeb och Barbro Ulén



*English title: Self-evaluation of P loss risks on the farm and identification of appropriate mitigation measures within the pilot project Focus on Phosphorus*

Omslagsbild:  
Typområde E23 i mars 2009. Foto: Anuschka Heeb

SLU  
Institutionen för mark och miljö  
Box 7014  
SE-75 07 Uppsala  
+46-18-67 10 00  
[www.slu.se/mark](http://www.slu.se/mark)

ISRN SLU-VV-EKOHYD-137-SE  
ISSN 0347-9307

Tryck: SLU Service/Repro, Uppsala 2013

# Innehållsförteckning

|   |    |
|---|----|
| <b>Summary</b>  | 5  |
| <b>Sammanfattning</b>   | 6  |
| <b>Inledning</b>  | 6  |
| <b>Metod för riskbedömning</b>  | 7  |
| Sammanställning av befintliga underlagsdata   | 7  |
| Dokumentation av observationer  | 7  |
| Identifiering av riskområden med högupplösta terrängmodeller                                      | 7  |
| Riskbedömning och förslag på motåtgärder  | 8  |
| <b>Pilotområdenas karakteristik</b>   | 9  |
| Pilotområde N33   | 9  |
| Pilotområde E23   | 9  |
| Pilotområde U8  | 10 |
| <b>Risikfaktorer för fosforförluster samt motåtgärder</b>   | 17 |
| Risikfaktorer för fosforförluster   | 17 |
| Åtgärder mot fosforförluster  | 18 |
| Pilotområde N33 – risker för fosforförluster  | 20 |
| Pilotområde N33 – förslag på åtgärder mot fosforförluster   | 22 |
| Pilotområde N33 – förslag på fortsatta mätningar och undersökningar                               | 23 |
| Pilotområde E23 – risker för fosforförluster  | 24 |
| Pilotområde E23 – förslag på åtgärder mot fosforförluster   | 25 |
| Pilotområde E23 – förslag på fortsatta mätningar och undersökningar                               | 26 |
| Pilotområde U8 – risker för fosforförluster   | 28 |
| Pilotområde U8 – förslag på åtgärder mot fosforförluster  | 29 |
| Pilotområde U8 – förslag på fortsatta mätningar och undersökningar                                | 31 |
| <b>Diskussion</b>   | 32 |
| <b>Slutsatser</b>   | 32 |
| <b>Referenser</b>   | 33 |
| <b>Appendix</b>   | 35 |
| Self-evaluation of P loss risks on the farm and identification of appropriate mitigation measures | 35 |
| Risk sources for P losses   | 35 |
| Mitigation measures against phosphorus (P) losses   | 36 |



# Summary

Within the agricultural advisory project *Focus on Phosphorus*, farmers, agricultural advisors, authorities and researchers are working together to find effective strategies to reduce losses of phosphorus (P) from agricultural land to waters. As pilot areas, three small agricultural catchments have been selected and both established and new mitigation measures have been implemented in these catchments.

This report presents the results of a sub-project in which a number of risk factors for losses of P were identified in the pilot catchments. The report also presents suggestions on corresponding mitigation measures. The sub-project was carried out as an expert assessment, where local agricultural advisors and researchers discussed potential risks and possible mitigation measures. As background, the project group used existing data on e.g. field management practices, soil characteristics and water quality in the streams. Maps showing the risks of surface runoff, erosion and ponding water were produced within the sub-project.

For identifying and scoring the risks, a matrix with possible risk factors was developed. Similarly, a matrix showing corresponding mitigation measures was produced. Both risks and measures were divided into three major areas: (1) cultivation and crop rotations, (2) field properties, and (3) conditions in water courses and open ditches (see Appendix).

The results showed that for one catchment (U8 in Västmanland), just a few risk sources remained after an intensive mitigation campaign during previous years, whereas in the two others (E23 in Östergötland and N33 in Halland), several risk sources remained. Risk factors identified in N33 and E23 included reduced capacity of drainage systems and fields with limited permeability in the soil. Suggested mitigation measures to improve soil structure and permeability included adjustment of soil cultivation strategy, subsoil cultivation, changes in crop rotation and structure liming. Maintenance of drainage systems was also identified as an important measure. We also noticed the occurrence of steep ditch edges that could easily be eroded. Here the slope gradient can be decreased so that a protective turf can be established. Another risk source adjacent to the stream was ploughing near the stream edges, which increases the risk of stream bank erosion. Buffer strips by the stream could be valuable for stabilisation of bank edges. Vegetation filters can also be installed around surface water intakes on the fields and on areas where ponding of water occurs. Concerning application of manure, spreading should be avoided on fields with a high soil phosphorus content.

Quantification of the extent of various measures and the mitigation effect was not included in the sub-project. Consequently, no cost-effectiveness could be shown. However, we believe that the questionnaire matrix together with the high-resolution erosion map may become a widely used practical tool for farmers, preferably together with an advisor, in identifying risk areas and appropriate mitigation measures at farm level. If many more simple and inexpensive measures can be found and implemented, the resulting reduction in total P losses can be significant at national scale. The most effective approach in reducing P losses from agricultural land is probably to have farmers directly involved in finding risk sources and appropriate mitigation measures.

# Sammanfattning

Tre jordbruksdominerade avrinningsområden (N33 i Halland, E23 i Östergötland och U8 i Västmanland) ingår sedan 2007 i pilotprojektet Greppa Fosfor. Projektet är ett samarbete mellan lantbrukare, rådgivare, länsstyrelser, Jordbruksverket samt SLU, och syftar till att utveckla ett arbetssätt för att på effektivaste sätt minska fosforförlusterna från jordbruket inom ett avrinningsområde och praktiskt prova om de åtgärder vi känner till i dag kan påverka fosforförlusterna från åkermarken.

I denna rapport redovisas ett delprojekt där ett antal riskfaktorer för fosforförluster har identifierats i de tre pilotområdena och förslag på åtgärder har tagits fram. Delprojektet har genomförts som en expertbedömning i grupp med områdessamordnaren för respektive pilotområde samt forskare vid SLU. Som underlag har gruppen haft redan tillgängliga data från undersökningarna i pilotområdena samt modellerade kartor över risker för ytavrinning, erosion och stillastående vatten som tagits fram inom delprojektet. För bedömningen av risker togs en matris fram med tänkbara riskfaktorer som gruppen värderade. På samma sätt gjordes en matris med åtgärder som bedömdes. Både risker och åtgärder delades in i tre grupper, sådant som rör (1) odling och växtföljder; (2) fältets egenskaper; samt (3) förhållanden i vattendraget.

Resultaten visade att i pilotområdet i Västmanland var ett flertal av riskfaktorerna åtgärdade medan det återstår en del arbete i de två andra områdena. Riskfaktorer i pilotområde N33 (Halland) och i pilotområde E23 (Östergötland) är fält med begränsad genomsläpplighet i marken och dräneringssystem med nedsatt funktion. Här föreslås åtgärder för att förbättra markens struktur som justering i jordbearbetningsstrategin, alvluckring, ändrade växtföljder, strukturkalkning men också underhåll av dräneringssystem. I samtliga pilotområden bör stallgödsling av fält med höga fosfortal i marken undvikas. Något som också uppmärksammades var förekomsten av branta bäckkanter som lätt kan eroderas. I samband med dikesrensning bör bäckkanterna släntas av så att lutningen minskar och en skyddande grässvål kan etableras. En skyddszon bör också anläggas så att plöjning nära bäckkanten förhindras, vilket skulle minska risken för ras vid ytavrinning. Vegetationsfilter bör även anläggas kring ytvattenbrunnar och på åkermark där det ofta är stående vatten.

I delprojektet ingick inte att kvantifiera storleken i påverkan av olika riskfaktorer och inte heller i de föreslagna åtgärdernas effekt. Därmed har inte heller kostnadseffektiviteten i åtgärderna bedömts. Vi ser dock att arbetssättet skulle kunna användas generellt av lantbrukare i landet för att göra en självvärdering av riskfaktorer och tänkbara åtgärder på den egna gårdens mark. Det skulle vara ett effektivt sätt att lokalisera riskområden och möjliga åtgärder i landskapet. Om dessutom många av de mer enkla åtgärderna genomförs kan det ha stor betydelse även om effekten av varje enskild åtgärd inte är helt känd. Att lantbrukaren själv har gjort bedömningen av sin mark är av största vikt i ett effektivt åtgärdsarbete.

## Inledning

År 2007 startade pilotprojektet Greppa Fosfor med syftet att utveckla ett arbetssätt för att på effektivaste sätt minska fosforförlusterna från jordbruket inom ett avrinningsområde och praktiskt prova om de åtgärder vi känner till i dag kan påverka fosforförlusterna från åkermarken. Jordbruksverket leder projektet, men det utförs i samarbete med lantbrukare, rådgivare, länsstyrelser och SLU. Projektet, som är en del av rådgivningsprojektet Greppa Näringen, startades i tre små jordbruksdominerade avrinningsområden med höga eller måttligt höga fosforförluster. I dessa områden har undersökningar av vattenkvaliteten i områdenas bäckar pågått sedan i början av 90-talet inom det regionala miljöövervakningsprogrammet Typområden på jordbruksmark (Naturvårdsverket, 2008).

I denna rapport redovisas resultatet av ett delprojekt inom Greppa Fosfor som syftar till att identifiera riskområden för fosforförluster till vatten i de tre pilotområdena utifrån tillgängliga underlagsdata. I projektet ingår också att ge förslag på åtgärder mot fosforförluster och var dessa ska lokaliseras.

Därutöver ska projektet vid behov ge förslag på kompletterande mätningar för om möjligt ytterligare förbättra riskbedömningen. Projektet genomförs i samarbete med de lokalt ansvariga områdessamordnarna i respektive pilotområde.

I denna rapport redovisas inte detaljerade uppgifter över enskilda brukares mark. Dessa har tidigare redovisats i ett internt underlagsdokument (Kyllmar et al., 2012) för projektet Greppa Fosfor.

## Metod för riskbedömning

### Sammanställning av befintliga underlagsdata

Undersökningar i pilotområdena har gjorts både inom pilotprojektet och i andra projekt. En del data har också funnits mer allmänt tillgängliga. I delprojektet sammanställdes nedanstående data som underlag för bedömningarna men i denna rapport redovisas endast ett urval av dessa data. Där inte annat anges har data tagits fram inom Greppa Fosfor (Stjernman Forsberg och Kyllmar, 2011).

- Odlingsdata (grödor, gödsling, stallgödslade fält, växtföljder etc.)
- Mätningar i bäck av vattenkvalitet och vattenföring
- Synoptisk vattenprovtagning i delavrinningsområden
- Markanalyser (lerhalt, pH, P-AL etc.) inom pilotprojektet och inom andra projekt (Ulén et al., 2011a)
- Jordarter på 50 cm djup (SGU)
- Markfysikaliska data från Miljöövervakningsprogrammet Markpackning (Arvidsson, 2011)

### Dokumentation av observationer

Observationer i fält av ytavrinning, stående vatten på fälten, erosion etc. är uppgifter som är betydelsefulla för riskbedömningen. Denna information finns främst hos lantbrukarna men också hos områdessamordnarna, hos rådgivare som arbetat med dräneringsfrågor i område E23 och U8 samt hos forskare. Inom delprojektet tillfrågades lantbrukarna om observationer enligt nedanstående punktlista. Dessa observationer sammanställdes tillsammans med tidigare dokumenterade observationer i en Excelmall av områdessamordnarna. Observationerna markerades även på papperskartor som sedan digitaliserades till GIS-skikt av SLU.

Frågor om ytavrinning, erosion och stående vatten

- Vad (ytavrinning, erosion eller stående vatten)
- Var (blocknummer och markering på karta)
- Vilken tidpunkt på året (vårflod, höstregn, sommarskyfall etc.)
- Hur ofta sker det (flera gånger om året – var 10:e år)
- Under hur lång tid sker det (timmar-dagar-veckor)
- Vid vilken typ av väderlek uppstår det (regn, snösmältning etc.)
- Hur är förhållandena på fältet vid observationstillfället (plöjt, harvat, bevuxet, hjulspår etc.)

### Identifiering av riskområden med högupplösta terrängmodeller

Med högupplösta höjddata som underlag modellerades riskområden för stående vatten, ytavrinning och erosion (Djodjic, 2012). Identifiering av ytavrinnings- och erosionsbenägna delar av landskapet grundar sig oftast på en bedömning av topografi och jordartsfördelningen i avrinningsområdet. Topografi, höjdskillnader, lutningsintensitet och lutningsform, flödesackumulering och olika topografiska index samt ett antal andra mer sammansatta empiriska verktyg och modeller (t ex USLE, WATEM, USPED m.fl.) finns i dag tillgå för att ta fram riskkartor för ytavrinning och erosion. Det finns också ett flertal fysikaliska modeller (ANSWER, LISEM, EUROSEM, SWAT, WEPP m.fl.) som räknar erosion baserat på mer eller mindre processbaserade ekvationer. Ett stort antal parametrar

och omfattande indatabehov begränsar möjligheterna att använda dessa modeller generellt, samtidigt som brist på rumsligt distribuerade valideringsdata gör det omöjligt att verifiera modellresultaten. Empiriska verktyg och modeller grundas på tillämpningen av Universal Soil Loss Equation (USLE) med ett antal mer eller mindre modifierade versioner (t. ex. MUSLE eller RUSLE (Revised USLE)). Dessa empiriska metoder är utvecklade för att beräkna mobilisering av markpartiklar utifrån fem faktorer som beskriver regnintensitet (R), markanvändningen (C), lutningens längd och intensitet (LS) och eventuella befintliga åtgärder för erosionskydd (P) samt markens erosionskänslighet (K). Största begränsningen med USLE-baserade metoder är att de oftast leder till en överskattning av erosion eftersom hänsyn inte tas till depositionsprocesserna.

Modelleringen gjordes separat för varje riskfaktor och med skilda modeller. Förutom höjddata användes även gränser för delavrinningsområden vilka var olika stora beroende på vilken modell som användes. Upplösningen i beräkningarna var 2x2 m som minsta enhet. Beräkningarna gjordes utan kännedom om lantbrukarnas observationer, d.v.s. utan valideringsdata.

Identifiering av områden med hög risk för erosion gjordes med USPED-modellen (Unit Stream Power-based Erosion Deposition, Mitasova et al., 2001) som implementerades i ArcView 3.3. USPED-modellen introducerar möjligheterna att ta hänsyn till lutningens form genom att beräkna både tvär- och längsprofiler. Därmed beräknas om flöden konvergerar eller divergerar i landskapet vilket påverkar erosionsprocesserna och samtidigt möjliggör identifiering av både erosions- och depositionsområden. Fokus i denna studie var helt och hållet på topografin. Som det nämndes ovan, även andra faktorer som klimat (regnintensitet, R), vegetationstäcke (C), jordart (K) och bearbetningsmetoder (P) påverkar resultatet av framförallt erosionsberäkningar. Eftersom de studerade avrinningsområdena är små antogs ett konstant R värde för respektive område. Eftersom syftet var att identifiera riskområden och inte dynamiskt modellera vatten och sedimenttransport, antogs också konstanta värden för C och P faktorer för att undvika att en viss gröda eller aktuell bearbetningsteknik på ett enskilt fält/skifte för det aktuella året skulle påverka beräkningsresultatet. Även K-värdet (jordens benägenhet att erodera) antogs vara konstant i respektive område. Detta gjordes av två anledningar. Den första är att kvalitet och upplösning på jordartskartan i områdena är ganska låg, och den andra är att det råder osäkerhet kring hur man omvandlar en jordart eller textursammansättning till K-värde under svenska förhållanden. Sammanlagt bedömdes att dessa osäkerheter skulle innebära en försvagning av möjligheterna att utvärdera betydelsen av att använda högupplösta topografisk data. Återigen, eftersom syftet med beräkningarna som gjordes var att kvalitativt och relativt beskriva skillnader i riskklassningen mellan olika delar inom avrinningsområdena så antog vi att topografin är viktigare än jordens erosionsbenägenhet. Vid en eventuell kvantitativ beräkning (som inte var i fokus här) är betydelsen av K-värdet större och dess rumsliga variabilitet bör tas hänsyn till och ingå i beräkningarna.

Identifiering av riskområden för ytavrinning gjordes genom beräkning av dräneringsriktning och därefter flödesackumulering för varje 2x2 m gridcell. Således antogs de celler med större tillrinningsområden utgöra en högre risk för ytavrinning. Beräkningarna gjordes med Map Calculator i Arc View 3.3.

Identifiering av riskområden för stående vatten modellerades genom framräkning av topografiskt fuktighetsindex ( $I = \ln(\alpha/\tan \beta)$ ) där  $\alpha$  betecknar dräneringsarean och  $\beta$  betecknar lutningen. Celler som ligger lågt i dräneringsområdet och/eller flacka partier får högre index, vilket indikerar fuktigare områden. Topografiskt fuktighetsindex (TWI) beräknades i ArcGIS 9.3 med ModelBuilder.

## Riskbedömning och förslag på motåtgärder

En expertgrupp sattes samman för varje pilotområde för att bedöma var riskområdena för fosforförluster förekommer och vad som är riskbeteenden i områdena. Som faktaunderlag användes redan tillgängliga data och resultat från riskmodellering. En del av dessa faktaunderlag finns redovisat i tabeller och kartor i denna rapport medan andra av mer gårdsspecifik karaktär endast finns i den interna underlagsrapporten. Expertgruppen gav också förslag till åtgärder för att minska förlusterna. För att framöver ytterligare öka möjligheterna att ringa in riskområden och riskbeteenden togs det också fram förslag på kompletterande undersökningar och mätningar. Som underlag för riskidenti-



eringen användes en matris med olika riskfaktorer. På samma sätt användes en matris för förslagen på åtgärder.

I riskbedömningen har inte storleken på påverkan av de olika riskfaktorerna värderats. Anledningen är projektets begränsade budget samt att möjligheterna att verifiera modellresultat varit små. Vi har inte heller gjort några uppskattningar av kostnader och kostnadseffektivitet i förslagen på åtgärder och på fortsatta undersökningar. Däremot har vi gjort en skattning av betydelsen av olika riskfaktorer i respektive område. Här har vi också vägt in om risken redan har åtgärdats. På samma sätt har vi skattat vilka åtgärder som vi bedömer som mest angelägna att genomföra.

Expertgruppen i respektive pilotområde bestod av områdessamordnaren (Anna Aurell i N33, Anuschka Heeb i E23 och Jonas Gustafsson i U8) och forskare vid SLU (Stefan Andersson, Faruk Djodjic, Katarina Kyllmar och Barbro Ulén). Varje expertgrupp träffades vid ett tillfälle under ca 3 timmar. Två av mötena (för E23 och U8) genomfördes med samtliga deltagare samlade på plats medan det tredje hade områdessamordnaren med per telefon (N33).

## Pilotområdenas karakteristik

### Pilotområde N33

*Pilotområde N33* i Hallands slättlandskap ligger i Laholmsbuktens tillrinningsområde (Tabell 1). Vattendraget är till största delen kulverterat med främst den nedre delen i öppet dike. Andelen åkermark är ca 87 % och inom området odlas de flesta förekommande grödor i regionen. Under år 2010 var vall och vårkorn de enskilt största grödorna och fånggröda odlades på 9 % av åkermarken. Skyddszoner var anlagda på ca 25 % av åkermarken intill den öppna delen av vattendraget. Plöjning på hösten var helt dominerande jämfört med vårplöjning under år 2010. Strukturkalkning förekom inte under 2010.

Nöt- och svinproduktion förekommer i området, men djurtätheten är måttlig (0,3 DE/ha). Ungefär en tredjedel av den gödslade åkermarken gödslades med stallgödsel och i stort sett endast på våren under 2010. Fosforgivan under samma år var i genomsnitt 12 kg/ha varav 8 kg/ha som stallgödsel.

Jordarterna på åkermarken i området domineras av glacial lera med en lerhalt i matjorden på mellan 25 och 40 % (mellanlera). Lerhalten stiger med djupet och i alven är den huvudsakligen över 40 % (styv lera). I den södra delen mot vattendelaren förekommer lättare jordar med en lerhalt på 10-15 %. pH i matjorden är i genomsnitt ca 7 och P-AL är mestadels i klass III till IVA. I den västra och östra delen av området är däremot pH lägre och för P-AL förekommer högre värden (klass IVB och V). Ett av fälten i områdets centrala del visade i en markpackningsundersökning att genomsläppligheten vid mättade förhållanden var mycket låg och att andelen vattenförande porer var liten. Fältet har mullrik mellanlera i matjorden och ökande lerhalt nedåt i profilen.

Förlusterna av fosfor är i genomsnitt 0,57 kg/ha och år för hela området, vilket motsvarar en medelhalt på 0,18 mg/l. Halterna av totalfosfor har inte förändrats nämnvärt de senaste 10 åren till skillnad mot kvävehalterna som har minskat betydligt. Resultat av synoptiska undersökningar visar att halterna av totalfosfor är högst i de nedre delarna av avrinningsområdet och att höga halter förekommer under både lågflöde och högflöde.

### Pilotområde E23

*Pilotområde E23* i Östergötland karakteriseras av ett småbrutet och måttligt kuperat jordbrukslandskap. Mellan moränkullarna utgörs jordarterna på åkermarken mestadels av styv lera. I områdets nedre hälft löper bäcken i dagen medan den är kulverterad i de övre delarna. Längs vattendragets öppna delar finns skyddszoner vid ett biflöde i öster men inte längs huvudfåran. Höstvetete är normalt den största grödan i området men år 2010 var den arealen mindre (26 %) som följd av utvintring.

Istället odlades mer vårsådda grödor, bl.a. blev andelen bönor stor (28 %). Fånggröda odlades på en mindre del (2 %). Strukturkalkning genomfördes på 10 % av åkerarealen år 2010.

Djurhållningen (0,4 DE/ha) är varierande med nötkreatur, smågris-, slaktsvins-, och kycklingproduktion. Fördelningen mellan djurslag har förändrats något sedan början av 90-talet. Andelen svin har minskat medan andelen kycklingar har ökat. Gödsling med fosfor sker nästan uteslutande med stallgödsel (även om också slamgödsling har förekommit) och år 2010 var medelgivan 22 kg/ha på den gödslade arealen vilket är något mer än de fem föregående åren. Totalt stallgödslades ca 50 % av den gödslade åkermarken varav ca 30 % på hösten.

Åkermarken domineras av glacial och postglacial lera, i övrigt sandig morän. Lerhalten i åkerjorden varierar mellan 13 och ca 70 % med de styvaste lerorna i den norra delen av området. pH-värdet är i genomsnitt 6,5 med en liten tendens till högre värden i sydligaste delen av området. Däremot är det stor variation i P-AL, vissa fält har låga värden (klass I) medan andra fält (ofta nära gårdar) har mycket höga halter (upp till 37 mg/100 g jord). I övrigt varierar det från klass II till IVA.

Transporten av fosfor i bäcken är i genomsnitt 0,51 kg/ha per år och medelhalten är 0,25 mg/l. Trendanalyser som tar hänsyn till fosforhalter över basflödet och jämförs med ett närliggande avrinningsområde visar att den partikelbundna fosfor inte ändrats under de senaste 15 åren (Ulén et al., 2012a). Mätning av turbiditet och nitrat med hög tidsupplösning visade att halten av suspenderat material var förhöjd strax före flödestoppen vilket indikerar att suspenderat material ansamlats på bäckbotten och spolas bort när flödet ökar (Ulén et al., 2012a). I de synoptiska provpunkterna förekom de högsta halterna från enskilda fält.

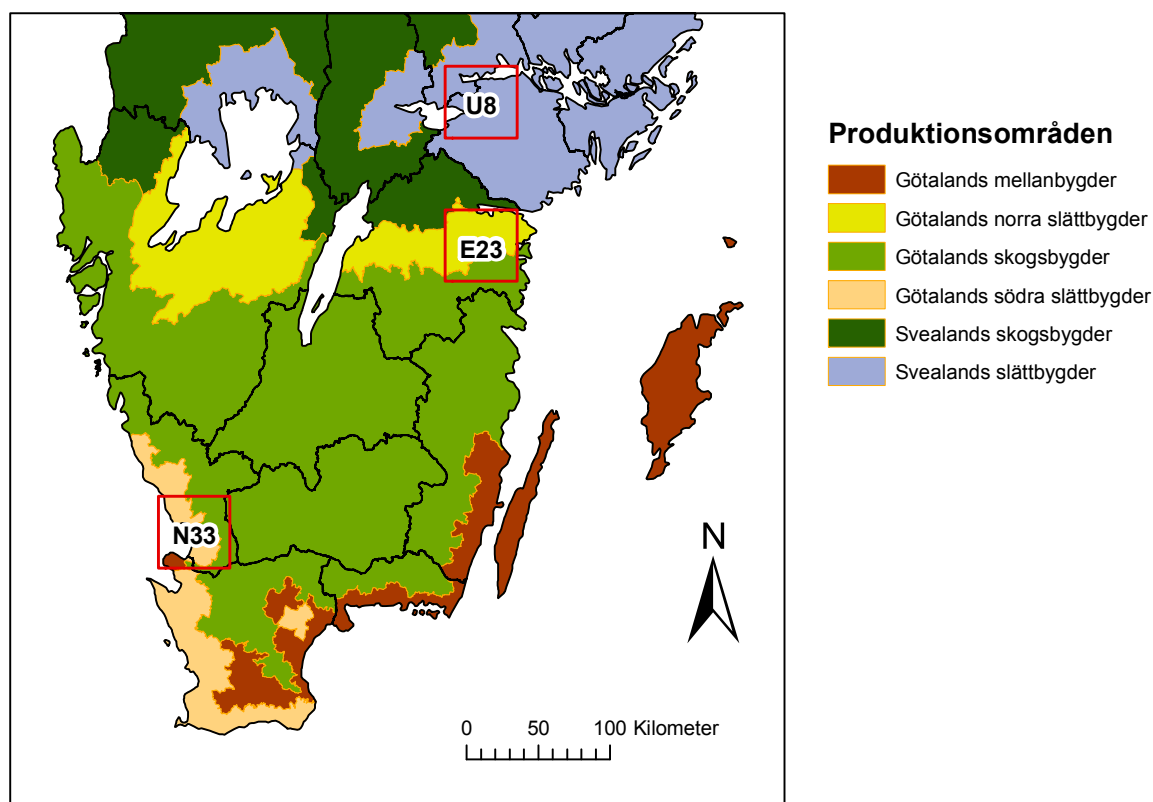
## Pilotområde U8

*Pilotområde U8* i Västmanland ligger strax intill Mälaren. Styv lera är den dominerande jordarten i det mycket flacka området (Tabell 1). Vattendraget utgörs av ett grävt, öppet dike längs hela huvudfåran. Vårsådd spannmål och våroljeväxter är dominerande grödor i området. Andelen plöjd åkermark har minskat under senare år och istället tillämpas reducerad jordbearbetning. Skyddszoner anlades år 2010 längs i stort sett hela vattendraget jämfört med tidigare år då omfattningen var mindre. Samma år strukturkalkades 89 % av åkermarken.

Djurtätheten är 0,2 DE/ha och djuren utgörs främst av slaktsvin. Fosforgivan under 2010 var i genomsnitt 13 kg/ha, vilket var lite mer jämfört med föregående år. Största delen utgjordes av stallgödsel och ca 30 % av den gödslade åkermarken stallgödslades. Ingen stallgödsel lades på hösten.

Jordarten i åkermarken domineras av glacial och postglacial styv lera, i övrigt sandig morän. I den centrala och södra delen av avrinningsområdet finns också områden med lergyttja-gyttjelera där lerhalten på över 70 % (mycket styv lera) förekommer i matjorden. P-AL i matjorden ligger mestadels i klass II-III medan det i några provpunkter är klass IVA och IVB. Uppgifter om pH i marken saknas för senare år men i en undersökning från 1990-talet var pH-värdet relativt lågt (ca 6). Vid undersökning av markpackning i ett fält med måttligt mullhaltig styv lera och något högre lerhalt i alven visade de övre skikten en mycket låg mättad vattengenomsläpplighet medan genomsläppligheten var något bättre djupare ner i profilen. Profilen hade en låg skrymdensitet framförallt i nivå 70-75 cm där även porositeten var väldigt hög. Penetrationsmotståndet ökade gradvis ner till ca 30 cm där det sedan avtar något med djupet.

Transporten av fosfor i bäcken är i genomsnitt 0,83 kg/ha och medelhalten 0,31 mg/l. Det senast redovisade året (2010/2011) var transport och halt betydligt lägre än tidigare år. I de synoptiska provpunkterna är variationerna längs vattendraget små. Något lägre halter förekommer i ett biflöde där gytjelera dominerar. I provpunkten som avvattnar endast skogsmark är halterna markant lägre.



**Figur 1.**

*Pilotområden och produktionsområden (enligt SCBs indelning). Pilotområdenas exakta läge anges inte, istället anges inom vilket kartblad enligt Rikets Nät (50x50 km) de är lokaliserade.*

**Tabell 1.**

*Karakteristik för pilotområdena*

| Pilot-omr. | Avrinnings-område | Produktions-område <sup>1</sup> | Area (ha)        | Åkermark (%) | Betesmark (%) | Skog och övrig mark <sup>2</sup> (%) | Jordart <sup>3</sup> | Period <sup>4</sup> |
|------------|-------------------|---------------------------------|------------------|--------------|---------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------|
| N33        | Genevadsån        | Gss                             | 649              | 87           | -             | 12                                   | mellanlera           | 1991-               |
| E23        | Söderköpingsån    | Gns                             | 739 <sup>5</sup> | 53           | 10            | 37                                   | styv lera            | 1988-1995, 2002-    |
| U8         | Norrström         | Ss                              | 574 <sup>5</sup> | 57           | 2             | 40                                   | styv lera            | 1993-               |

<sup>1</sup> Gss: Götalands södra slättbygder; Gns: Götalands norra slättbygder; Ss: Svealands södra slättbygder

<sup>2</sup> Inklusiv energiskog

<sup>3</sup> Dominerande jordart på åkermark

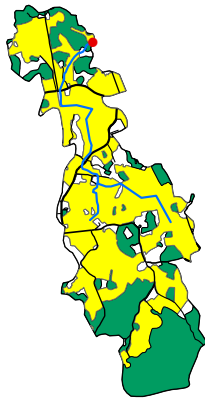
<sup>4</sup> Avser start och slut för agrohydrologiska år (1 juli – 30 juni)

<sup>5</sup> Arealen omkarterad 2011

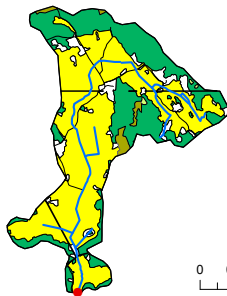
N33



E23



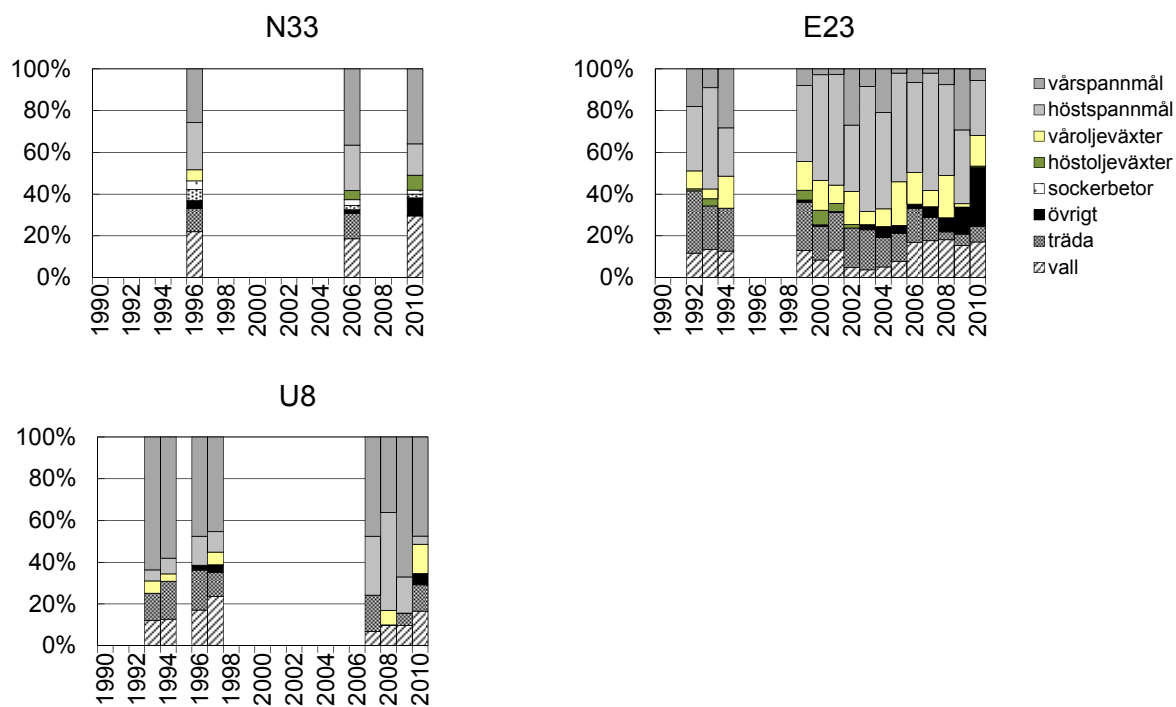
U8



0 0.5 1 2 Kilometers



**Figur 2.**  
*Pilotområden. Provtagningspunkt för ytvatten (●).*



**Figur 3.**  
Grödfördelning (%) i pilotområdena de år då andelen inventerad åkermark har överstigit 50 % av områdets totala åkerareal.

**Tabell 2.**  
Detailjerad grödfördelning (%) i pilotområdena under 2010

|                | N33 | E23 | U8 |
|----------------|-----|-----|----|
| Betesvall      | 7   | 6   | 1  |
| Bönor          | 0   | 28  | 0  |
| Havre          | 1   | 3   | 6  |
| Höstoljevaxter | 7   | 1   | 0  |
| Höstråg        | 0   | 0   | 2  |
| Höstvete       | 15  | 26  | 2  |
| Potatis        | 2   | 0   | 0  |
| Sockerbetor    | 2   | 0   | 0  |
| Träda          | 1   | 7   | 13 |
| Vall           | 22  | 11  | 15 |
| Vårkorn        | 31  | 3   | 42 |
| Våroljevaxter  | 0   | 15  | 14 |
| Vårvete        | 4   | 0   | 0  |
| Ärter          | 8   | 0   | 5  |

**Tabell 3.**

Odlingsåtgärder som andel av inventerad åkerareal (%) i respektive pilotområde de år då andelen inventerad åkermark överstigit 50 %. Tidig höst: juli-september, Sen höst: oktober-december, Vår: januari-maj

|            | Plöjning      |             |     | Fånggröda | Skydds-zoner | Struktur-<br>kalkning | Ekologisk<br>odling |
|------------|---------------|-------------|-----|-----------|--------------|-----------------------|---------------------|
|            | Tidig<br>höst | Sen<br>höst | Vår |           |              |                       |                     |
| <b>N33</b> |               |             |     |           |              |                       |                     |
| 2006       | 7             | 27          | 7   | 7         | 0.1          | 0                     | 12                  |
| 2007       | -             | -           | -   | -         | -            | -                     | -                   |
| 2008       | -             | -           | -   | -         | -            | -                     | -                   |
| 2009       | -             | -           | -   | -         | -            | -                     | -                   |
| 2010       | 22            | 27          | 4   | 9         | <0.0         | 0                     | 7                   |
| <b>E23</b> |               |             |     |           |              |                       |                     |
| 2006       | 21            | 7           | 0   | 0         | 1.2          | 0                     | 2                   |
| 2007       | 23            | 12          | 0   | 2         | 0.6          | 0                     | 2                   |
| 2008       | 31            | 23          | 0   | 0         | 0.4          | 0                     | 3                   |
| 2009       | 38            | 15          | 4   | 0         | 0.5          | 0                     | 3                   |
| 2010       | 14            | 5           | 0   | 2         | 0.3          | 10                    | 1                   |
| <b>U8</b>  |               |             |     |           |              |                       |                     |
| 2006       | -             | -           | -   | -         | -            | -                     | -                   |
| 2007       | 0             | 7           | 36  | 0         | 1.5          | 3                     | 6                   |
| 2008       | 0             | 16          | 0   | 2         | 1.5          | 8                     | 6                   |
| 2009       | 0             | 7           | 0   | 3         | 0.0          | 0                     | 6                   |
| 2010       | 0             | 2           | 2   | 2         | 6.7          | 89                    | 6                   |

**Tabell 4.**

Gödsling med kväve och fosfor (mineralgödsel och stallgödsel) för åkermark som har gödslats; andel av gödslad åkermark som stallgödslats och som stallgödslats på hösten; samt andel gödslad åkermark (av inventerad åkermark) i pilotområdena 2010

|                   | N<br>(kg/ha)       |                      |                     | P<br>(kg/ha)       |             | Stallgödslad areal<br>(%) |      | Gödslad åker<br>(%) |
|-------------------|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|-------------|---------------------------|------|---------------------|
|                   | Handels-<br>gödsel | Stallgödsel<br>oorg. | Stallgödsel<br>övr. | Handels-<br>gödsel | Stallgödsel | Totalt                    | Höst |                     |
| <b>N33</b>        |                    |                      |                     |                    |             |                           |      |                     |
| 2006 <sup>1</sup> | 134                | 28                   | 18                  | 3                  | 14          | 58                        | 27   | 52                  |
| 2007              | -                  | -                    | -                   | -                  | -           | -                         | -    | -                   |
| 2008              | -                  | -                    | -                   | -                  | -           | -                         | -    | -                   |
| 2009              | -                  | -                    | -                   | -                  | -           | -                         | -    | -                   |
| 2010              | 121                | 12                   | 15                  | 4                  | 8           | 33                        | 2    | 74                  |
| <b>E23</b>        |                    |                      |                     |                    |             |                           |      |                     |
| 2006              | 141                | 4                    | 9                   | 7                  | 8           | 13                        | 0    | 76                  |
| 2007              | 117                | 16                   | 23                  | 1                  | 20          | 43                        | 9    | 79                  |
| 2008              | 116                | 7                    | 13                  | 3                  | 11          | 24                        | 8    | 83                  |
| 2009              | 109                | 2                    | 17                  | 1                  | 14          | 16                        | 7    | 75                  |
| 2010              | 86                 | 19                   | 24                  | 0                  | 22          | 49                        | 30   | 57                  |
| <b>U8</b>         |                    |                      |                     |                    |             |                           |      |                     |
| 2007              | 94                 | 16                   | 9                   | 1                  | 9           | 30                        | 0    | 66                  |
| 2008              | 91                 | 15                   | 8                   | 2                  | 8           | 32                        | 0    | 89                  |
| 2009              | 88                 | 10                   | 5                   | 1                  | 5           | 22                        | 0    | 88                  |
| 2010              | 77                 | 19                   | 11                  | 2                  | 11          | 31                        | 0    | 69                  |

<sup>1</sup>Endast 56 % av åkerarealen inventerad

**Tabell 5.**

Nederbörd, avrinning och transporter av kväve, fosfor, suspenderat material och TOC (beräknade från analysresultat av manuellt tagna vattenprover) angivna som medelvärden för sex år (2002/2003 – 2010/2011) för pilotområde N33, E23 och U8

| Pilotområde | Nederbörd <sup>1</sup> | Avrinning | Tot-N   | NO <sub>3</sub> -N | NH <sub>4</sub> -N | Tot-P | PO <sub>4</sub> -P | Part-P | Susp mtrl | TOC |
|-------------|------------------------|-----------|---------|--------------------|--------------------|-------|--------------------|--------|-----------|-----|
|             | (mm)                   |           | (kg/ha) |                    |                    |       |                    |        |           |     |
| N33         | 758                    | 329       | 21,7    | 18,5               | 0,16               | 0,57  | 0,20               | 0,32   | 53        | -   |
| E23         | 604                    | 202       | 8,7     | 7,0                | 0,19               | 0,51  | 0,21               | 0,25   | 211       | 30  |
| U8          | 649                    | 275       | 9,4     | 4,1                | 0,21               | 0,83  | 0,17               | 0,57   | 226       | 38  |

<sup>1</sup> N33; Laholm

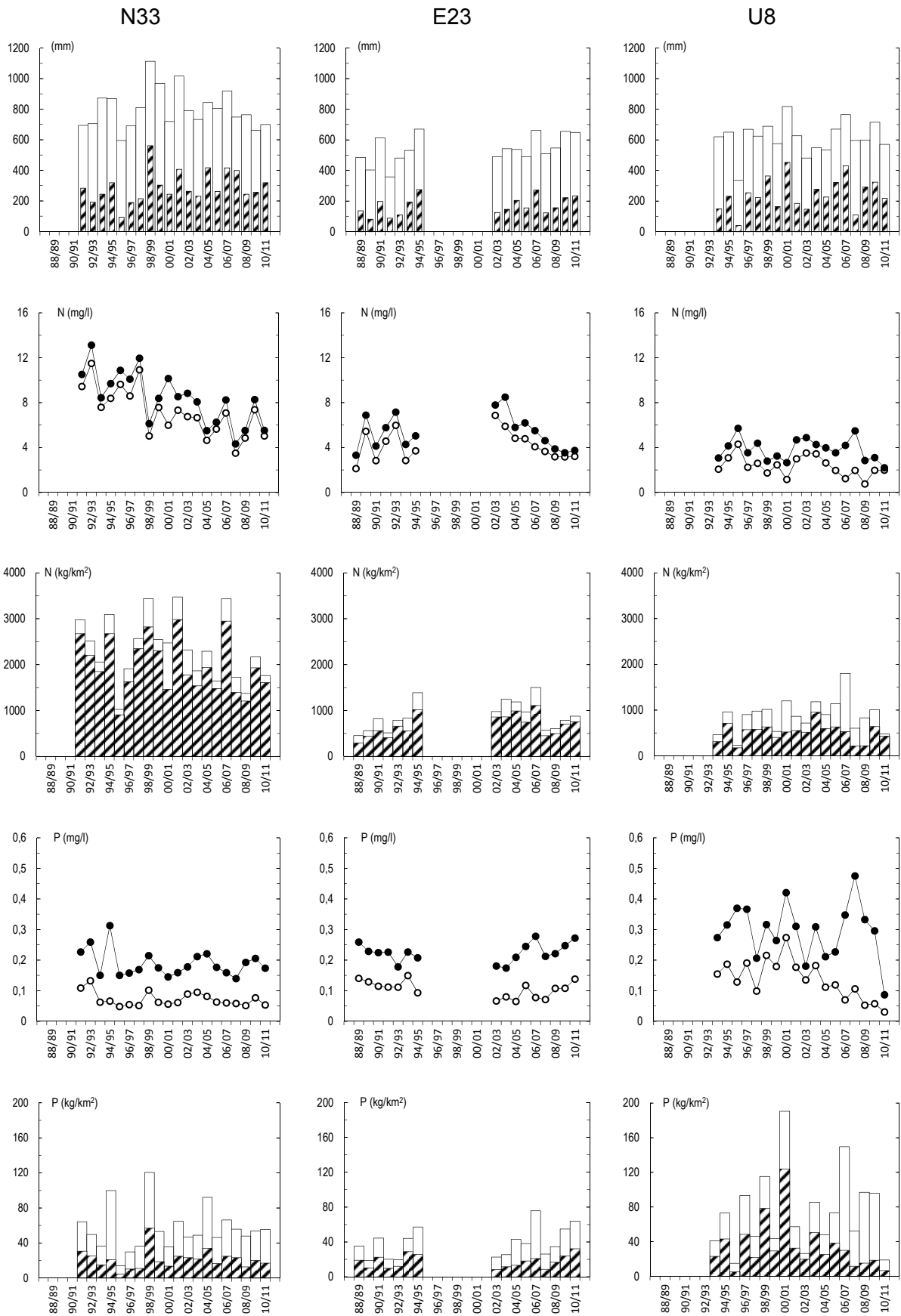
E23; Söderköping

U8; Kolbäck (2002/2003 – 2007/2008), Västerås (2008/2009 – 2010/2011)

**Tabell 6.**

Flödesvägda årsmedelhalter (mg/l), aritmetiska medelvärden av pH och konduktivitet angivna som medelvärden för sex år (2002/2003 – 2010/2011) för manuellt tagna vattenprover för pilotområde N33, E23 och U8

| Pilotområde | Tot-N  | NO <sub>3</sub> -N | NH <sub>4</sub> -N | Tot-P | PO <sub>4</sub> -P | Part-P | Susp mtrl | TOC | pH  | Konduktivitet |
|-------------|--------|--------------------|--------------------|-------|--------------------|--------|-----------|-----|-----|---------------|
|             | (mg/l) |                    |                    |       |                    |        |           |     |     | (mS/m)        |
| N33         | 6,6    | 5,7                | 0,05               | 0,18  | 0,06               | 0,10   | 17        | -   | 7,9 | 48            |
| E23         | 4,2    | 3,5                | 0,09               | 0,25  | 0,10               | 0,12   | 106       | 15  | 7,8 | 47            |
| U8          | 3,6    | 1,6                | 0,07               | 0,31  | 0,06               | 0,22   | 74        | 13  | 7,6 | 43            |



**Figur 4.** Nederbörd (hel stapel) och avrinning (streckad); halt av totalkväve (●) och nitratkväve (○); transport av totalkväve (hel stapel) och nitratkväve (streckad); halt av totalfosfor (●) och fosfatfosfor (○); samt transport av totalfosfor (hel stapel) och fosfatfosfor (streckad) i pilotområde N33, E23 och U8.



# Riskfaktorer för fosforförluster samt motåtgärder

## Riskfaktorer för fosforförluster

I bedömningen av riskfaktorer för fosforförluster delade vi upp riskerna i tre grupper: (1) odling och växtföljder; (2) fältens aktuella egenskaper samt (3) förhållanden i vattendraget. I respektive grupp bedömde vi riskerna för nedanstående faktorer. Som faktaunderlag hade vi information om odlingen som grödor och gödsling, matjordens egenskaper som P-AL, pH och lerhalt samt information från synoptisk vattenprovtagning om vattenkvalitet i delavrinningsområden.

### *I odling och växtföljder*

- Plöjning nära dikeskant ökar risken för erosion i bäckslänten.
- Sen höstplöjning som lämnar markytan utan skyddande växttäckning vilket ökar risken för yterrosion. Däremot kan regelbundet återkommande plöjning vara en positiv åtgärd för att bryta spricksystem i ett odlingssystem där plöjningsfri odling tillämpas. Enstaka år med hög markfuktighet kan det också vara nödvändigt med höstplöjning i ett annars plöjningsfritt odlingssystem för att minska risken för packningsskador. Samtidigt får marken inte heller vara för blöt.
- Höga fosforgivor av förrådsgödslande karaktär innebär en större risk för förlust jämfört med om givan är anpassad efter den aktuella grödans behov. Höga givor förekommer främst vid gödsling med slam eller med stallgödsel. En annan risk är om stallgödsel ofta tillförs samma skiften istället för att spridas jämnt över gårdens areal under en flerårsperiod.
- Stallgödsling sen höst kan medföra en risk att fosfor förs ut i vattendraget vid hög avrinning.
- En växtföljd med mestadels spannmål kan innebära att markstruktur och bördighet påverkas negativt medan fleråriga vallar verkar förbättrande för strukturen.

### *I fältens egenskaper*




- Fält med höga fosfortal i marken kan vara riskområden för fosforförluster, speciellt om jordarten har låg lerhalt.
- Ett fält där marken är packad har sämre bördighet och risken för kanaliserade flöden ökar liksom risken att fosfat löses ut om stående vatten förekommer under längre perioder och syrefria förhållanden uppstår.
- Stående vatten på fältet kan ha flera orsaker. Det kan bero på markens genomsläpplighet som kan vara försämrad som en följd av markpackning. Om fältet är dränerat kan dräneringsystemen ha nedsatt funktion med låg genomströmning. Det kan också vara så att vatten trycks upp från annan mark som ligger högre i landskapet. Det är främst intill skogskanter, där marken dessutom kan vara packad, som detta kan förekomma. Här kan avsaknad av s.k. backdiken vara en stor riskfaktor. Risken med att marken är blöt en längre tid är att det uppstår reducerande förhållanden i marken vilket innebär att fosfat kan lösas ut. Det kan också förekomma stående vatten som en följd av att marken är tjälad.
- Ytvavrinning förekommer som följd av försämrad genomsläpplighet i marken eller av upptryckande vatten. Det kan också bero på regn eller snösmältning på tjälad mark, eller vid stor nederbörd på kort tid som under åskregn sommartid. Ytvattnet behöver inte vara synligt och mer eller mindre laterala flöden kan ske t.ex. ovanpå en tät plogsula.
- Erosion på fältet kan ske både på markytan och i marken. Ofta är erosionsrisken störst i jordar med hög lerhalt där erosion kan ske både på ytan och i makroporsystem men också mjälajordar är känsliga för erosion men då främst på ytan och i bäckkanter. Andra riskfaktorer för erosion är jordar som har svag aggregatstabilitet och fält med stor lutning.

### ***I vattendrag***

- Dämning i vattendrag eller kulvertar innebär att avvattningen av fälten försämras samt att det i öppna vattendrag kan bli erosion i bäckslänterna.
- Erosion i bäckkanter är en risk när slänterna är branta utan skyddande grässvål eller dylikt samt vid tvära krökar på bäcken.
- Erosion i bäckfåra kan vara en risk speciellt i nyrensade diken.
- Betesdjur i bäckravin innebär att slänterna trampas sönder och blir utsatta för erosion. De innebär också att vattenkvaliteten kan försämras av betesdjurens gödsel.
- Vid dikesrensning kan bäckslänterna förlora en skyddande växtlighet eller annan stabilisering (t ex kross) och därmed bli mer utsatta för erosion.

När vi sammanställde risken för de olika faktorerna i respektive område vägde vi samman fyra kriterier. Det var om risken var: (1) aktuell i området; (2) omfattning av den; (3) om den redan var åtgärdad samt (4) hur mycket som var åtgärdat. Vi klassade sedan risken enligt en tregradig skala, se nedan.

### ***Klassning av riskfaktorer för fosforförluster***

-  Liten risk och/eller åtgärdat
-  Måttlig risk och/eller en del åtgärder återstår
-  Hög risk och/eller åtgärder återstår

### **Åtgärder mot fosforförluster**

Förslagen på åtgärder grupperades på samma sätt som för riskfaktorerna: (1) odling och växtföljder; (2) fältens aktuella egenskaper samt (3) förhållanden i vattendraget. I respektive grupp bedömde vi möjligheterna att genomföra följande åtgärder.

#### ***I odling och växtföljder***

- Skyddzoner och vegetationsfilter. Förutom kring vattendrag bör det vara vegetationsfilter kring ytvattenbrunnar och på åkermark där det ofta är stående vatten. Skyddszonen ger skydd mot yterrosion men förbättrar även markens struktur.
- Stallgödning på våren.
- Gödning efter P-AL tal i markkarta. Fält med höga P-AL bör helst inte stallgödas.
- Växtföljder och mellangroda. Valet av grödor i växtföljden är ett sätt att påverka markens struktur och därmed bördighet. Oljevaxter är ett exempel på strukturförbättrande gröda.

#### ***På fälten***

- Reducerad jordbearbetning minskar risken för yterrosion. Däremot bör jorden plöjas med några års mellanrum för att bryta de spricksystem som kan uppstå i jordar med hög lerhalt.
- Direktsådd kan främst vara ett alternativ på mark med stor lutning.
- Plöjning tvärs fältets lutning bör generellt tillämpas där det är risk för yterrosion och speciellt längs med vattendrag och skogskanter.
- Alvluckring bör vara en lämplig åtgärd på fält med markpackningsskador, speciellt där marken lutar något. I en alvluckrad jord leds vattnet ned i marken genom de skärningar som skapas i stället för att rinna av på ytan.




- Strukturkalkning förbättrar markens struktur och ger den bättre genomsläpplighet och därmed ökad bördighet. Samtidigt minskar risken för etablering av stora spricksystem där vattnet mer eller mindre direkt kan nå dräneringssystemen (Ulén et al., 2011b, 2012b).
- Regelbunden översyn och underhåll av dräneringssystem för att säkerställa att avvattningen av fälten är god. I vissa fall kan även ny-/omtäckdikning vara aktuell.
- Ett kalkfilterdike ger en bättre infiltration vilket minskar risken för ytavrinning. Åtgärden kan vara aktuell i samband med översyn/omläggning av dräneringssystem då kalk kan blandas in i återfyllnadsmaterialet. Hållbarheten i tid är däremot osäker. Anpassad kalkning i erosionsfåror ned mot vattendrag kan möjligen vara ett alternativ till att inte strukturkalka ett helt fält.
- Kalkfilterkassett i brunn är mest lämpligt för små arealer med väl-dränerade system. Eftersom materialet behöver bytas relativt ofta kan åtgärden vara mindre kostnadseffektiv.
- Större rastfällor till nöt/häst om marken är mycket trampskadad. Åtgärden bör speciellt beaktas nära vattendrag och ytvattenbrunnar.

### *I vattendrag*

- Betesdjur bör alltid vara helt avstängslade från vattendrag och diken.
- Avsläntning av dikeskanter så att lutningen blir mindre är en åtgärd för branta eroderade slänter. Därmed kan en skyddande grässvål etableras.
- Tvästegsdike (översvämningssdike) där en sträcka av diket grävs ur så att det blir en smal mittfåra för låga flöden och ett bevuxet plan (men också nedgrävt) vid sidan där vattnet kan flöda över vid högre flöden. Åtgärden bör begränsas till inte alltför djupa delar av vattendraget för att minska kostnader för att flytta schaktmassor. Generellt bör karaktären med översvämningssutrymme i diket och måttligt sluttande slänter eftersträvas vid rensningsarbete.
- Trädridåer längs vattendraget kan vara ett sätt att stabilisera bäckkanter och gynna det biologiska livet i vattnet men försvårar samtidigt rensning. Åtgärden är mest lämplig i sträckor där det är fall och därmed liten sedimentation.
- Slamficka i dike, liten sedimentationsdamm kan anläggas för att fånga partikelbunden fosfor. För att minska grävningskostnaderna bör de helst anläggas på sluttande mark. Utformningen och regelbunden skötsel är viktig för att dammarna ska fungera bra.
- Erosionsskydd i bäckvinklar och tvära böjar, speciellt om lerhalten i marken är hög. Bäckkanten bör vara ordenligt avsläntad och ha ett erosionsskydd i form av sten, gärna krossad i storlek 45-500 mm.
- Kulvertering kan vara ett alternativ om vattendraget ligger djupt och har branta slänter. Med kulvert försvinner behovet av att minska slänternas lutning, en åtgärd som kan vara kostsam om stora schaktmassor ska flyttas. Konflikt med biotopskydd kan däremot vara en begränsande faktor.
- Våtmarker och större översvämningssområden innebär att den fysiska påverkan på vattendraget nedströms minskar vid höga flöden samtidigt som lerpartiklar och leraggregat tillåts att sedimentera. Begränsningarna kan vara dock vara flera. Ofta är åkermarken som mest värdefull på de mest lämpliga anläggningsplatserna. Det kan också finnas begränsningar av juridisk, ekonomisk och hydroteknisk karaktär.

Möjligheten och behovet av att genomföra de olika åtgärderna klassade vi enligt en tregradig skala, se nedan.

### *Klassning av behov och potential för åtgärder mot fosforförluster*

-  Ej aktuell åtgärd och/eller redan genomförd
-  Åtgärden är tänkbar och/eller har delvis genomförts
-  Åtgärden är angelägen och har inte genomförts

## Pilotområde N33 – risker för fosforförluster

### *I odling och växtföljder*

- *Plöjning nära dikeskant*  
Förekommer längs vattendragets öppna del strax uppströms mätstationen.
- *Sen höstplöjning*  
Hösten 2010 plöjdes 25 % av åkermarken under sen höst medan drygt 20 % plöjdes tidig höst. Vårplöjning förekom på knappt 5 % av arealen. I området har fokus varit att reducera kväveläckaget och då är sen höstplöjning att föredra framför tidig höstplöjning.
- *Höga fosforgivor*  
Fosfor tillförs främst som stallgödsel och årgivorna av fosfor är som mest ca 50 kg/ha. Stallgödsel tillförs även på skiften där fosfortalet i marken är högt.
- *Stallgödsling sen höst*  
Stallgödsling sker i stort sett endast på våren.
- *Växtföljder*  
Ensidig växtföljd utan strukturgrödor på delar av arealen. Vallen begränsad till vissa odlare.

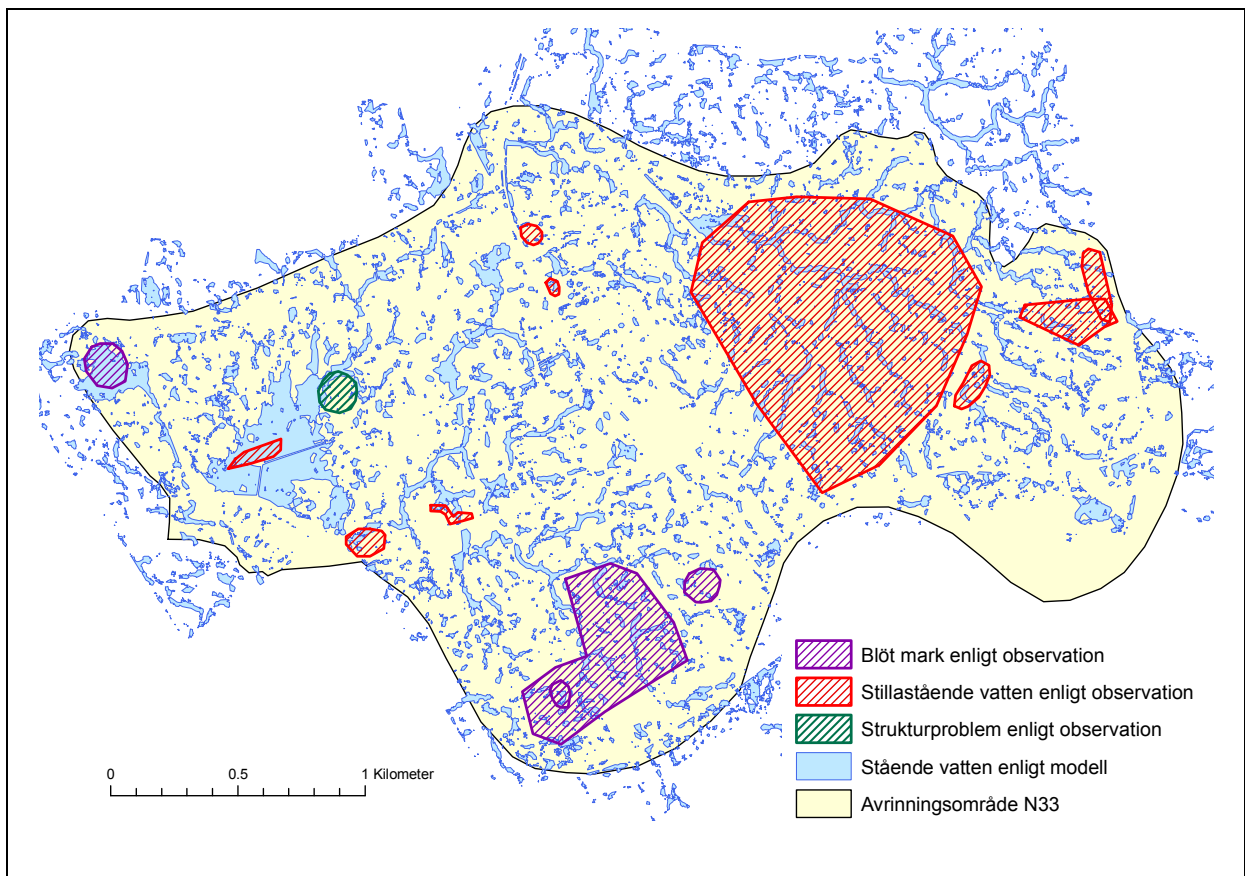
### *I fältens egenskaper*

- *Höga fosfortal*  
Förekommer främst på åkermark med lättare jordarter, speciellt i östra delen av området.
- *Markpackning*  
Både markpackningsundersökning och observationer i fält indikerar att åkermark med tät struktur förekommer i området.
- *Stående vatten på fältet*  
Förekommer på ett flertal fält i samband med kraftiga regn och snösmältning. Orsakerna kan vara både dålig markstruktur och begränsad funktion hos dräneringssystemen. Det är också frågetecken kring kulvertens funktion i den östra delen av området. Möjligen kan det också trycka ut vatten från en ås i vattendelaren (Figur 5).
- *Ytavrinning*  
Ytavrinning förekommer men det är inte definierat var.
- *Erosion*  
Att erosion förekommer indikeras av att andelen partikulärt fosfor är drygt hälften av totalfosfor vid utloppspunkten i bäcken. I de synoptiska provpunkterna är halterna av totalfosfor högst i det södra biflödet. Strax uppströms mätstationen förekommer fläckvis erosion i den mestadels sandiga bäckbanken.

### *I vattendrag*

- *Dämning*  
Dämning och stående vatten på fälten förekommer i delavrinningsområden som avvattnas genom kulverten som utgör huvudfåran och genom kulverten från det södra biflödet. Det är oklart om orsaken till den begränsade avvattningen är underdimensionering, igensättning eller för litet fall i dräneringssystem och kulvertar.

- Erosion i bäckslänter**  
 Det förekommer erosion i bäckslänter strax uppströms mätstationen, speciellt i kanter som är branta. Där är det små möjligheter för en skyddande grässvål att etableras.
  
- Erosion i bäckfåra**  
 Osäkert om det är ett problem.
  
- Betesdjur i bäckravin**  
 Betesdjur i bäckravin förekommer inte.
  
- Dikesrensning**  
 Bortgrävning av skyddande grässvål ger en erosionskänslig yta som kan vara svår att få täckt med gräs igen, speciellt om kanterna är branta. Grävningsarbeten har förekommit fläckvis i diket under senare år.



**Figur 5.**  
 Riskområden för stillastående vatten enligt observationer och enligt högupplöst terrängmodell i pilotområde N33

## Pilotområde N33 – förslag på åtgärder mot fosforförluster

### *I odling och växtföljder*

- *Skyddszoner och vegetationsfilter*  
Anpassade skyddszoner exempelvis runt ytvattenbrunnar. Anläggning av skyddszon på återstående sträcka längs bäcken.
- *Stallgödsling på våren*  
I stort sett all stallgödsling sker redan på våren.
- *Gödsling enligt markkarta*  
Ett begränsat antal skiften med höga värden av P-AL bör inte stallgödas.
- *Växtföljd och mellangroda*  
Fånggröda odlas på närmare 10 % av åkerarealen. Växtföljden i övrigt kan möjligen justeras med syftet att förbättra markstrukturen.

### *På fälten*

- *Reducerad jordbearbetning*  
Skulle kunna vara ett alternativ på den styvare jorden.
- *Direktsådd*  
-
- *Plöjning tvärs fältets lutning*  
Kan möjligen vara aktuellt.
- *Avluckring*  
På fält med plogsula bör det vara en åtgärd för att förbättra markstrukturen.
- *Strukturkalkning*  
Med stöd av LOVA-medel har strukturkalkning genomförts på flertalet av de fält i området som har högst lerhalt. Om några år när nyligen anlagda vallar bryts skulle ytterligare några fält med hög lerhalt kunna kalkas. Några fler fält hade varit möjliga men brukaren har där inte varit intresserad.
- *Underhåll av dräneringssystem*  
Igensatta dräneringssystem med försämrade vattenavledande förmåga förekommer.
- *Kalkfilterdike mot löst P*  
Ifyllnad med kalk kan göras i samband med dräneringsöversyn. Kalkfilterdiket ger en bättre infiltration vilket därmed minskar eventuell ytavrinning. Skulle också kunna anläggas i erosionspartier i bäckens närhet och kring ytavrinningsbrunnar.
- *Kalkfilterkassett i brunn*  
Eventuellt i små väl-dränerade system.
- *Större rastfällor till nöt/häst*  
Åtgärden är ej aktuell.

## ***I vattendrag***

- *Betesdjur avstängslade från dike*  
Ej aktuellt.
- *Avslantning av dikeskanter*  
Delar av vattendraget uppströms mätstationen där branta eroderade slänter förekommer bör släntas av så att lutningen blir mindre och att grässvål därmed kan etableras.
- *Tvåstegsdiken (översvämningsdiken)*  
Skulle kunna genomföras närmast uppströms mätstationen. Åtgärden bör begränsas till inte alltför djupa delar av vattendraget för att minska kostnader för att flytta schaktmassor.
- *Slamficka i dike, liten sedimentationsdamm*  
Eftersom vattendraget till största delen är kulverterat saknas det lämpliga platser för anläggning av damm eller slamficka uppströms mätstationen. I den nedre öppna delen finns en befintlig damm som redan fyller denna funktion.
- *Trädrådåer längs vattendraget*  
Trädrådåer finns längs huvuddelen av den öppna delen av vattendraget.
- *Erosionsskydd i bäckvinklar*  
Bäckvinkeln vid utloppen från kulvertarna är djup och skarp men lerhalten är låg och därmed är erosionsrisken måttlig. Det finns dessutom erosionsskydd i form av sten i vinkeln.
- *Kulvertering och dräneringssystem*  
Ytterligare kulvertering är inte aktuell men däremot översyn av kulvert- och dräneringssystem.
- *Våtmarker och större översvämningsområden*  
Den redan anlagda dammen fyller denna funktion.

## **Pilotområde N33 - förslag på fortsatta mätningar och undersökningar**

- Kontinuerlig registrering av turbiditet och nitratkväve med sensor för att få högupplöst information om hur vattenkvaliteten varierar över tid. För att bestämma transporterade mängder är däremot samlingsproven som omfattar 2 veckor nödvändiga.
- Analys av markens fosforbindningskapacitet (P-Olsen, PSI och P-vatten) på fält som har lättare jordar och höga P-AL tal.
- Synoptiska prover: lägg till en provpunkt i den östra delen. Minska antalet provpunkter i det södra biflödet.
- Provtagning i brunnar av dräneringsvatten från fält som har respektive inte har strukturkalkats.
- Undersökning av ytavrinning i området (förekomst, flöden och kemisk sammansättning).

## Pilotområde E23 – risker för fosforförluster

### *I odling och växtföljder*

- *Plöjning nära dikeskant*  
Eftersom det inte finns några skyddszoner längs huvudfårans öppna del förekommer sannolikt plöjning nära dikeskant. Förutom ökad risk för erosion kan det även innebära att gödselspridning sker nära vattendraget.
- *Sen höstplöjning*  
Hösten 2010 plöjdes ca 20 % av åkermarken varav ca 3/4 under tidig höst. Vårplöjning förekom inte alls efterföljande vår. Reducerad jordbearbetning utan plöjning förekommer.
- *Höga fosforgivor*  
Fosfor tillförs främst som stallgödsel och ca 50 % av åkerarealen tillfördes stallgödsel år 2010. Medelgivan till den fosforgödslade arealen var drygt 40 kg/ha medan enstaka givor var betydligt högre.
- *Stallgödsling sen höst*  
Stallgödsling på hösten sker främst i augusti-september.
- *Växtföljder*  
Växtföljder som riskfaktorer har inte diskuterats.

### *I fältens egenskaper*

- *Höga fosfortal*  
Förekommer mest i den norra (nedre) delen av området och på de flesta jordarter.
- *Markpackning*  
Observationer i fält indikerar att åkermark med tät struktur förekommer i området.
- *Stående vatten på fältet*  
Förekommer på ett flertal fält i samband med kraftiga regn och snösmältning. Orsakerna kan vara både tät markstruktur och begränsad/bristfällig funktion hos dräneringssystemen.
- *Ytavrinning*  
Ytavrinning förekommer men är svår att observera.
- *Erosion*  
Omfattande erosion (mer eller mindre synlig) förekommer i hela området och längs bäcken.

### *I vattendrag*

- *Dämning*  
Sannolikt dämmer det i dräneringssystem eftersom vatten blir stående på fälten efter regn.
- *Erosion i bäckslänter*  
Det förekommer erosion i bäckslänter speciellt i vinklar vid snabba kanaliserade flöden. Återkommande frysning och tining under vintern gynnar erosionen.



- *Erosion i bäckfåra*  
Erosion i bäckfåran bedöms inte vara något problem.
- *Betesdjur i bäckravin*  
Betesdjur i bäckravin förekommer inte.
- *Dikesrensning*  
Kan vara en risk vid för djup rensning eftersom det undre bottenskiktet kan ha en sämre förmåga att binda fosfor.

## Pilotområde E23 – förslag på åtgärder mot fosforförluster

### *I odling och växtföljder*

- *Skyddszoner och vegetationsfilter*  
Anläggning av skyddszon längs hela huvudfåran och dess biflöden. Anpassade skyddszoner runt ytvattenbrunnar, speciellt där stående vatten förekommer.
- *Stallgödsling på våren*  
En tredjedel av stallgödseln läggs på hösten. Om möjligt bör den läggas på våren.
- *Gödsling enligt markkarta*  
Skiften med redan höga tal av P-AL bör inte stallgödsas.
- *Växtföljder och mellangröda*  
Fånggröda odlas nästan inte alls. Växtföljden i övrigt kan möjligen justeras med syftet att förbättra markstrukturen.

### *På fälten*

- *Reducerad jordbearbetning*  
Eftersom ytavrinning nästan inte har observerats är det kanske inte ett problem. Skulle kunna vara ett alternativ på den styvare jorden.
- *Direktsådd*  
Inget underlag för att rekommendera detta.
- *Plöjning tvärs fältets lutning*  
Kan möjligen vara aktuellt längs med skogskanter där det förekommer backdiken med nedsatt funktion.
- *Alvluckring*  
På fält med plogsula/packningsskada bör det vara en åtgärd för att förbättra markstrukturen.
- *Strukturkalkning*  
Har genomförts på 10 % av arealen 2010. Skulle kunna göras på lerjordarna över hela området.
- *Underhåll av dräneringssystem*  
Igentsatta dräneringssystem med försämrade vattenavledande förmåga är vanligt förekommande. Det förekommer även att öppna diken längs skogskanter har nedsatt funktion varmed vatten rinner ut på fälten, en del av dessa diken har dock redan rensats.

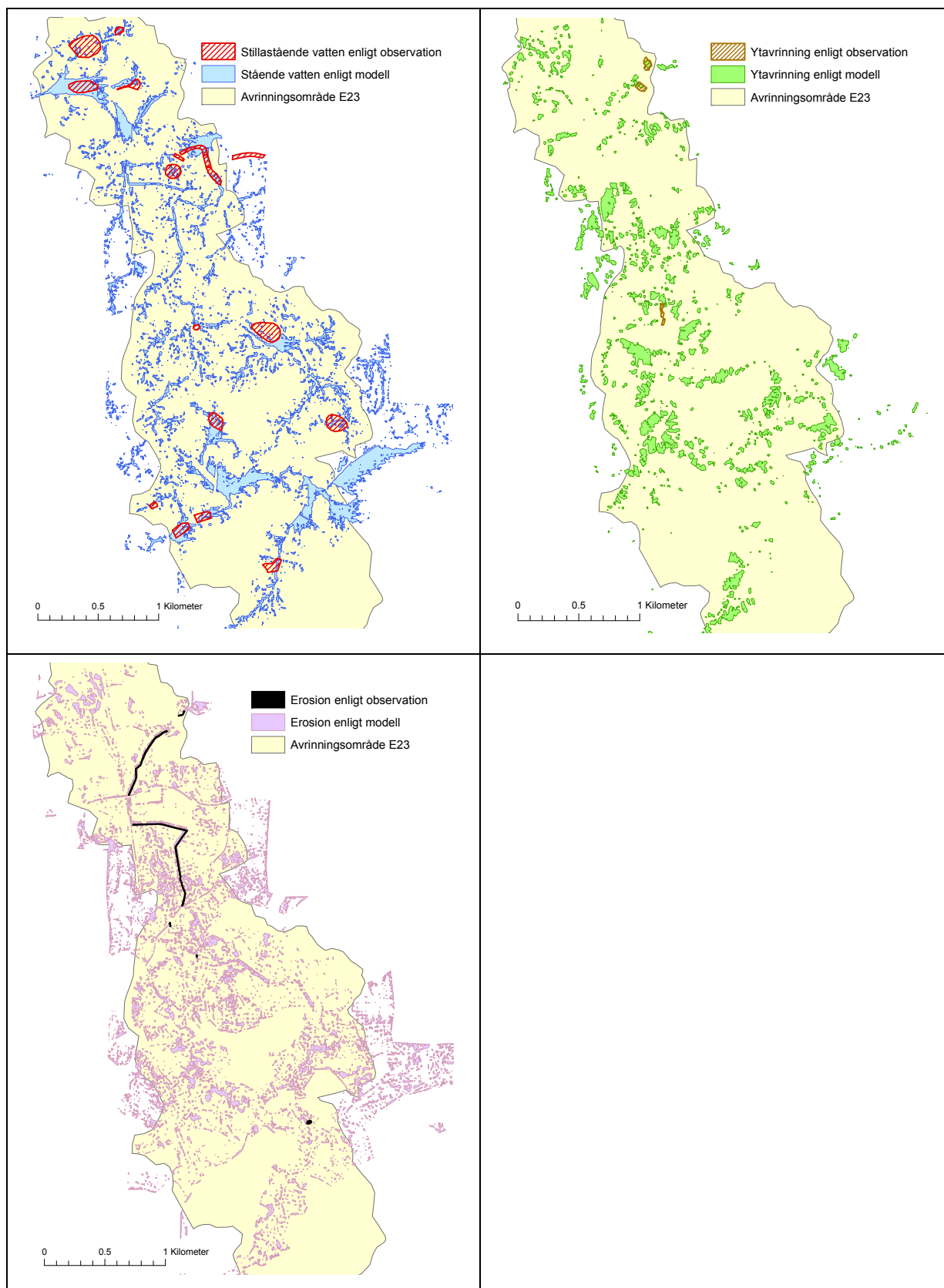
- Kalkfilterdike mot löst P*  
Inblandning av kalk i återfyllnadsmaterialet kan göras i samband med dräneringsöversyn. Kalkfilterdiket ger en bättre infiltration vilket därmed minskar eventuell ytavrinning. Skulle kunna anläggas i erosionspartier i bäckens närhet och kring ytavrinningsbrunnar samt vid hästhage som har ytavrinning mot bäck.
- Kalkfilterkassett i brunn*  
Eventuellt i små väl-dränerade system.
- Större rastfällor till nöt/häst*  
Rastfällor bör vara större så att trampskador undviks. Fällorna bör dessutom ha ett skyddsavstånd till bäck.

### ***I vattendrag***

- Betesdjur avstängslade från dike*  
Betesdjur förekommer inte i vattendraget men hästar finns i dess direkta närhet.
- Avslantning av dikeskanter*  
Delar av vattendraget där branta eroderade slänter förekommer bör släntas av så att lutningen blir mindre och att grässvål därmed kan etableras.
- Tvästegsdiken (översvämningsdiken)*  
Skulle kunna genomföras men åtgärden bör begränsas till inte alltför djupa delar av vattendraget för att minska kostnader för att flytta schaktmassor.
- Träddridåer längs vattendraget*  
Kan vara aktuellt längs vattendragets södersida.
- Fosfordamm, liten sedimentationsdamm*  
Tveksam åtgärd i området. Befintlig damm rensas flera gånger per år.
- Erosionsskydd i bäckvinklar*  
Det finns bäckvinklar i vattendraget som är eroderade vilka bör åtgärdas. Som erosionsskydd i slänterna kan grövre stenkross användas.
- Kulvertering och dräneringsystem*  
Ytterligare kulvertering är inte aktuell men däremot översyn av dräneringsystem.
- Våtmarker och större översvämningsområden*  
Har inte bedömts som aktuellt i området eftersom lämpliga platser saknas.

### **Pilotområde E23 - förslag på fortsatta mätningar och undersökningar**

- Kontinuerlig registrering av turbiditet och nitratkväve med sensor för att få information om hur vattenkvaliteten varierar inom ett dygn och underlätta trendberäkningar. För att bestämma transporterade mängder är däremot samlingsproven som omfattar 2 veckor nödvändiga.
- Jämför markstruktur (infiltration och aggregatstabilitet) och vattenkvalitet i avrinnande vatten från fält som är strukturkalkade med fält som inte kalkats.
- Färre synoptiska provpunkter, spara provpunkter som avvattnar delavrinningsområden, inte enskilda fält. Möjligen tätare provtagning i ett fåtal punkter och konduktivitet i punkt 55.
- Undersökning av ytavrinning i området (förekomst, flöden och kemisk sammansättning).



**Figur 6.**  
 Riskområden för stillastående vatten, ytavrinning och erosion enligt observationer och enligt högupplöst terrängmodell i pilotområde E23

## Pilotområde U8 – risker för fosforförluster

### *I odling och växtföljder*

- *Plöjning nära dikeskant*  
Sedan 2010 är det skydds-zoner med 20 m bredd längs med i stort sett hela vattendraget. Däremot inte kring ytvattenbrunnar.
- *Sen höstplöjning*  
Plöjningsfri odling har dominerat under senare år. Däremot plöjdes i stort sett all åkermark hösten 2011 för att undvika markpackning eftersom markfuktigheten var hög. Regelbundet återkommande plöjning kan vara en positiv åtgärd för att bryta spricksystem i ett odlingssystem där plöjningsfri odling tillämpas. Vid plöjningsfri odling behöver man vara uppmärksam på om löst fosfor ansamlas i ytskiktet.
- *Höga fosforgivor*  
Fosfor tillförs främst som stallgödsel och årsgivorna är som mest ca 35 kg/ha. Stallgödsel tillförs även på ett skifte där fosfortalet i marken är högt.
- *Stallgödsling sen höst*  
Stallgödsling sker endast på våren.
- *Växtföljder*  
Ensidig växtföljd med mestadels spannmål. Skulle vara önskvärt med grödor som förbättrar markstruktur och bördighet.

### *I fältens egenskaper*

- *Höga fosfortal*  
Måttliga fosfortal förutom på åkermark nära djurstallar och i ett centralt område med gyttejlera.
- *Markpackning*  
Endast fläckvis och kortvariga symptom med stående vatten på fält. Ett tidigare igensatt dräneringssystem har åtgärdats.
- *Stående vatten på fältet*  
Förekommer främst vid tjälad mark. Sällan som följd av igensatt dränering eller dålig genomsläpplighet i marken. I det centrala området med gyttejlera var det tidigare stående vatten men dräneringen har åtgärdats. Om det är blött en längre tid uppstår reducerande förhållanden, järnet reduceras och fosfat löses ut.
- *Ytavrinning*  
Området är till största delen mycket flackt men ytavrinning vid hög nederbörd kan förekomma i nordost där åkermarken sluttar svagt från skogen ner mot vattendraget. Backdiken längs skogkanterna tar sannolikt det mesta av vattnet från skogen. Ytavrinning förekommer även vid snösmältning eller vid regn på tjälad mark.
- *Erosion*  
Eftersom den fosfor som finns i vattenproverna till största delen utgörs av partikulärt fosfor bör erosion vara den största källan till fosforförluster. Här är det viktigt att identifiera vilken form av erosion som har störst betydelse (den på markytan, i markprofilen eller i vattendraget). I synoptiska provpunkter med liten andel åker i uppströms delavrinningsområden är fosforhalten i samma storlek som de i nedströms områden med större andel åkermark. Däremot har den synoptiska provpunkten med enbart skog en låg fosforhalt. Det indikerar att

markförhållanden nära vattendraget har större betydelse för vattenkvaliteten än det samlade markläckaget i ett helt delavrinningsområde.

### ***I vattendrag***

- ***Dämning***  
Det förekommer inte dämning i vattendraget.
- ***Erosion i bäckslänter***  
Det förekommer erosion i bäckslänter, speciellt i kanter som är branta. Där är det små möjligheter för en skyddande grässvål att etableras. Vid den senaste, nyligen genomförda dikesrensningen, grävdes det från ena sidan som då fick en lämplig lutning och där det har etablerats gräs. Däremot blev motstående sida väl brant i vissa sträckor.
- ***Erosion i bäckfåra***  
Bör vara ett måttligt problem, kan ha varit större innan dikesrensningen för några år sedan.
- ***Betesdjur i bäckravin***  
Betesdjur i bäckravin förekommer inte men med ökande antal hästar i området bör man vara observant så att inte rastfällor placeras på olämpliga platser.
- ***Dikesrensning***  
Bortgrävning av skyddande grässvål ger en erosionskänslig yta som kan vara svår att få täckt med gräs igen, speciellt om kanterna är branta. I en kortare sträcka av diket där slänterna är mycket branta kan en rensning av slänterna vara direkt olämplig av flera skäl: kostnaderna av släntning skulle bli stora och med enbart rensning i den branta slänten skulle det ta lång tid för ett skyddande växttäckte att etableras igen. Där skulle enbart bottenrensning vara mer skonsamt.

## **Pilotområde U8 – förslag på åtgärder mot fosforförluster**

### ***I odling och växtföljder***

- ***Skyddszoner och vegetationsfilter***  
Anpassade skyddszoner som exempelvis runt ytvattenbrunnar. Anläggning av skyddszon på återstående sträcka längs vattendrag (ca 200m).
- ***Stallgödsling på våren***  
All stallgödsling sker redan på våren.
- ***Gödsling enligt markkarta***  
Ett fåtal skiften med höga P-AL värden bör inte stallgödas.
- ***Växtföljder och mellangröda***  
Växtföljder bör om möjlighet justeras med syftet att bibehålla en god markstruktur. I växtföljden bör oljevaxter ingå liksom åkerböner.

## ***På fälten***

- Reducerad jordbearbetning***  
Plöjningsfri odling med ett bearbetningsdjup på 12-18 cm tillämpas i området förutom då marken är för blöt.
- Direktsådd***  
Åtgärden är mest aktuell på åkermark med stor lutning och det är inte aktuellt i detta område. Däremot kan det finnas andra skäl för direktsådd än att minska fosforförlusterna.
- Plöjning tvärs fältets lutning***  
Kan vara aktuellt på fälten längs med skogen och det tillämpas antagligen redan där eftersom fälten mestadels är långsträckta längs med vattendraget.
- Avluckring***  
Marken har sannolikt en bra struktur i hela profilen eftersom genomsläppligheten är god.
- Strukturkalkning***  
Åtgärden är redan genomförd på större delen av åkermarken.
- Underhåll av dräneringssystem***  
Dräneringssystemen underhålls och är i god funktion.
- Kalkfilterdike mot löst P***  
Inblandning av kalk i återfyllnadsmaterialet kan göras i samband med dräneringsöversyn men hållbarheten i tid är osäker. Kalkfilterdiket ger en bättre infiltration vilket därmed minskar eventuell yterosion. Skulle även kunna anläggas där det förekommer erosionsfårar ned mot vattendrag.
- Kalkfilterkassett i brunn***  
Eventuellt i små väl-dränerade system.
- Större rastfällor till nöt/häst***  
Kan vara en åtgärd som behöver beaktas på sikt med ökande antal hästar i området.

## ***I vattendrag***

- Betesdjur avstängslade från dike***  
Ej aktuellt.
- Avslantning av dikeskanter***  
Delar av vattendraget där branta eroderade slänter förekommer bör släntas av så att lutningen blir mindre och att grässvål därmed kan etableras.
- Tvästegsdiken (översvämningsdiken)***  
Delar av diket har redan karaktär av tvästegsdike, d.v.s. en smal mittfåra för låga flöden med ett bevuxet plan på båda sidor om ca 50 cm och sedan sluttande kanter upp mot fältet. Denna karaktär skulle kunna omfatta fler delar av diket vid kommande rensningsarbeten. Åtgärden bör begränsas till inte alltför djupa delar av vattendraget för att minska kostnader för att flytta schaktmassor.
- Slamficka i dike, liten sedimentationsdamm***  
Ej aktuellt för närvarande i huvudfåra p.g.a. risker med markavvattning, låg ersättning för anläggning samt bortfall av högklassig åkermark. Möjligen ett alternativ i sidodiken.

*Trädridåer längs vattendraget*  
Ej aktuellt.

*Erosionsskydd i bäckvinklar*

Det finns ett flertal bäckvinklar som kan vara aktuella. De bör vara ordentligt avsläntade och gärna försedda med tvåstegsdike.

*Kulvertering och dräneringssystem*

I nedre delen av området löper vattendraget i en mycket djup fåra. Slänterna är bevuxna idag men en rensning av de dikeskanterna skulle medföra risk för erosion och att ras uppstår. Att minska lutningen på slänterna är inte realistiskt eftersom det skulle innebära att stora mängder schaktmassor behöver bortföras. Ett alternativ för denna sträcka (ca 100 m) kan vara en kulvert.

*Våtmarker och större översvämningsområden*

Det finns redan en våtmark som är anlagd efter utloppspunkten. Inne i området är det inte aktuellt eftersom de mest lämpliga lägena ut reningssynpunkt också är där som åkermarken är som mest värdefull.

## **Pilotområde U8 - förslag på fortsatta mätningar och undersökningar**

- Kontinuerlig registrering av turbiditet och nitratkväve med sensor för att få information om hur vattenkvaliteten varierar inom ett dygn och för att underlätta trendberäkningar. För att bestämma transporterade mängder är däremot samlingsproven som omfattar 2 veckor nödvändiga.
- Spårämnesförsök med Beryllium för att undersöka hur fosfor rör sig inom området.
- Utredning om varför halterna av fosfor är lägre i biflödet jämfört med samtliga provpunkter i hela huvudfåran.
- Synoptiska prover: Minska antalet provpunkter längs med huvudfåran eftersom flertalet visar lika nivåer i fosforhalter vid samma tidpunkt.
- Fältobservation vid vårflod för att lokalisera den mark som har begränsad infiltration.
- Analys av växtnäringsinnehåll i den stallgödsel som produceras inom området. Hur förhåller sig innehållet i förhållande till standardvärden som används för att beräkna fosforgödslingen inom pilotprojektet.
- Bestämning av textur på befintliga jordprover som tagits i området.
- Sammanställ och digitalisera äldre markkarteringskartor.
- Markkartera hela området.
- Aggregatstabilitet 2 år efter kalkning – jämför med åkermark där det inte kalkades (nollruta).
- Markpackningsmätning inklusive penetration i ytterligare en provpunkt utöver den som redan undersöks inom markpackningsprogrammet.
- NIR-mätningar etc. – kan testas för att bestämma lerhalt, vattenhalt mm.
- SGU:s gammamätningar kan användas för att skatta lerhalt.

## Diskussion

Projektets upplägg med expertbedömning i grupp var ett tidseffektivt sätt att ringa in riskfaktorer och ta fram förslag på åtgärder i pilotområdena. Informationen om områdena i tabeller och kartor, de höjdbaserade modelleringarna och gruppens egna erfarenheter utgjorde här ett bra underlag, och med matriserna över riskfaktorer och åtgärder kunde vi på ett enkelt sätt genomföra bedömningen och också dokumentera den. Detta arbetssätt bör också lantbrukaren själv kunna använda för att bedöma risker och möjligheter till åtgärder på den egna gårdens mark. Lantbrukaren har ofta en markkarta med P-AL, pH och jordart och det är en bra grund även om tillgången på annan bakgrundsinformation ofta är begränsad. Även ett antal synoptiska vattenprover kan vara värdefulla för att hitta delområden eller fält med högre fosforhalter i avrinnande vatten.

De modellerade kartorna med ytavrinning, stående vatten och erosion som togs fram utifrån högupplösta data om topografin skulle också kunna tas fram för all åkermark i Sverige. Att identifiera hydrologiskt aktiva delar i ett avrinningsområde är en viktig del i åtgärdsarbetet. Kartorna kan fungera som ett diskussionsunderlag för att ytterligare lära känna sin mark, styrka och/eller bekräfta lantbrukarnas egna observationer och till och med uppmärksamma lantbrukaren på att vissa fält kan löpa högre risk. Dessutom kan sådana kartor kombineras med markkarteringsresultat för att göra ännu bättre bedömning av gödslingsbehov och risker kopplade till det. De ska däremot inte ses som ett färdigt underlag för att placera åtgärder då faktorer som dräneringens verkliga funktion inte framgår samtidigt som modellernas kapacitet att verkligen prediktera högriskområden måste verifieras genom forsknings- och miljöövervakningsinsatser.

Om lantbrukaren tillsammans med en rådgivare kan göra en självvärdering av riskerna för fosforförluster på den egna gården och också själv bedöma vilka åtgärder som kan vara tänkbara kan vi komma långt i att identifiera var åtgärder ska sättas in i jordbrukslandskapet. Stöd för åtgärder kan därmed riktas dit problemen upplevs som störst. Självvärderingen inklusive markering av fältobservationer på karta skulle kunna göras i ett webbaserat system där klassningen i ett självvärderingsverktyg kan sparas för regionala och nationella sammanställningar.

I projektet har inte ingått att kvantifiera betydelsen av olika riskfaktorer och inte heller att föreslå de mest kostnadseffektiva åtgärderna. För en del faktorer är det möjligt att i viss mån bedöma risken för merutlakning såsom sen höstplöjning, stallgödsling på hösten och kanske också graden av markpackning och fungerande dräneringssystem. För andra faktorer som erosion av bäckslänter och yterosion, närhet till vattendrag etc. är det betydligt svårare att bestämma påverkan på recipienten. Om man däremot ser lantbrukarens självvärdering som ett sätt att också fånga in de risker som är enkla att åtgärda skulle det kunna ge en stor miljönytta eftersom åtgärdsarbetet snabbt kan komma igång. Att många små hål tätas kan ha minst lika stor betydelse som att de största källorna åtgärdas. Samtidigt är lantbrukaren i högsta grad delaktig genom att själv ha gjort bedömningen.

## Slutsatser

### *Riskfaktorer och motåtgärder i pilotområdena*

I pilotområde U8 i Västmanland var ett flertal av riskfaktorerna åtgärdade medan det återstår en del arbete i de två andra områdena. Riskfaktorer i pilotområde N33 (Halland) och i pilotområde E23 (Östergötland) är fält med begränsad genomsläpplighet i marken och dräneringssystem med nedsatt funktion. Här föreslås åtgärder för att förbättra markens struktur som justering i jordbearbetningsstrategin, alvluckring, ändrade växtföljder, strukturkalkning men också underhåll av dräneringssystem. I samtliga pilotområden bör stallgödsling av fält med höga fosfortal i marken undvikas. Något som också uppmärksammades var förekomsten av branta bäckkanter som lätt kan eroderas. I samband med dikesrensning bör bäckkanterna släntas av så att lutningen minskar och en skyddande grässvål kan etableras. En skyddszon bör också anläggas så att plöjning nära bäckkanten förhindras, vilket skulle minska risken för ras vid ytavrinning. Vegetationsfilter bör även anläggas kring ytvattenbrunnar och på åkermark där det ofta är stående vatten.



### *Arbetsätt för att identifiera riskfaktorer och motåtgärder*

Vi ser att arbetssättet med matriser skulle kunna användas generellt av lantbrukare i landet för att göra en självvärdering av riskfaktorer och tänkbara åtgärder på den egna gårdens mark. Lantbrukarens markkartor och en landstäckande riskmodellering baserad på höjddata skulle här vara värdefulla underlag. Detta skulle vara ett effektivt sätt att lokalisera riskområden och möjliga åtgärder i landskapet. Om dessutom många av de mer enkla åtgärderna genomförs kan det ha stor betydelse även om effekten av varje enskild åtgärd inte är helt känd. Att lantbrukaren själv har gjort bedömningen av sin mark är av största vikt i ett effektivt åtgärdsarbete.

## Referenser

- Arvidsson, J. (red.) 2011. Rapporter från jordbearbetningen 2010. SLU, Institutionen för mark och miljö. Nr 120.
- Djordjic, F. 2012. Identifiering av riskområden för fosforförluster i ett jordbruksdominerat avrinningsområde – utvärdering av högupplösta terrängmodeller. Utkast till rapport.
- Kyllmar, K., Andersson, S., Aurell, A., Djodjic, F., Stjernman Forsberg, L., Gustafsson, J., Heeb, A., & Ulén, B. 2012. Identifiering av riskfaktorer för fosforförluster inom tre pilotområden samt förslag på motåtgärder. Intern underlagsrapport för pilotprojektet Greppa Fosfor. SLU, Institutionen för mark och miljö. Teknisk rapport 153.
- Mitasova, H., Mitas, L., & Brown, W.M. 2001. Multiscale Simulation of Land Use Impact on Soil Erosion and Deposition Patterns. Sustaining the Global Farm. Selected papers from the 10th international Soil Conservation Meeting. Purdue University.
- Naturvårdsverket. 2008. Undersökningstyp. Ytvattenkemi, typområden. Version 1:2 2008-12-01.
- Stjernman Forsberg, L. & Kyllmar, K. 2011. Pilotprojektet Greppa Fosfor. Årsredovisning för det agrohydrologiska året 2010/2011. SLU, Institutionen för mark och miljö. Teknisk rapport 148.
- Ulén B., Djodjic F., Etana A., Johansson G., Lindström J. 2011a. The need for an improved risk index for phosphorus losses to waters from tile-drained arable land. *Journal of Hydrology* 400, 234-243.
- Ulén, B., Etana E., Lindström J. 2011b. Åtgärder för att minska fosforläckage från marin dränerad lerjord. Meddelande no 64 från södra jordbruksdistriktet, SLU. Red D Servin 26:1-3. ISSN 0282-180X ISRN SLU-SJFD-M-64-SE
- Ulén, B., von Brömssen, C., Kyllmar, K., Djodjic, F., Stjernman Forsberg, L., & Andersson, S. 2012a. Long-term temporal dynamics and trends of particle-bound phosphorus and nitrate in agricultural stream waters. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science* 62, 1-12.
- Ulén, B., Alex G., Kreuger J., Svanbäck A., Etana A. 2012b. Particle-facilitated leaching of glyphosate and phosphorus from a marine clay soil via tile drains. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil and Plant Science* 62 Suppl. 2, 241-51.



# Appendix

## Self-evaluation of P loss risks on the farm and identification of appropriate mitigation measures

Matrices that were used in the sub-project for self-evaluation of P loss risks on the farm and identification of appropriate mitigation measures are here presented. The questionnaire matrices cover recent knowledge on (1) risk sources of phosphorus losses to waters and (2) corresponding possible mitigation measures.

Questions are divided into three categories:

1. Cropping systems including soil tillage and fertilisation.
2. In-field characteristics including soil properties and function of drainage systems.
3. Character of open ditches and water courses.

## Risk sources for phosphorus (P) losses to waters

### *In cropping systems*

- Ploughing close to ditches increases the risk of erosion of stream banks.
- Late autumn ploughing, leaving the soil surface without a protective plant cover, increases the risk of soil surface erosion during winter. However, when a system with reduced soil cultivation is used, occasional ploughing can be a positive measure for interrupting soil cracks. During years with high soil moisture content (but not too wet), autumn ploughing may be necessary in order to reduce the risk of soil compaction.
- High application rate of P, aiming to store P in the soil, involves a greater risk of P losses than if the rate is adapted to crop requirements. High doses mainly occur when manure or sewage treatment sludge is used. Another risk is when manure is repeatedly spread on just a few fields instead of being spread evenly over the farm area over several years.
- Application of manure in late autumn increases the risk of P being washed out into the stream during high water discharge events.
- Crop rotations mainly constituted by cereals may be negative for soil structure and soil fertility compared with rotations with e.g. more leys.

### *In-field conditions*

- High values of plant-available P in the soil may be a risk on fields with a low clay content.
- Soil compaction results in reduced fertility and a risk of channelised flows through soil cracks. There is also a risk of phosphate being dissolved from the soil during periods of ponding water and thus anoxic conditions.
- Ponding water on the field may have several causes. The soil permeability may be impaired as a consequence of soil compaction. If the field is drained, the drainage systems may have reduced function and capacity. Water from undrained areas located higher in the landscape may reach the field at field edges. Since soil compaction often occurs close to field edges, the absence of ditches here may be a major risk factor. When the soil is wet reducing conditions occur, which enhances the release of phosphorus to soil water. Ponding water may also be seen when the soil is frozen.
- Surface runoff occurs as a result of impaired permeability in the soil or by groundwater reaching the soil surface. It may also be a result of rain or snowmelt on frozen soil, or of

heavy rainfall during short time, such as during summer thunderstorms. Surface water is not always visible, since more or less lateral flow can occur, e.g. on top of a thick plough sole.




- Erosion can take place both on soil surface and in the soil. Soils with a high clay content are most sensitive to erosion, as erosion can occur both on the surface and in the macropores. Silt soils are also sensitive to erosion, but mainly on the soil surface and at stream edges. Other risk factors are soils with weak aggregate stability and fields with a large gradient in slope.

#### *In open ditches and in water courses*

- Flooding in streams and culverts may result in reduced drainage of the fields situated in upstream areas. In open water courses, the banks may become eroded.
- Erosion of the stream edges is a risk when the slope is steep and without a protective grass cover. Sharp bends in streams are extra sensitive to erosion.
- Erosion of the stream bed may be a risk in newly cleared ditches.
- Grazing animals around streams result in destroyed surface cover that is vulnerable to erosion. In addition, the water quality can be degraded directly by manure from the grazing animals.
- Removal of vegetation and sediments in streams is often used as a restoration measure, but may result in less area with protective vegetation or stabilisation material (e.g. crushed stone) and thus greater vulnerability to erosion.

The risk sources for each specific area are evaluated according to four criteria: (1) relevant; (2) areal coverage; (3) whether the measure has already been used; and (4) the extent of existing measures. The risk is then classified into three levels, see below.

#### *Classification of risk sources for P losses*

-  Minor risk and/or measures already implemented
-  Medium risk and/or some measures remaining
-  High risk and/or measures still to be introduced

## **Mitigation measures against P losses**

#### *In cropping systems*

- Buffer strips and vegetation filters. Beside locating these close to streams, they should be established by surface water intakes in the fields and on areas where ponding of water occurs. The buffer strip prevents surface erosion and strengthens the soil structure.
- Application of manure in spring instead of in autumn.
- Fertilisation according to content of plant-available P in the soil.
- Crop rotations and subsequent crop in the same year. The crops chosen have effects on soil structure and consequently soil fertility. Oilseeds are an example of a crop that can improve soil structure.

#### *In-field conditions*

- Reduced soil tillage decreases the risk of surface erosion, but for preventing establishment of permanent cracks in clay soils, ploughing should be carried out in occasional years.
- Sowing without soil tillage is mainly an alternative on fields with steep slopes.
- Contour ploughing should be practised generally where a risk for surface erosion occurs, especially close to streams and forest edges.




- Ploughing of subsoil should be appropriate on fields damaged by soil compaction, especially if the field has a slope. As a result, the water will be more easily transported into the soil instead of along the surface.
- Structure liming increases the permeability of the soil and thus fertility. The risk of establishment of permanent cracks through which water can quickly reach the drainage system decreases.
- Restoration of drainage systems in order to secure sufficient drainage of the fields. In some areas the construction of new drainage systems may be a necessary measure.
- Backfilling with lime above drainage pipes increases infiltration into the soil. As a limited measure, lime can be placed where erosion rills occur.
- Liming in connection pipes can be an alternative on small, well-drained areas. Regular maintenance and changes of filter material should be accounted for in cost-effectiveness calculations.
- Larger paddocks for horses and cattle if the ground is destroyed by trampling, especially close to streams and surface water intakes on the fields.

### *In open ditches and in water courses*

- Grazing animals should be fenced off from stream banks to avoid grazing.
- Reduction of steep slopes in stream banks so that a protective vegetation cover can be established.
- Conversion into two-stage ditch drainage (flooding ditch) by re-construction of the stream cross-section area. A small deeper part is left for base flow and on each side wider flat planes with vegetation are established where water can spread out during medium and high flow events. The measure should be restricted to more flat areas where less volume of soil has to be removed. In general, the character of a flooding ditch can be aimed for in ordinary ditch clearing.
- Trees and bushes close to the stream can stabilise the stream bank and increase biological activity, but restrict the possibility of clearing the stream. This measure is most suitable in sections with more fall and consequently less sedimentation.
- A sedimentation pond or sedimentation trap in the ditch can catch particulate P. Choice of design is essential for good function. Regular maintenance should also be accounted for.
- Protection from erosion at stream angles, especially if the clay content in the stream bank is high. The banks can be stabilised using 45-500 mm crushed stone and by grading the slope so that vegetation can be established.
- Conversion of open ditches into culverts can be an alternative if the ditch is deep and has steep slopes. The need to move large volumes of soil when decreasing the gradient of the edges then disappears. Attention should be given to possible conflicts with habitat protection.
- Wetland and flooding areas decrease the physical impact on the stream of high flow events, as well as enhancing sedimentation of clay particles. There are several obstacles to establishing wetlands and flooding areas, however. Often the most appropriate location is where the most fertile soils are situated. There may also be legal, economic and technical limitations.

The possibilities and needs for implementation of each measure were classified according to a three-level scale, see below.

### *Classification of mitigation measures against P losses*

-  The measure is not needed and/or already implemented
-  The measure is possible and/or partially implemented
-  The measure is urgent and not implemented