

Läckage av fosfor och kväve från mark som tagits ur produktion

Barbro Ulén, Mark och Miljö, SLU

SAMMANFATTNING

Studier från två försöksplaster under tre år visar att fosforkoncentrationerna har varit nästan lika höga då marken varit bevuxen med ogödslad vall som när den brukats konventionellt genom att gödslas och plöjas. En skillnad på 20 % har indikerats vid Wiad, Södertörn. Från Lanna i Västergötland har skillnaden varit ännu mindre. Endast i samband med snösmältning ett år har växttäckets verkat haft en filtrerande effekt på den partikelbundna fosfor vid Wiad. Växttäckets har inte heller påverkat den lösta fosfor i någon tydlig riktning. För kväveläckaget har däremot skillnaderna samtidigt varit stora, med omkring 70% mindre läckage från den ogödslade vallen. Detta har medfört att vattnet, då man ställt marken ur produktion, fått en låg kväve/fosforkvot (omkring 6:1), något som inte är gynnsamt ur eutrofieringssynpunkt.

BAKGRUND

Vid beräkningar av belastningen och källfördelningen av fosfor från diffusa utsläpp till sjöar och havsbassänger vill man relatera förlusterna till någon form av ursprungsbelastning för att beräkna hur mycket av förlusterna som beror på de mänskliga aktiviteterna; det antropogena bidraget. För jordbruksmarken är det önskvärt att skilja på att man dels har en förhöjning av förlusten till en viss nivå i och med att man använder marken till livsmedelsproduktion (odlingsbakgrunden) och att man därtill får en ytterligare förhöjning om man använder olämpliga metoder vid brukningen. Den senare förhöjningen kan man dock inte beräkna med dagens kunskap. Den kan t ex bero på att man packat jorden, utarmat den på organiska ämnen som skulle kunna ha kittat ihop markpartiklarna eller att man slitit sönder jordaggregaten vid bearbetning.

Det nationella miljömålet innebär att belastningen till vattnen ska minska med 20 % för fosfor (30% för kvävet) fram till år 2010 jämfört med 1995 års nivå. EU:s Vattendirektiv kommer också att innebära att kunskap om bakgrundsvärden av läckage från icke-odlad mark är oerhört viktig, men sådana data är mycket få och osäkra (Ulén & Kalisky, 2005). I Sverige finns inga mätningar av läckage från mark med samma bördighet och vittring som odlad jord men som inte brukas. Vittring är också mycket svår att uppskatta (Ulén & Snäll, 1998, Ulén, 2003). I samband med beräkningar av läckagekoefficienter (Johnsson m fl., 2008) har koncentrationer för bakgrund beräknats teoretiskt för jordbrukets olika produktionsområden. I området Mälaren/Hjälmaren har den, för den aktuella jorden, beräknats vara 0,040 mg/l för löst reaktiv fosfor (DRP) och 0,114 mg/l för totalfosfor (TotP). Detta skulle motsvara en bakgrundkoncentration på 42 resp. 34% relativt öppen odling av vårkorn. Andelen DRP relativt totalfosfor i detta produktionsområde har i samma beräkningssammanställning uppskattats utgöra mellan 29 och 38% av TotP, beroende på vilken gröda som odlas.

Tabell 1. Växtföljder vid Lanna och Wiad

År/ Rutor	Lanna 7	Lanna 1-5	Wiad 1-4	Wiad 4 rutor
2002	Omställning	Spannmål	Spannmål	Spannmål
2003	Omställning	Spannmål	Spannmål	Spannmål
2004	Omställning	Spannmål	Spannmål	Spannmål
2005	Omställning	Spannmål	Ogödslad vall	Ogödslad vall
2006	Omställning	Spannmål	Ogödslad vall	Korn
2007	EU träda	Spannmål	Ogödslad vall	Havre
2008	EU träda	Spannmål	Ogödslad vall	Korn

Ur vattenmiljösynpunkt, likaväl som ur produktionssynpunkt är det viktigt att utvärdera både kväve och fosfor samtidigt. Fosfor och kväve reglerar tillsammans produktionen av ”algblooming” i sjöar och hav. Dräneringsvatten från en mark som tagits ur jordbruksproduktion kan få en låg kvot N/P (Ulén et al., 2005), vilket motsvarar en sämre vattenkvalité ur miljösynpunkt eftersom algbloomingen gynnas då.

Målet med detta projekt var att få en bättre grund för att beräkna bakgrundsläckaget genom att studera en mark som tagits ur produktion (inte gödglas eller plöjs) och där gräset årligen slås av och får ligga kvar på samma sätt som en EU-träda.

MATERIAL OCH METODER

Försöken utfördes under treårsperioden 2006/2009. Försöksplatserna är två sedan 70-talet etablerade rutförsök vid Lanna (Västergötland) resp. vid Wiad egendom strax söder om Stockholm 1,0 km sydväst om Södertälje. Försöken består av 6 resp. 8 dränerade rutor om 0,40 resp. 0,33 ha från vilket yt- och dräneringsvatten samlas upp i en mätstation och där registrering sker med hjälp av datalogger resp. vippkärl.

Jorden är i båda fallen en lera. Lanna är markkemiskt representativ för Varaslätten. Vid Wiad är jorden en mellanlera (”clay loam”) representativ för Mälardalen och Svealands kust. Markhydrologin vid Wiad är annorlunda än vid Lanna och jorden dränerar med mindre vattenflöden vid den förstnämnda platsen.

Tabell 2. Fosforkoncentration (P-AL tal) i matjord och allra översta alven (0-30 cm), försöket vid Wiad (mg/100 g jord)

Tid / Ruta nr	1	2	3	4	5	6	7	8
nov 1999	16,6	12,0	16,2	12,4	14,5	11,5	15,5	15,4
april 2003	16,2	13,3	16,5	16,4	14,2	11,8	14,6	14,6
aug 2003	18,1	14,2	19,4	17,3	15,9	12,8	17,3	18,5
april 2004	17,8	14,3	16,7	15,2	15,5	12,6	16,0	17,3

Tabell 3. Avrunnen och transporterad mängd närsalter och suspenderat material (SS) från dränerade försöksrutor vid Lanna och Wiad med ogödslad flerårig gräsmark (EU-träda) och konventionellt gödslad resp. plöjd mark som medelvärde per år under perioden 2006/2009

	Lanna		Wiad		Medelvärde	
	Vall	Plöjd	Vall	Plöjd	Vall	Plöjd
Antal rutor	1	5	4	4	5	9
AVR (mm)	323	309	128	166	226	237
TotP (kg/ha* år)	0,310	0,306	0,210	0,346	0,260	0,326
DRP (kg/ha* år)	0,076	0,088	0,033	0,037	0,053	0,063
PartP (kg/ha* år)	-	-	0,093	0,224	-	-
Övr P (kg/ha* år)	-	-	0,084	0,085	-	-
TotN (kg/ha* år)	1,44	5,11	1,69	6,41	1,56	5,76
NO ₃ N (kg/ha* år)	0,52	4,39	1,19	4,81	0,86	4,60
NH ₄ N (kg/ha* år)	-	-	0,005	0,003	-	-
SS (kg/ha* år)			65	102	-	-

Vid Lanna är matjordens fosfortal låga (4-5) men högre i alven - omkring 13 i övre alven och 20 i nedre alven. Vid Wiad har fosfortalet i jorden tidigare år legat relativt jämnt mellan rutorna (Tabell 2). En viss ökning har skett under perioden 1998-2003 då marken fick fast stallgödsel av nöt. I medeltal är koncentrationen nu omkring 15 mg/100 g jord. I alven ligger P-AL-talet på omkring 10.

Växtligheten på ruta 7 vid Lanna består av en gammal omställningsmark som fram till år 2006 har slagits av tre gånger under sommaren och fått ligga kvar på marken. Växttäcknet har övergått från att mestadels (upp till 60 %) bestå av vitklöver till att under senare år domineras av gräs eller ogräs. F o m 2007 har putsningen endast skett en gång i mitten av sommaren. Då har växtmaterialet fått legat kvar på marken och skötseln har därför liknat en EU-träda. Gräset på rot är alltså gammalt och under hösten har växtmaterialet haft god tid på sig att vintra in inför vintern. Under 2005-2008 var marktäckningen under senhösten omkring 80 %. Jämförbara rutor (1-5) har plöjts och fosforgödslats på konventionellt sätt. Försöksfältet vid Wiad har tidigare använts för att studera fosfor- och kväveläckage och växtnärsutnyttjande efter olika nedbrukningstidpunkter av stallgödsel. År 2005 etablerades en ogödslad vall på platsen. Våren 2006 plöjdes fyra av rutorna i slutet av oktober 2006. Andra hälften av rutorna har behållits som en ogödslad vall (Tabell 1). Denna putsas en gång per år under juli. Den var under vintern 06/07 relativt rik på ogräs och vitklöver och fläckvis var växttäcknet gles. Våren 2007 såddes den därför in med mera gräs (rajsvingel) och täckningen har därefter varit omkring 75%.

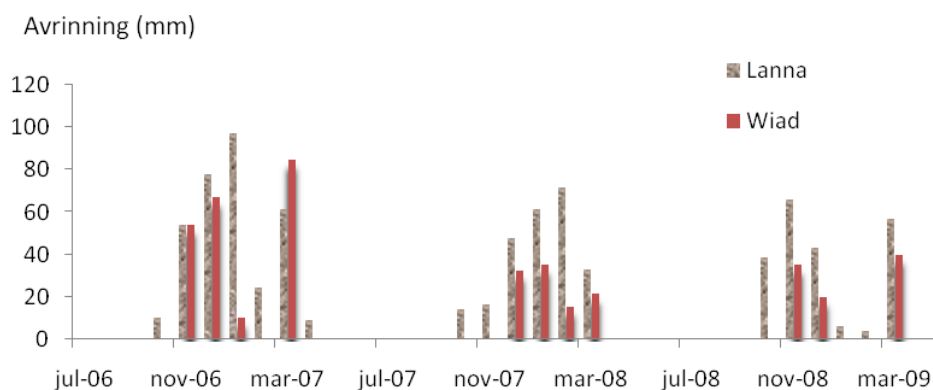
Vattenprovtagning skedde flödesstyrt var fjortonde dag vid Lanna och manuellt från vippkärl efter flöden vid Wiad. Från båda ställena har provtagningsfrekvensen i regel varit 6-10 ggr per år. Analys har gjorts av totalfosfor (TotP), löst reaktiv fosfor efter filtrering (DRP), totalkväve (TotN) och nitratkväve (NO₃N). Från Wiad analyserades också partikelbunden fosfor (PartP), ammoniumkväve (NH₄N) och suspenderat material (SS) i enlighet med EU-standarder och under överseende av SWEDAC (Swedish Board for Accreditation and Conformity Assessment).

Tabell 4. Flödesvägda medelkoncentrationer av närsalter och suspenderat material (SS) från dränerade försöksrutor vid Lanna och Wiad med ogödslad flerårig gräsmark (EU-träda) och med konventionellt gödslad och plöjd mark som medelvärde per år under perioden 2006/2009. De båda sista raderna visar andelen löst reaktiv fosfor i förhållande till totalfosfor (DRP/TotP) och kvoten totalkväve till totalfosfor (N/P)

	Lanna		Wiad		Medelvärde	
	Vall	Plöjd	Vall	Plöjd	Vall	Plöjd
TotP (mg/l)	0,096	0,099	0,164	0,208	0,115	0,137
DRP (mg/l)	0,022	0,028	0,026	0,022	0,023	0,026
PartP (mg/l)	-	-	0,073	0,134	-	-
Övr P (mg/l)	-	-	0,066	0,051	-	-
TotN (mg/l)	0,45	1,65	1,32	4,75	0,69	2,43
NO ₃ N (mg/l)	0,16	1,42	0,93	2,90	0,38	1,94
SS (mg/l)	-	-	51	62	-	-
DRP/TotP (%)	23	28	16	12	20	19
N/P kvot	5:1	1t:1	8:1	23:1	6:1	18:1

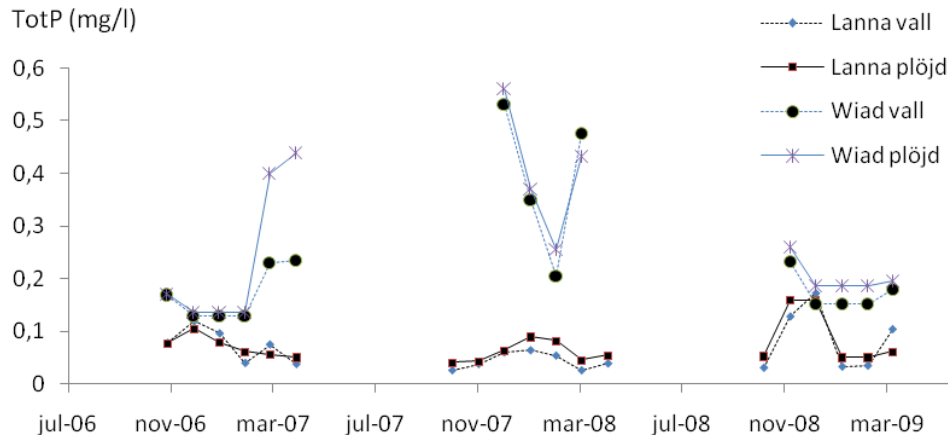
RESULTAT

2006/2007 var ett nederbördsrikt år, 2007/2008 relativt normalt, medan 2008/2009 var torrt. Generellt har avrinningen varit betydligt högre vid Lanna än vid Wiad (Tabell 3). Vinter 2009 var marken kraftigt tjälad och avrinningen upphörde helt vid Wiad (Figur 1). Avrinningen varierade ganska kraftigt mellan försöksrutorna vid Wiad där vissa rutor påverkas mera av grundvattentillskott än andra. Till följd av detta hade de plöjda rutorna i genomsnitt 30% högre avrinning än vallrutorna vid Wiad, medan de plöjda rutorna vid Lanna i genomsnitt hade 5% lägre avrinning än vallrutan.

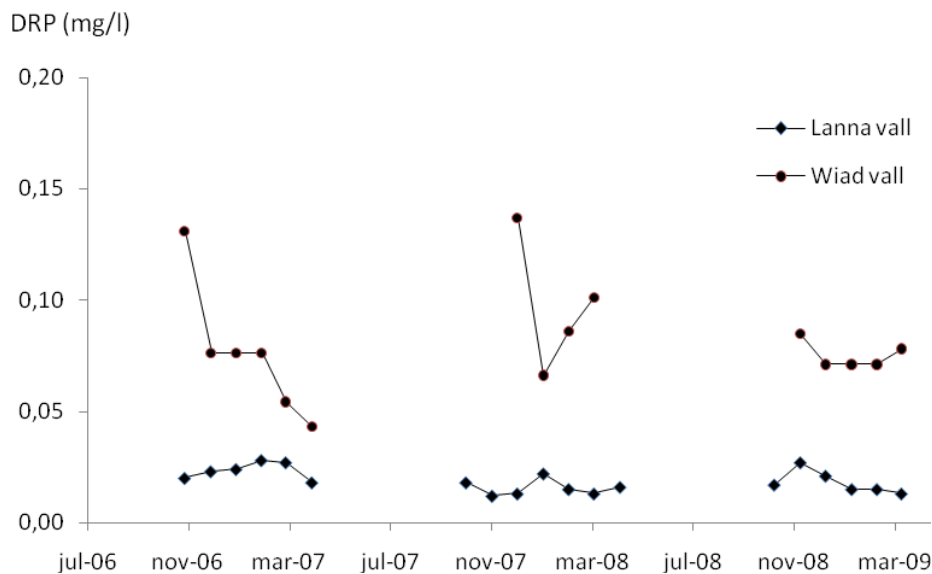


Figur 1. Månadsavrinning (mm) vid Lanna och Wiad under undersökningsperioden 2006/2009.

Generellt var det en betydande variation mellan åren (Figur 2). Från hösten 2007 har fosforhalterna varit höga i början men efter en första ”upplötningsfas” av marken i november ha halterna sjunkit relativt snabbt. Antagligen har markens porsystem svällt igen. Även den lösta fosfor har haft högsta halter under november (Figur 3). Någon kraftig utfrysning av fosfor från växtmaterialet i samband med frysning-tining under vintern har inte kunnat påvisas vid de aktuella platserna. Höga koncentrationer löst reaktiv fosfor från gräsmark kan, förutom utlakning från frysskadade celler, bero på att gräset ökat upplösningen av fosfor från marken. Tack vare ett stort rotsystem kan gräset effektivt ta upp kalcium från jorden och fosfor kan gå i lösning. Detta är speciellt viktigt vid Lanna där P-AL-talet ökar i markprofilen och det finns stora naturliga näringsreserver av fosfor.



Figur 2. Halten totalfosfor (TotP) varje månad från Lanna (lägre halter) och Wiad med ogödslad vall jämfört med plöjd och gödslad mark.



Figur 3. Halten löst reaktiv fosfor (DRP) från Lanna (lägre halter) och Wiad med ogödslad vall.

De flödesnormaliserade medelhalterna (Tabell 2) varierade mellan rutorna och de skillnader som kan beräknas mellan vallbevuxen och plöjd mark är därför inte signifikanta. Det var dock tydligt att skillnaderna var små på båda platserna. En skillnad på 20 % har indikerats. Skillnaderna tycks ha varit störst våren 2007 vid Wiad (Figur 2). Av tabell 4 framgår att det är den partikelbundna fosfor som svarat för den största skillnaden, medan lösta former av fosfor haft ungefär samma halter. Växttäckets har inte heller påverkat den lösta fosfor i någon tydlig riktning. Denna (DRP och "övrig P") har varit omkring 0,09 mg/l från båda systemen vid Wiad. Det tycks däremot som gräset har haft en filtrerande effekt i samband med snösmältningen 2007, något som dock inte upprepats efterföljande vårar. För kväveläckaget har skillnaderna mellan bruka och obrukad mark samtidigt varit stora, med omkring 70% mindre läckage från ogödslad vall (Tabell 4).

DISKUSSION

Ett försök att nå en "bakgrundshalt", genom att ha ogödslad mark med gräs som slås av, har således bara inneburit en mycket blygsam reduktion av fosforläckaget på båda platserna. Resultatet från Wiad illustrerar också hur mycket den hydrologiska situationen och samspelet med grundvattnet lokalt kan påverka fosforhalterna i dräneringssystemet. Totalfosforhalten i vatten som ställt ur produktion har i den här undersökningen varit av storleksordningen 0,10 resp. 0,16 mg/l från Lanna resp. Wiad. Denna bör sättas i relation till en ursprungshalt innan marken överhuvudtaget har satts i bruk.

I Mälaren har man använt paleolimnologiska studier av diatoméer för att beräkna nivåer för fosfor före år 1900. Man beräknade en bakgrundshalt av 0,05-0,06 mg/l TotP före förra sekelskiftet (Bradshaw & Anderson, 2001). De här uppmätta halterna från ogödslad vall ligger ungefär dubbelt så högt jämfört med detta. Markens kisel är vanligen i form av kvarts och denna löses upp mycket långsamt i marken.

Högre vittring antas förhöja de naturliga fosforhalterna i vattnet. Vid vittringsberäkningar approximeras kisel till att vara mer eller mindre inert. Ursprungshalterna för fosfor har därför uppskattas från transporten av kisel som antas lämna marken när den vittrar (Naturvårdsverket 1999 a och b). Kvoten fosfor/kisel i ett antal större vattendrag antyder att bakgrundshalten av fosfor från åker kan vara 3,3 ggr högre än från skog. Därför borde ursprungsbelastningen av TotP söder om Dalälven motsvara en generell halt på närmare 0,04-0,08 mg/l från åkermark (Ulén 2003). Även dessa halter är ungefär hälften av vad som uppmätts från den obrukade jordbruksmarken från Lanna och Wiad. Totalfosforförlusterna för icke-odlad mark relativt odlad mark, som i den nationella beräkningen satts till 66% för Mälardalen har för Wiad beräknats vara 79% under treårsperioden. Resultaten från Lanna har visat att motsvarande relation kanske inte minskar på 15 års sikt utan snarare kan öka så att bakgrundsnivån vid icke odlad mark t o m ökar med tiden. Det kan bero på att ogräset inte tar upp fosfor så effektivt som gräset eller att det med tiden utbildats ett allt stabilare makroporsystem när man inte plöjt på många år.

Kvävekonzentrationerna från den ogödslade vallen vid Lanna verkar ha minskat i takt med att vitklövern minskat. En betydande denitrifikation har dessutom indikerats att kunna ske i denna jord, något som kan ha bidragit till en kväveminskning i vattnet (Aronsson et al., 2006). Den låga kvävetlakningen från vallen har medfört att N/P kvoten från samtliga rutor med obrukad mark har varit låga (omkring 6:1) (Tabell 4). Detta är inte bra ur eutrofieringssynpunkt eftersom en så pass låg kvot anses gynna blågröna bakterier och vattenblomning i såväl sötvatten (Hellström, 1996; Smith, 1983) som marina vatten.

REFERENSER

- Aronsson H. Lindén, B., Stenberg, M., Torstensson, G., Rydberg, T & Forkman, J. 2006. Växtnäringsutlakning från en lerjord med höstveteföljd och vallträda. *Ekohydrologi* 93 Avd. f Vattenvårdslära, SLU, 42 s.
- Hellström T. 1996. An empirical study of nitrogen dynamics in lakes. *Wast. Environ. Res.* 68, 55-65.
- Naturvårdsverket. 1999a. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Sjöar och vattendrag. Rapport 4913.
- Naturvårdsverket. 1999b. Bakgrundsunderlag till bedömningsgrunder för miljö kvalitet, Sjöar och vattendrag. Rapport 4920.
- Smith V.H. 1983. Low nitrogen to phosphorus ratios favour dominance by blue-green algae in lake phytoplankton. *Science* 221, 669-671.
- Ulén, B. & Snäll, S. 1998. Biogeochemistry and weathering in a forest catchment and an arable field in central Sweden. *Acta Agric. Scand. B, Soil and Plant* 48, 201-211.
- Ulén, B. 2003. Bakgrundsbelastning av fosforförluster från åkermark till vatten, *Ekohydrologi* 79; 5-18.
- Ulén, B., Aronsson, H., Torstensson, G. & Mattsson, L. 2005. Nutrient turnover and risk of waterborne phosphorus emissions in crop rotations on a clay soil in south-west Sweden. *Soil Use and Management.* 21, 221-230.
- Ulén, B. & Kalisky, T. 2005. Water erosion and phosphorus problems in an agricultural catchment – Need for natural research for implementation of the EU Water Framework Directive. *Environmental Science & Policy* 8, 477-484.