



Malin Pettersson

Våtmarker för näringsretention i Lillån – var bör de ligga och vilken effekt kan vi förvänta



Handledare: Barbro Ulén och Susanna Vesterberg

Seminarier och examensarbeten Nr 58
Swedish University of Agricultural Sciences
Division of Water Quality Management

Uppsala 2006
ISRN SLU-VV-SEMEX-58-SE
ISSN 110-2263

Wetlands and nutrient retention in the stream Lillån –were should they be located and what effect may be expected?

Abstract

Construction of wetlands in the agricultural landscape may reduce nitrogen and phosphorus transfer to streams, thereby reducing the eutrophication of lakes and seas. The agricultural stream Lillån, a tributary to stream Sagån, ends up in Lake Mälaren and is transporting large amounts of these plant nutrients. The aim of this study was to estimate how hypothetical wetlands of different size and location may reduce nitrogen and phosphorus load from stream Lillån. Estimated nutrient retention in several small wetlands was compared to retention in a single large wetland based on existing data from the agricultural stream and from a nearby smaller stream. Retention in the stream was suggested to decrease along with the nutrient concentration in the water. Total nitrogen was found to be retained more efficiently with one large wetland located far downstream in the system (13 %) compared to several small wetlands high up in the stream (8 %). Nutrient retention would be largely influenced based on the assumed effect on the quality of water leaving all the small wetlands. However, size and location turned out to be less important for phosphorus retention (40 % with one large wetland compared to 38 % with several small wetlands) based on adopted assumptions. These included that retention of phosphorus in the stream was more or less negligible compared to the retention in wetlands. Nitrogen retention was estimated to be more efficient in larger wetlands ($111 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) compared to smaller ($95 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$), except for in the winter period December to April. In this period nitrogen retention was found to be practically the same in both large and small wetlands.

Innehållsförteckning

1. Inledning	4
1.1 Bakgrund	4
1.2 Syfte	6
2. Material och metod	6
2.1 Lillåns avrinningsområde	6
2.2 Antaganden och strategier	7
2.3 Datakällor	8
2.3.1 Allmänt	8
2.3.2 Avrinning	8
2.3.3 Vattentemperatur	9
2.3.4 Kvävehalter från JRK i Lillån	10
2.3.5 Närsaltsretention enligt Watchman	11
2.3.6 Data från typområdet C6, Uppsala län	12
2.4 Beräknad avskiljning och retention	13
2.4.1 Avskiljning av kväve och fosfor i de tänkta våtmarkerna	13
2.4.2 Retention av kväve och fosfor i vattendraget	14
2.5 Scenarion och tillvägagångssätt	14
2.5.1 Studie 1: 1988-92	14
2.5.2 Studie 2: 1997-2001	15
3. Resultat och diskussion	15
3.1 Uppehållstider	15
3.2 Transport av näringsämnen	17
3.2.1 Studie 1	17
3.2.2 Studie 2	17
3.3 Kväveavskiljning	17
3.3.1 Kväveavskiljningen i studie 1	17
3.3.2 Kväveavskiljningen i studie 2	19
3.4 Fosforavskiljning	20
3.5 Retentionen i vattendraget	21
3.5.1 Kväveretention	21
3.5.2 Fosforretention	22
3.6 Scenarion	22
4. Sammanfattning	25
5.1 Data	27
5.2 Litteratur	27
5.3 Internet	28
5.4 Personliga meddelanden	28
Bilaga: Översiktlig fältstudie vid vårfloden	29

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Nyanläggning eller restaurering av våtmarker är en av de åtgärder som prövas för att reducera transporten av näringsämnen till sjöar och hav. Sedan 2001 finns EU-stöd att söka för anläggning och skötsel av våtmarker. Syftet med det ekonomiska stödet är att öka arealen våtmarker i odlingslandskapet och på så sätt minska växtnäringsläckaget från jordbruksmark. Andra positiva effekter som en ökad biologisk mångfald, upprätthållande av grundvattennivån och en ökad variation i landskapet nämns även som anledningar till stödformen (Jordbruksverket, 2006). Enligt de regionala miljömålen för Västmanland från 2004 ska minst 200 ha våtmarker ha anlagts eller återställts i odlingslandskapet till år 2010. Sedan 2001 har endast 33 ha anlagts (Mossberg, 2006) och Länsstyrelsen i Västmanland är tveksam till att målet kommer att nås. Behovet av våtmarksanläggning anses vara störst i jordbruksbygderna i länets södra del, eftersom området på grund av avvattning är särskilt våtmarksfattigt. Det studerade området i mitt examensarbete, Lillån, ligger inom detta prioriterade område där jag teoretiskt prövat effekten av olika våtmarker. Ån är ett biflöde till Sagån som mynnar ut i Oxsfjärden, Mälaren.

Vilken reningseffekt en våtmark ger beror på flera faktorer. En förutsättning för att någon rening alls ska ske, är att man har ett vattenflöde genom våtmarken. Utan vattenflöde medför en torr och varm sommar att ingen rening fås, trots de i övrigt så gynnsamma förhållandena. En annan viktig faktor är näringsämnesbelastningen. Flera rapporter visar att en våtmark med högre näringsbelastning ger en effektivare avskiljning än en våtmark med lägre näringsbelastning (Braskerud et al, 2005, Fleicher et al, 1994). Näringsbelastningen från jordbruksmark är högre än den från skogsmark (Brandt & Ejhed, 2003) och därför kan man anta att en våtmark som tar emot vatten från ett jordbruksområde generellt kommer att avskilja en större mängd kväve och fosfor än en som tar emot vatten från både skogs- och jordbruksmark.

De flesta studierna av näringsretention i våtmarker har gjorts i södra Sverige. Både näringsnivåerna och den hydrologiska regimen är annorlunda i Västmanland än i södra Sverige vilket man måste ha med i bedömningen av resultat baserade på erfarenheter från sydliga våtmarker.

Resultat från anlagda våtmarker och dammar föreligger främst från sydligaste Sverige, närmare bestämt från Skåne och Halland. Inom Höjeås och Kävlingeåns avrinningsområden har tre av över hundra anlagda våtmarkerna studerats mera ingående. Genom kontinuerlig vattenprovtagning vid in- och utloppen har man sett att belastningen på våtmarkerna och dammarnas kapacitet för näringsretention följs åt. Den relativa reduktionen av kväve och fosfor är därmed ganska konstanta. Reningsresultaten för kväve låg på 370-2290 kilo per hektar och år ($\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$), där den relativa reduktionen var 4,4-8,9 %. För fosfor var den 16-46 $\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ och den relativa reduktionen var 10-31 % (Wedding, 2006).

Reningsresultat från våtmarker i Mälardalsregionen är färre. Ett färskt exempel finns dock från Södertälje kommun och våtmarken i Södra Stene där undersökningarna påbörjades 2004 (Kynkäänniemi, 2006). Våtmarken är 2 ha och utgör 2,1 % av avrinningsområdet. Medelavrinnningen låg något lägre än i närliggande och liknande avrinningsområden och flödet varierade under året med höga toppar under vinter och vår. Halterna av fosfor och kväve var i genomsnitt 0,10 mg/l respektive 2,4 mg/l. Eftersom våtmarken är lågt belastad (113 kg kväve/år och 7 kg fosfor/år) och var nyanlagd var effektiviteten låg. Under det första året var kvävereningen 2 $\text{kg ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ det vill säga 2 % av belastningen. Under det andra året hade både den absoluta och relativa kväveavskiljningen ökat och motsvarade 25 kg ha^{-1} respektive 20 %. Effektiviseringen av kväveavskiljningen antogs bero på att ett dämme installerats som fick det

inkommande vattnet att sprida sig över en större yta av våtmarken. Kväveavskiljningen var högst under våren då höga koncentrationer sammanföll med höga flöden. Fosforavskiljningen var $1,3 \text{ kg ha}^{-1}$ (21 %) det första året och $1,4 \text{ kg ha}^{-1}$ (18 %) det andra året. Fosforavskiljningen följde samma mönster som vattenflödet men i övrigt kunde ingen tydlig säsongsvariation visas.

I en studie av Braskerud m fl (2005) jämfördes reningsresultaten för fosfor från 17 anlagda våtmarker, alla förlagda till de kalltempererade och boreala klimatzonerna i Sverige, Norge, Finland och Illinois, USA. De flesta var så kallade norska fångdammar som bestod av en sedimentationsdel och en längre filtreringsdel. En ökad avrinning gynnade sedimentationen av partikulärt fosfor (PP), troligen på grund av inflödet av grövre partiklar. En ökande andel löst reaktivt fosfor (DRP) ledde däremot till minskad avskiljning, eftersom en mindre mängd PP kunde sedimentera. Avskiljningen av PP verkar öka med ökande ålder på våtmarken, medan DRP avskiljdes effektivare i nyare våtmarker. Retentionen DRP var mer beroende av kvoten mellan arean våtmark (Av) och arean avrinningsområde (Aa) än PP. Den relativa retentionen ökade med ökande koncentration av både DRP och PP.

Kvävereduktionen i våtmarker i Genevadsåns avrinningsområde, som ligger i ett jordbruksintensivt område i sydvästra Sverige modellerades med linjärt interpolerade dygnsdata (Arheimer och Wittgren, 2002). Modellen kalibrerades mot data från åtta anlagda våtmarker på jordbruksmark i Halland och Skåne. I modelleringen simulerades vilken effekt 40 potentiella våtmarker skulle få på kvävehalterna i Genevadsån. De 40 potentiella våtmarkerna utgjorde 0,4 % av det 224 km^2 stora avrinningsområdet. Avskiljningen visade sig ligga mellan 57 och $466 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$, och berodde av uppehållstiden och koncentrationen kväve i inkommande vatten. Den relativa avskiljningen var i genomsnitt sammanlagt 6 %. Arheimer och Wittgrens sätt att beräkna koncentrationen kväve i utkommande vatten användes för de månadsvisa beräkningarna av kvävereduktionen i Lillåns tänkta våtmarker.

Fastläggning och kalibrering av fosfor studerades och modellerades i våtmarken i Genarp, och två andra våtmarker i Skåne (Tonderski och Arheimer et al., 2005). I modellen ingick variablerna lufttemperatur, vattenflöde, koncentration fosfor i inkommande och utgående vatten och koncentrationen i själva våtmarken. I modellen var sedimentationen beroende av koncentrationen fosfor i vattnet i själva våtmarken och frigörelsen var beroende av temperatur och koncentrationen fosfor i inkommande vatten. Våtmarkens volym antogs vara konstant. Detta sätt att beräkna fosforavskiljningen kräver faktiska data om koncentrationen i existerande våtmarker, och har man inte sådana är man därför hänvisad till själva reningsresultaten.

Även i själva vattendraget kan det ske en nettoretention. I försök har man sett att mängden löst reaktivt fosfor som läggs fast i vattendraget är direkt relaterat till mängden som tillsatts (Mulholland et al., 1990). En undersökning (Faafeng och Roseth, 1993) i en jordbrukså i Norge visade att mängden nitrat som reducerades ökade med ökad koncentration i vattnet, oberoende av temperaturen som växlade mellan 8 och 16°C .

För att undvika missförstånd benämns i detta arbete, om inte annat anges, summan av sedimentation, denitrifikation och upptag i växter i våtmarkerna som avskiljning. Samma processer i vattendragen benämns retention

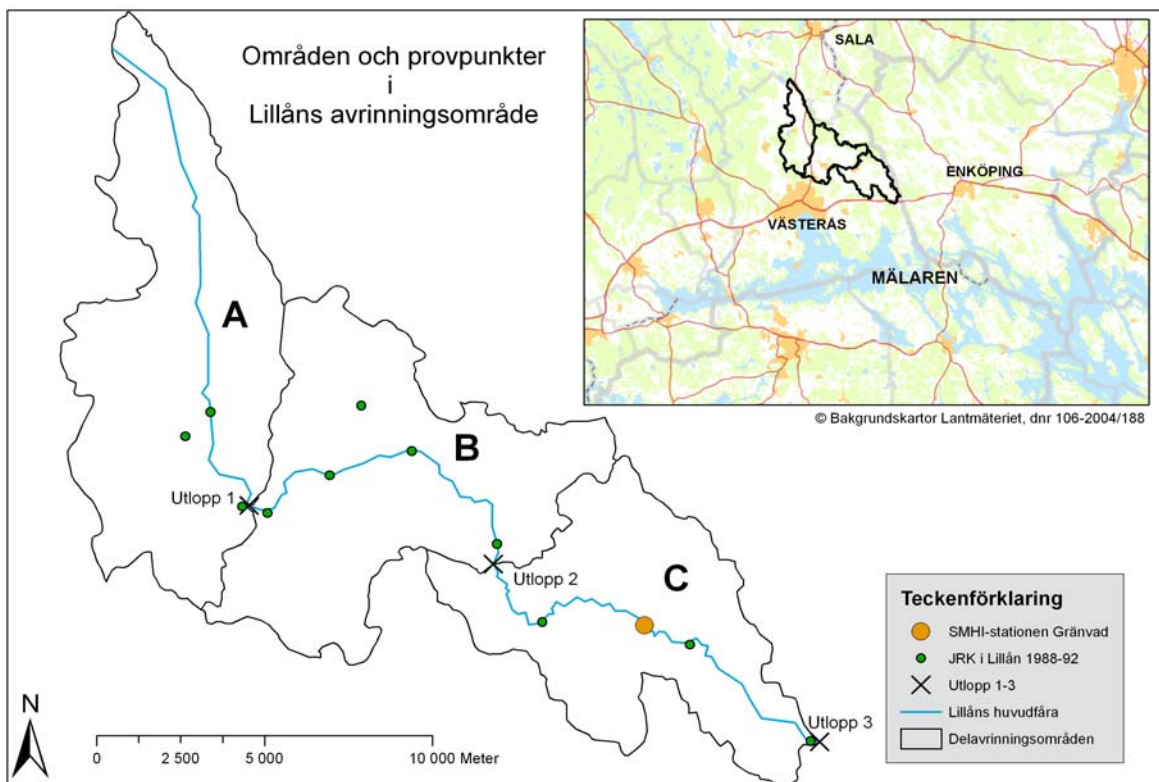
1.2 Syfte

Målet med denna studie är att med tillgänglig kunskap om Lillåns hydrologi och vattenkemi göra en bedömning av hur anläggning av våtmarker skulle kunna förändra transporten av kväve och fosfor i Lillån. Huvudstrategin har varit att bedöma reningseffekten av en stor våtmark i huvudfåran jämfört med ett större antal mindre våtmarker utplacerade i odlingslandskapet (1 ha stora som tillsammans upptar lika stor areal som den stora). Effekten av en stor våtmark med tre alternativa placeringar uppskattas också. I alla alternativ utgör våtmarkerna en halv procent av avrinningsområdet som studeras.

2. Material och metod

2.1 Lillåns avrinningsområde

Lillåns avrinningsområde är uppdelat i tre delavrinningsområden enligt SMHI:s karta över hela Sverige. Tre olika placeringar av den stora våtmarken testades i studie 1 och placerades i Utlopp 1, 2 eller 3 (Figur 1). Den tilltänkta våtmark 1 med arealen 36 ha avvattnar område A, våtmark 2 (69 ha) avvattnar område A+B och våtmark 3 (96 ha) avvattnar område A+B+C. De tre områdena har i stort sett liknande markanvändning med ungefär 50 % jordbruksmark (betesmark inräknad) och nästan 40 % skog. I område C släpps vatten från Tortuna avloppsreningsverk ut. I studie 2 har både effekten av stora våtmarker och effekten av flera stycken mindre våtmarker med samma sammanlagda areal testats (Tabell 1).



Figur 1. Lillåns avrinningsområde med provpunkter och områdesbeteckningar. SMHI:s tre delavrinningsområden för Lillån kallas här A, B och C, med arealerna 73, 140 och 194 km². Prickarna visar provtagningspunkter för JRK i Lillån 1988-92 (se kap 2.3.4).

Tabell 1. Avrinningsområdets areal (Aa) samt antal (n) och sammanlagda arealer för tilltänkta våtmarker (Av) samt kvoten dem emellan beräknade för två perioder (studie 1 och 2).

Period	År 1988-1992			År 1997-2001			Kvot	
	Aa	Stor våtmark		Stor våtmark		Små våtmarker		
Område	(ha)	n	Av (ha)	n	Av (ha)	n	Av (ha)	Av/Aa
A	7200	1	36	1	36	36	36	0,5
AB	14000	1	69	1	69	69	69	0,5
ABC	19400	1	96	1	96	96	96	0,5

Transporterna av näringsämnen i Sagån är stora och i Lillåns delavrinningsområde har av IVL Svenska miljöinstitutet AB beräknats bidra med den största förlusten av fosfor per areal jordbruksmark. I Sagåns avrinningsområde är det jordbruksmarken som står för den dominerande delen av fosforförlusterna, närmare bestämt 83 %. För kväve är siffran 75 %.

2.2 Antaganden och strategier

Två studier med data från olika tidsperioder görs. I alla alternativ utgör våtmarkerna en halv procent av avrinningsområdet som studeras. Procentsatsen är godtyckligt bestämd och innebär i det aktuella avrinningsområdet att den teoretiska uppehållstiden för vattnet i medeltal på månadsbasis aldrig understiger en dag. I den första studien uppskattas kväveavskiljningen i en stor våtmark med tre alternativa placeringar. Mätdata från Lillån används och därför ger studie 1 en bild av storleksordningen på den avskiljning som skulle kunna tänkas ske här. I den andra studien finns det två typer av tänkta våtmarker, den ena av större och den andra av mindre storlek. Den större typen förläggs till huvudfåran och den mindre typen förläggs till tillflödena. Avskiljningen i de båda typerna av våtmarker i studie 2 beräknas utifrån samma haltdata men med olika vattenflödesdata. Det kan finnas en skillnad i avrinningsbildningen till dessa olika typer av våtmarker. Orsaken till detta finner man i graden av grundvatteninverkan. Ju längre man kommer från huvudfåran desto mindre blir grundvatteninfluensten. Huvudfåran representerar landskapets lågpunkt och här integreras områdets hela grundvattenvolym varvid tillskottet från grundvattenmagasinet maximeras och vattenföringen kan upprätthållas även under sommaren då evapotranspirationen har sitt maximum. Den mindre typen av våtmark riskerar av den anledningen att torka ut under sommaren (Gustafson, 2006).

Då avskiljningen beräknas för våtmarkerna och placeringen av dessa utvärderas, är det för slutresultatet även intressant att se hur retentionen i vattendragen påverkar de totala transporterna. Man kan misstänka att effekten av de små våtmarkerna tas ut av att motsvarande mängd ändå skulle försvinna genom retention på sin väg till det större vattendraget. För att undersöka detta antogs en reduktionskoefficient, vilket möjliggjorde en jämförelse av retentionen uppströms den stora våtmarken och retentionen nedströms de små våtmarkerna. Retentionen i själva ån kan under stora delar av året liknas vid en våtmark med mer eller mindre hög hydrologisk belastning. Eftersom en våtmark med högre näringsbelastning ger en större relativ avskiljning än en våtmark med lägre näringsbelastning antogs att den modellerade retentionen i ån minskade på motsvarande sätt som halten kväve och fosfor minskade i vattnet som passerade de små våtmarkerna.

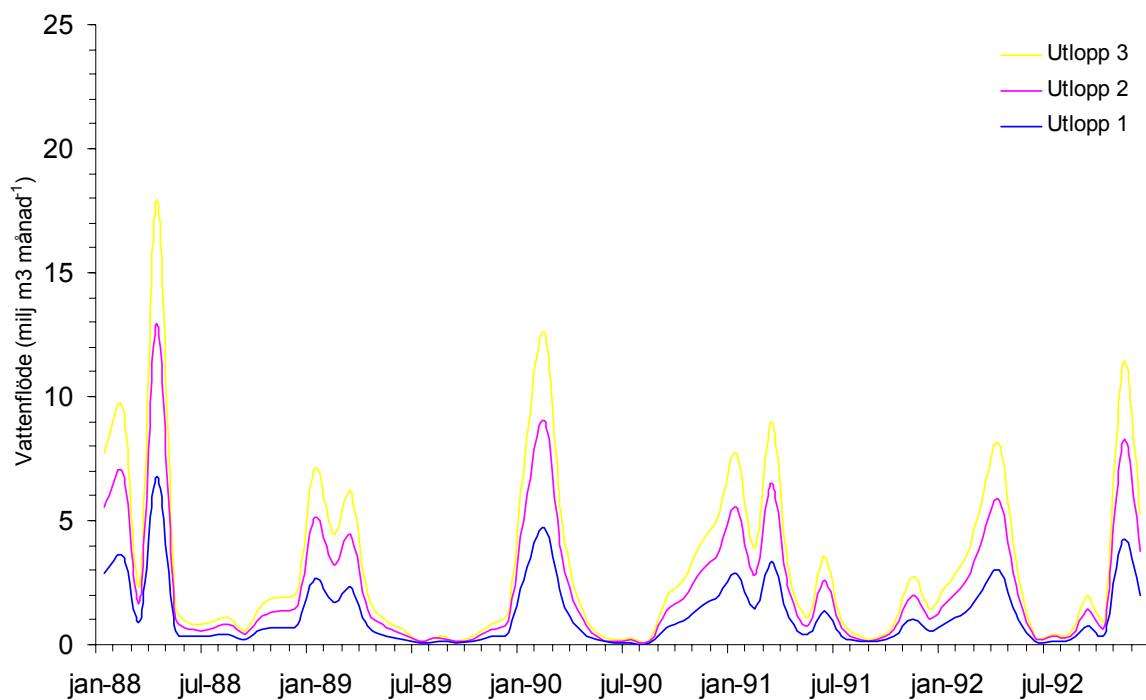
2.3 Datakällor

2.3.1 Allmänt

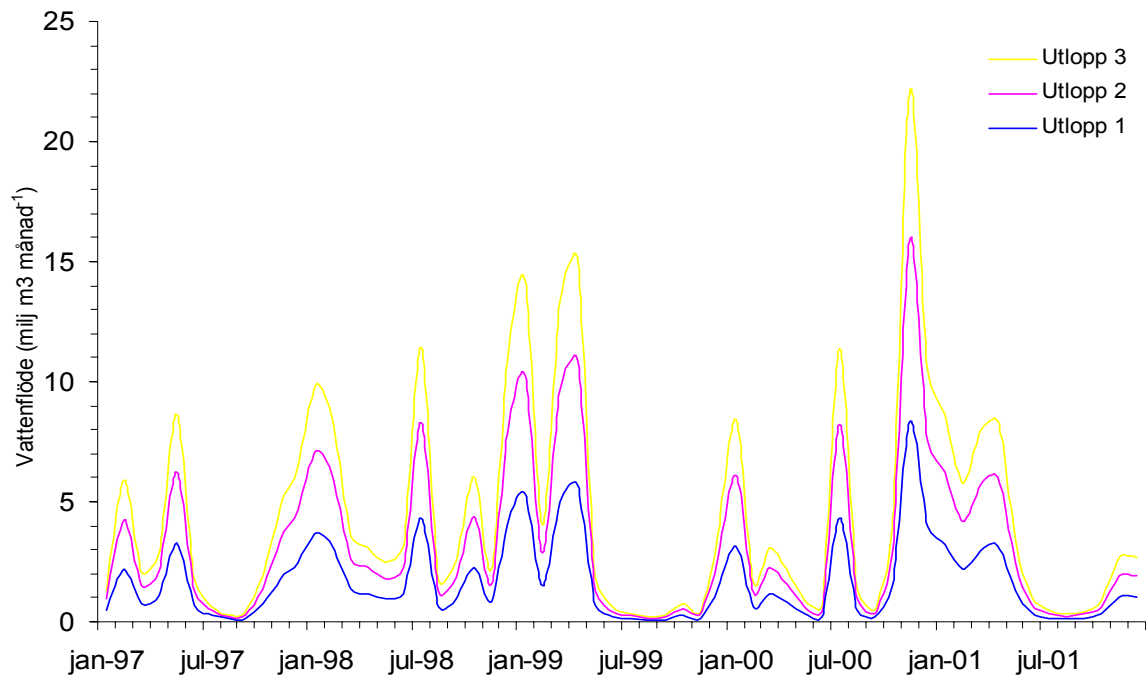
De data som används för uppskattningen av tänkta våtmarkers reningspotential i Lillån kommer från två olika databaser. Data till studie 1 kommer från Jordbrukets recipientkontroll (JRK) och är från femårsperioden 1988-92. Kvävehalten är i medeltal $2,33 \text{ mg l}^{-1}$. Till studie 2 valdes att studera åren 1997-2001. För denna period finns näringstransporterna i Lillån modellerade (IVL, 2003), vilket utnyttjades i retentionsberäkningarna. Data på närsaltshalter och flöde från C6, det intensivt undersökta typområdet på jordbruksmark strax norr om Enköping, och flöde från SMHI-stationen Gränvad, Lillån användes för att beräkna den potentiella reningen. Kväve- och fosforhalten i C6 var $2,56$ respektive $0,11 \text{ mg l}^{-1}$. Andelen jordbruksmark var 60 % och därmed något större än i Lillån.

2.3.2 Avrinning

Avrinningen antogs vara densamma i hela Lillån och beräknades från SMHI-stationen Gränvad i Lillån. Baserat på dygnsdata togs månadsflöden i relation till aktuella arealer fram för utlopp 1-3 för åren 1988-92 (Figur 2) respektive 1997-2001 (Figur 3). Gränvads tillrinningsområde är 168 km^2 (SMHI, 2004). Tillrinningsområdena för utlopp 1-3 är 73, 140 respektive 194 km^2 stora.



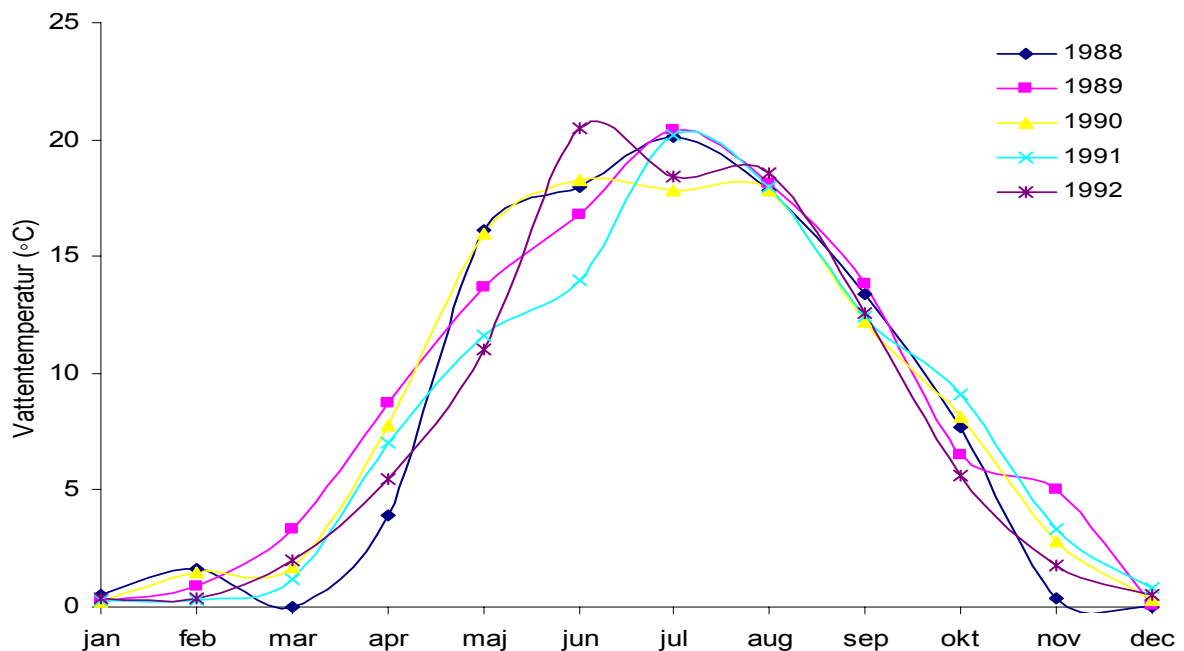
Figur 2. Månadsvärden 1988-92 för vattenflödet i tre punkter längs huvudfåran, mätdata från SMHI-stationen i Gränvad, Lillån, i relation till områdenas arealer.



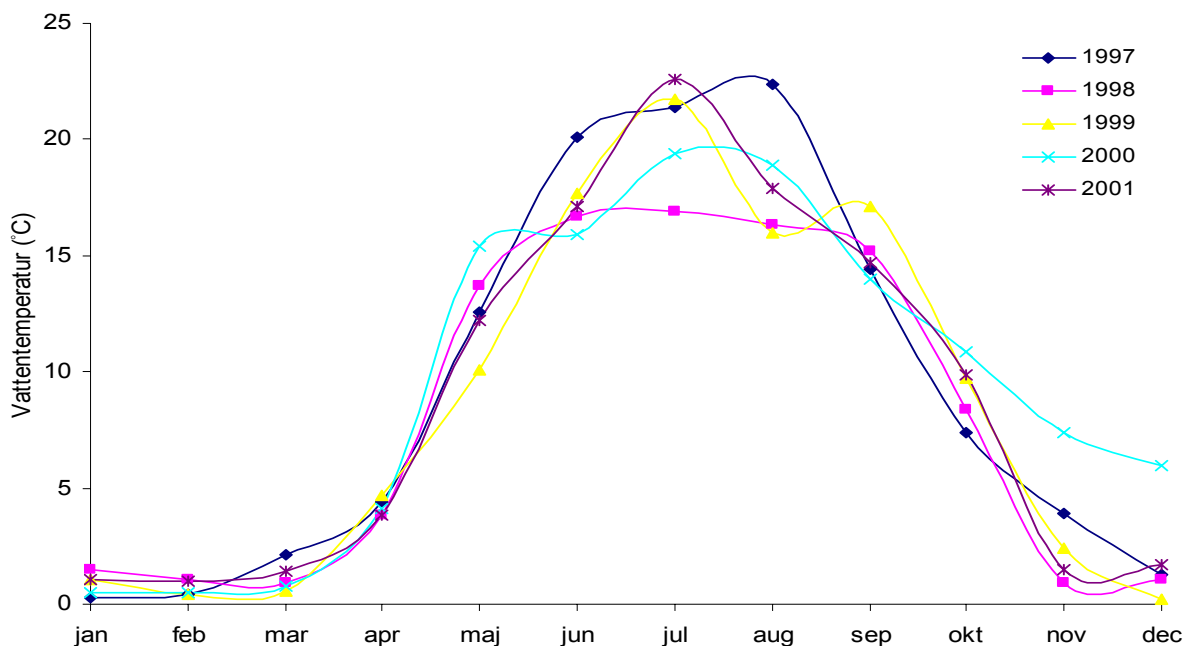
Figur 3. Månadsvärden 1997-2001 för vattenflödet i tre punkter längs huvudfåran, mätdata från SMHI-stationen i Gränvad, Lillån, i relation till områdenas arealer.

2.3.3 Vattentemperatur

Temperaturdata för beräkning av kväveavskiljningen hämtades från stationen i Målhammar. Data från 1988-92 användes i studie 1 (Figur 4) och data från 1997-2001 användes i studie 2 (Figur 5).



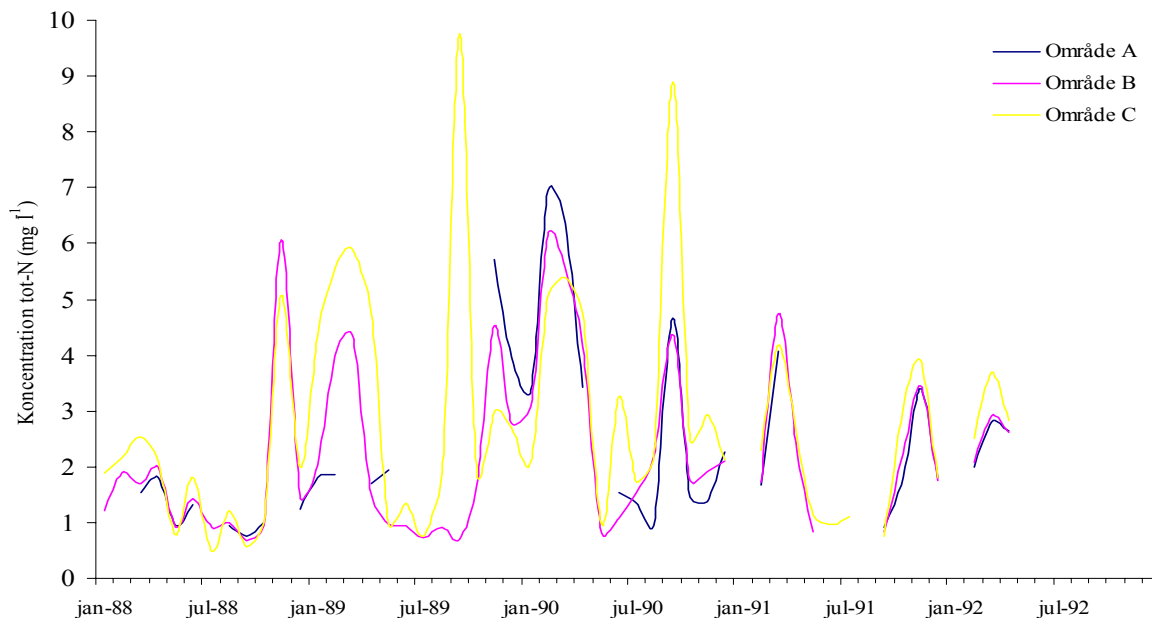
Figur 4. Vattentemperatur varje månad 1988-92 i Målhammar, Sagån.



Figur 5. Vattentemperatur varje månad 1997-2001 i Målhammar, Sagån.

2.3.4 Kvävehalter från JRK i Lillån

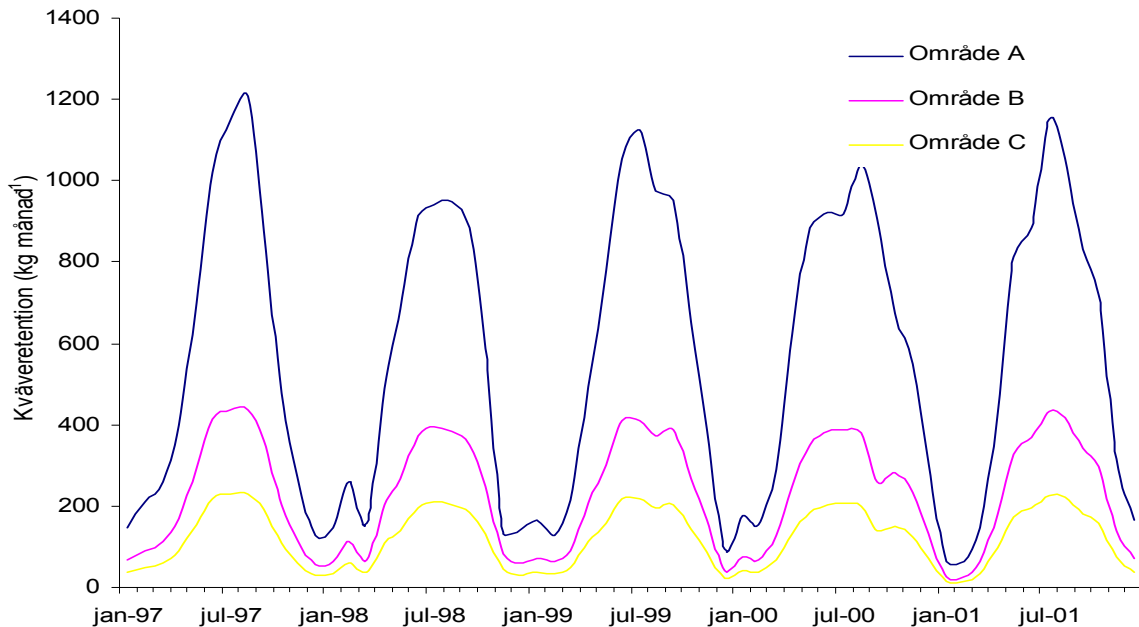
I studie 1 användes data på totalkvävehalter (Figur 6) från 11 punkter i jordbrukets recipientkontroll (JRK) 1988-1992 i Lillån. I Sagån kunde under åren 1993-2004 inga signifikanta trender för kväve urskiljas (Ulén, 2006), varför mätserien från JRK i Lillån 1988-1992 ansågs representativ även idag. Mätningar gjordes oftast en gång i månaden. Det finns flera luckor i mätserierna. När det fattades data för en månad antogs koncentrationen vara ett medelvärde av den månaden innan och månaden efter. För andra halvåret 1992 fanns inga värden, varför värden från andra halvåret 1991 användes. Halten var generellt högre i område C.



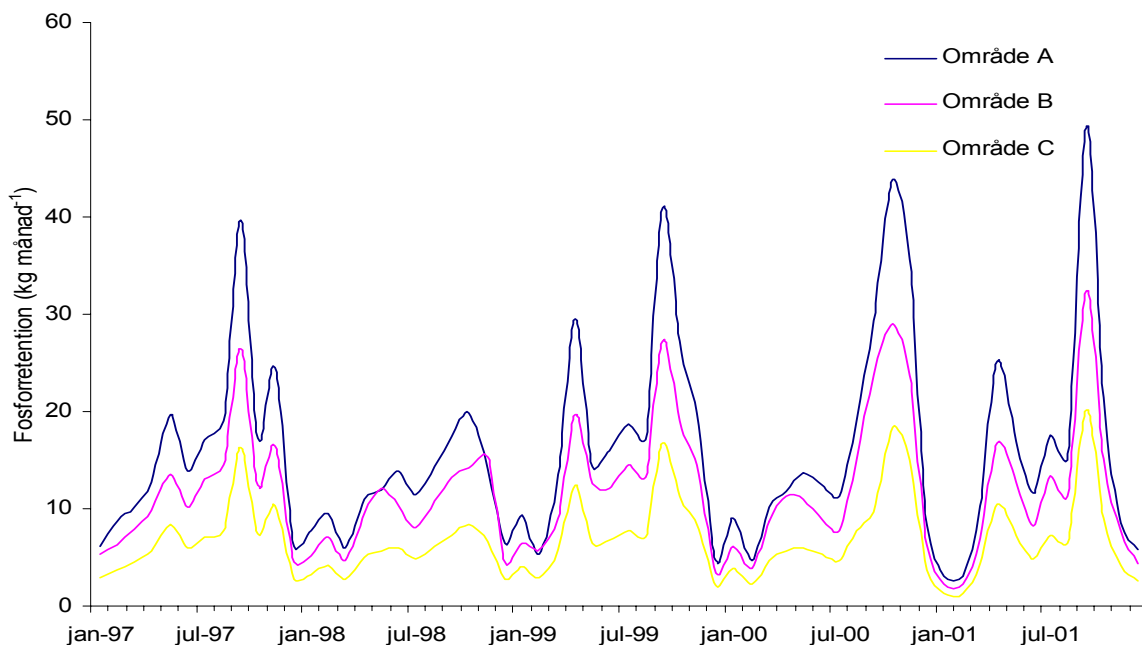
Figur 6. Medelkoncentrationen totalkväve i mätdata från provpunkter i respektive del av huvudfåran (JRK i Lillån 1988-92).

2.3.5 Närsaltsretention enligt Watchman

Näringsämnesrtransporterna för år 1997-2001 i Lillån beräknades med modellen Watchman (IVL, 2003). Denna uppskattar retentionen i vattendraget som skillnaden mellan bruttobelastningen av kväve och fosfor från källor i avrinningsområdet och nettotransporten baserat på uppmätta koncentrationer. Retentionen av kväve (Figur 7) och fosfor (Figur 8) beräknades vara störst i det övre delavrinningsområdet och lägst i det nedre delavrinningsområdet.



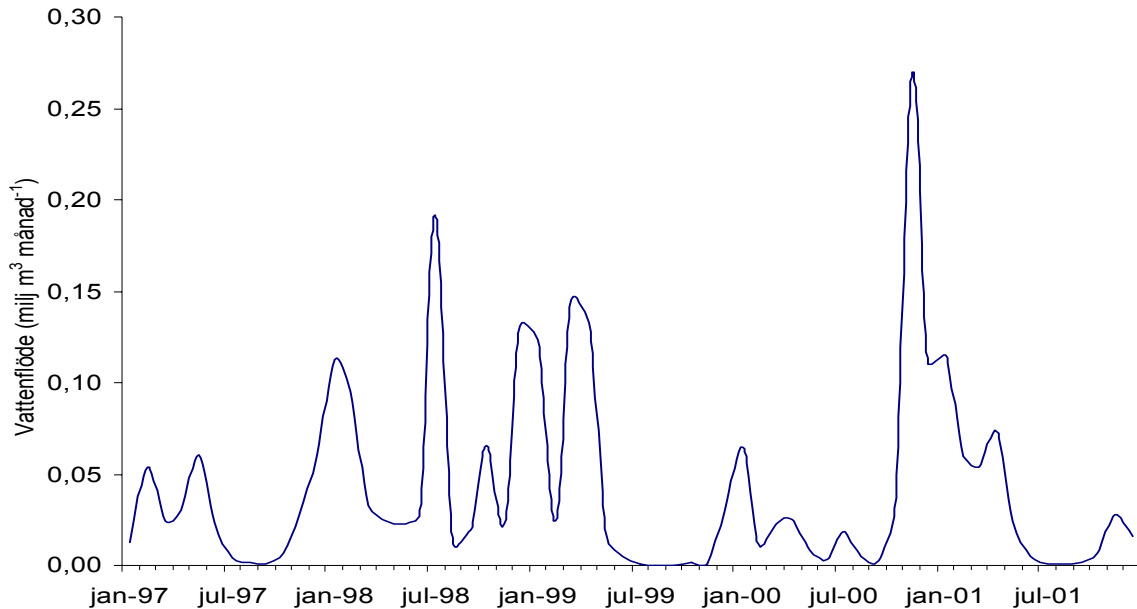
Figur 7. Modellerad kväveretention i Lillån i de tre delarna av huvudfåran. Kalibrerade månadsvärden enligt Watchmanmodellen (IVL, 2003).



Figur 8. Modellerad fosforretention i Lillån i de tre delarna av huvudfåran. Kalibrerade månadsvärden enligt Watchmanmodellen (IVL, 2003).

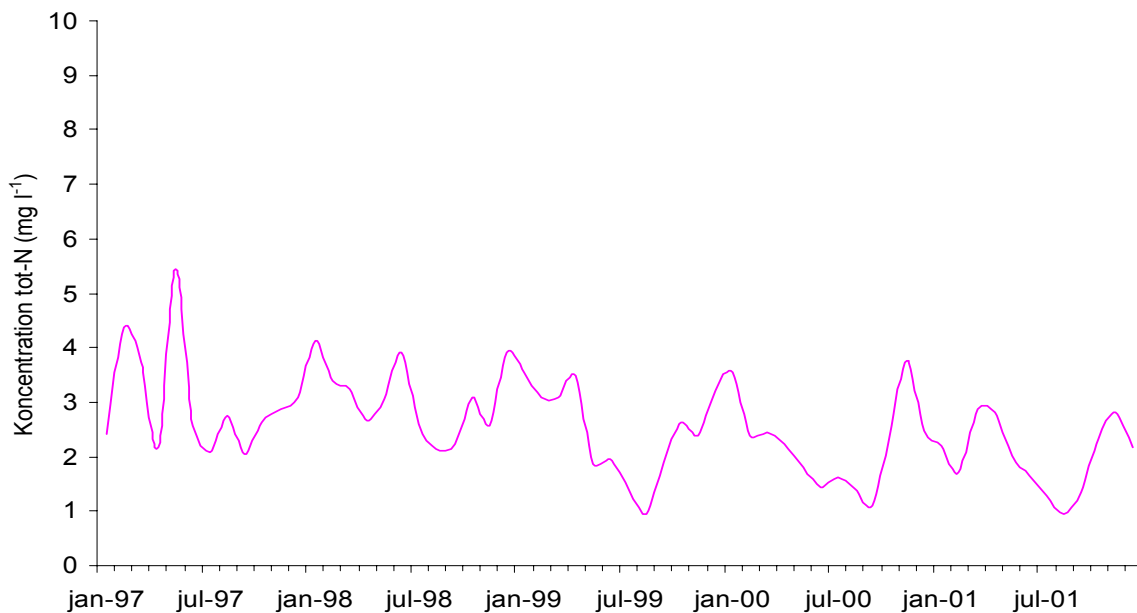
2.3.6 Data från typområdet C6, Uppsala län

I svensk miljöövervakning finns totalt 23 stycken ”Typområden på jordbruksmark” varav område C6 ligger nära Lillån. Här sker kontinuerlig flödesmätning och vattenprovtagning ungefär varannan vecka. Området har liknande totalkväve- och totalfosforhalter som Lillån och samma dominerande jordart (mellanlera).



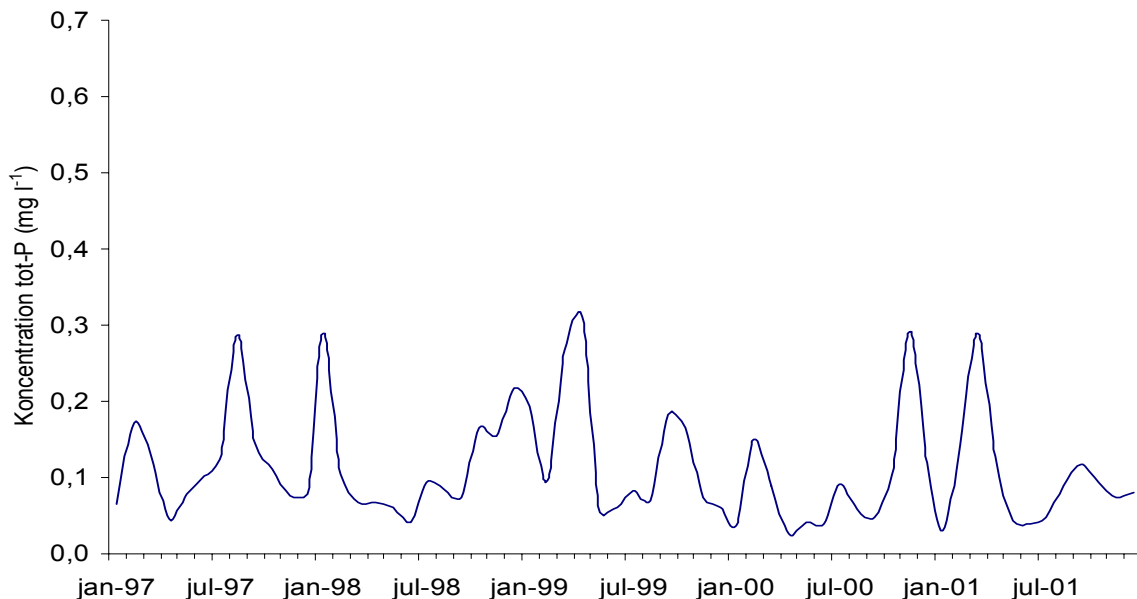
Figur 9. Vattenflödet till de små våtmarkerna. Flödet i C6-bäcken har arealanpassats till att gälla ett 200 ha stort avrinningsområde som mynnar i en 1 ha stor våtmark. Lägga märke till att det under vissa sommarmånader knappt finns något flöde.

Vattenflödet i Lillån (Figur 3) och i C6 (Figur 9) följde i stort sett samma mönster. Det gör det trovärdigt att använda haltdata från C6 för att beräkna effekterna de stora potentiella våtmarkerna.



Figur 10. Månadsvärden för koncentrationen totalkväve i avrinnande vatten från C6, Uppsala län.

En ökad avrinning (Figur 9) verkar ibland ge ökande kvävehalter (Figur 10). Vid höjd grundvattenyta, som till exempel efter omfattande regn eller vid snösmältning, ökar koncentrationen nitrat eftersom stora vattenmängder passerar markprofilen (Ulén, 2006).



Figur 11. Månadsvärden för koncentrationen totalfosfor i avrinnande vatten från område C6, Uppsala län.

Avrinning och fosforförlust är också nära relaterade (Gelbrecht et al, 2005). Med provtagning varannan vecka är det lätt att missa flödestoppar, varför koncentrationerna kan ha varierat ännu mer än vad som återspeglas i mätserien (Figur 11).

2.4 Beräknad avskiljning och retention

2.4.1 Avskiljning av kväve och fosfor i de tänkta våtmarkerna

Beräkningen av våtmarkernas reningseffekt baseras på modellering på dygnsbasis (Arheimer och Wittgren, 2002; Tonderski och Arheimer, 2005). De tänkta våtmarkerna antas ha ett djup av i genomsnitt en meter och tidsupplösningen månad.

2.4.1.1 Kväveavskiljning

Kväveavskiljningen i våtmarkerna beräknades enligt Arheimer och Wittgren (2002). I det första steget beräknades koncentrationen kväve i det utkommande vattnet.

$$C_{ut} = C_{in} * e^{((-k_a T * A_{wet} * \Delta t) / V_{wet})}$$

där C_{in} är koncentration kväve i inkommande vatten (mg l^{-1})

k_a är en konstant för vattnets uppehållstid ($0,0023 \text{ m dygn}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)

T är vattentemperatur ($^\circ\text{C}$)

A_{wet} är area våtmark (m^2) och

Δt är tidssteg (omräknad till månad)

I beräkningarna för Lillån byttes Δt ut mot V/Q , där V är volymen (m^3) vatten i våtmarken och Q är flödet ($\text{m}^3 \text{ månad}^{-1}$) genom densamma. Detta är ett inom våtmarkslitteraturen vedertaget sätt att beräkna uppehållstiden (Kadlec och Knight, 1996). k_a är temperaturberoende och multiplicerades med antalet dagar i månaden.

I det andra steget beräknas avskiljningen, R, enligt:

$$R = Q * (C_{in} - C_{ut})$$

Där Q är vattenflödet (m^3 månad⁻¹)

C_{in} är koncentrationen ($g\ m^{-3}$) kväve i inkommande vatten och

C_{ut} är koncentrationen ($g\ m^{-3}$) kväve i utgående vatten.

2.4.1.2 Fosforavskiljning

Avskiljningen av fosfor antogs ske på samma sätt som i Genarps våtmark (Tonderski et al, 2005). Den har samma area som en av de små våtmarkerna i studie 2 och utgör 0,33 % av avrinningsområdet. Den hydrauliska belastningen är i medeltal större i våtmarken i Lillån (Tabell 2) än den i Genarp. Utifrån mätdata beräknades avskiljningen till $28,3\ kg\ ha^{-1}\ år^{-1}$. Denna siffra används i mina beräkningar och denna tänkta avskiljning fördelades över årets tolv månader.

Tabell 2. Egenskaper hos våtmarken i Genarp och totalfosfor (TotP) halter i de små tänkta våtmarkerna i Lillån (Studie 2).

Våtmark	Area (ha)	Djup (m)	ARO (ha)	Hydraulisk belastning ($m\ d^{-1}$)	TotP ($mg\ l^{-1}$)	TotPbelastning ($kg\ ha^{-1}\ år^{-1}$)
Genarp	1	0,75	300	0,21	0,12	92
Lillån	1	1	200	1,64	0,11	79

2.4.2 Retention av kväve och fosfor i vattendraget

Retentionsberäkningarna innebar att det hela tiden skedde en nettoretention och alltså t ex ingen resuspension av näringsämnen i samband med höglöden. Inte heller antogs vattendragets stränder eller botten bidra med några större mängder fosfor eller kväve till åns vatten under någon period. Retentionen i Lillån modellerades av IVL (2003) för åren 1997-2001. Deras resultat ligger till grund för den beräkning av den absoluta skillnaden i retention vid påverkan av små våtmarker som görs i det här arbetet. Retentionen i Lillån antogs minska med samma andel som halten kväve och fosfor minskade i vattnet i de små våtmarkerna. Hållförändringen av kväve framgår av beräkningen av avskiljningen i de små våtmarkerna. För att få hållförändringen av fosfor, beräknades hur avskiljningen ($28,3\ kg\ ha^{-1}\ år^{-1}$) i våtmarkerna skulle påverka koncentrationen fosfor i utloppen av de små våtmarkerna. Årstransporterna 1997-2001 från område C6 varierade mellan 497 och 1841 kg, och var i medeltal 1311 kg. Områdets storlek är fastställt till 3290 ha. För att anpassa transporten till storleken på avrinningsområdet till en av de små våtmarkerna, multiplicerades transporten med kvoten av arealerna ($200/3290$). Transporten blev då för det 200 ha stora avrinningsområdet $79,7\ kg\ år^{-1}$. Andelen som avskiljs i våtmarken kunde då beräknas med avskild mängd, $28,3\ kg\ år^{-1}$ dividerat med transporten, $79,7\ kg\ år^{-1}$. Andelen visade sig vara 35,5 %. Retentionen av fosfor i vattendraget antogs minska med samma andel varje månad.

2.5 Scenarion och tillvägagångssätt

2.5.1 Studie 1: 1988-92

I studie 1 beräknas kväveavskiljningen i en stor våtmark med tre alternativa placeringar med data från JRK i Lillån 1988-92. Ytproportionella flödesdata från Gränvad och temperaturdata från Målhammar från samma tidsperiod används. Våtmarken är tänkt att täcka 0,5 % av avrinningsområdet, varför våtmarken får olika storlek i de tre alternativa placeringarna.

2.5.2 Studie 2: 1997-2001

För att belysa skillnaden mellan att anlägga flera mindre våtmarker och att anlägga en stor våtmark beräknades kväve- och fosforeringen i två olika scenarion. I det första scenariot har en stor våtmark anlagts och i det andra scenariot har många små våtmarker anlagts. Dessa båda ställs mot bakgrundssituationen att det inte finns några anlagda våtmarker i området. De båda scenariona utvärderas i sin tur för vart och ett av de tre avrinningsområdena. Samma näringsämneskoncentration antogs nå de båda typerna av våtmarker.

2.5.2.1 Bakgrundssituation

I dagsläget finns inga anlagda våtmarker i Lillåns avrinningsområde. Reningen utgörs av den sedan tidigare modellerade retentionen i Lillåns huvudfåra (IVL, 2003).

2.5.2.2 Scenarion

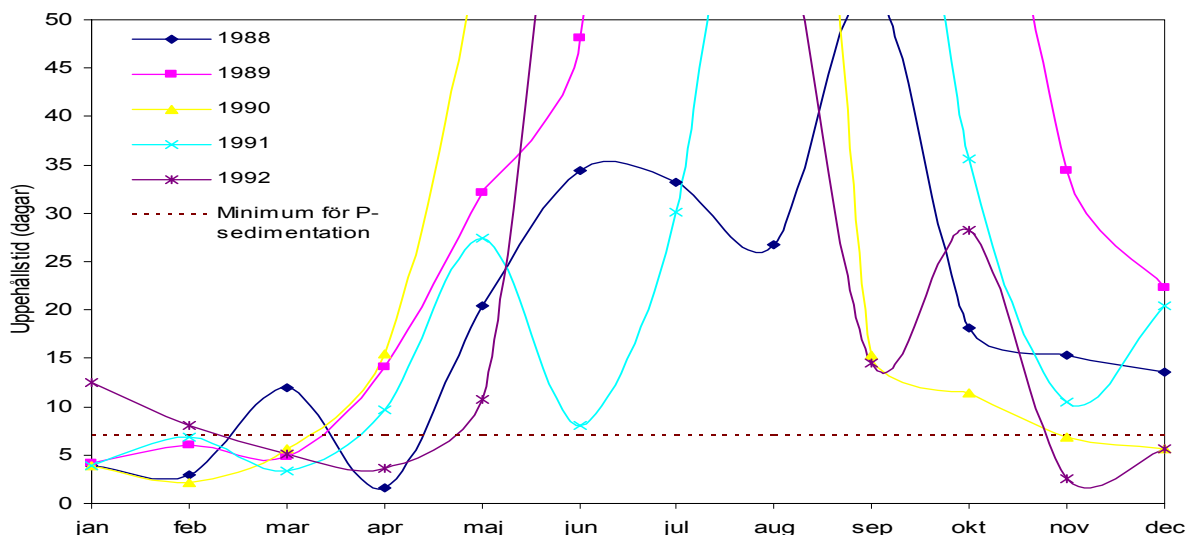
I scenario 1 placerades en stor våtmark motsvarande 0,5 % av avrinningsområdet i utloppet av detsamma. Reningen utgjordes av avskiljningen i våtmarken och av retentionen i vattendraget uppströms våtmarken i Lillåns huvudfåra. Avskiljningen beräknades med kvävehalter från område C6 och med motsvarande flöde som i Gränvad (1997-2001).

I scenario 2 placerades små våtmarker (1 ha stora) vid utloppen av mindre tillflöden till Lillån och utgjorde tillsammans 0,5 % av hela avrinningsområdet. Reningen beräknades som summan av avskiljningen i våtmarkerna och retentionen i Lillåns huvudfåra, som antogs ta emot ett renare vatten tack vare de små våtmarkerna. Avskiljningen beräknades med kvävehalter och flödesdata från område C6. Det antogs att retentionen minskade på grund av de lägre halterna av kväve- och fosfor i vattnet från våtmarkerna. Storleken på minskningen antogs vara proportionell mot minskningen av halten kväve och fosfor i vattnet som passerar våtmarkerna. Haltförändringen är olika varje månad och det antas retentionen också vara.

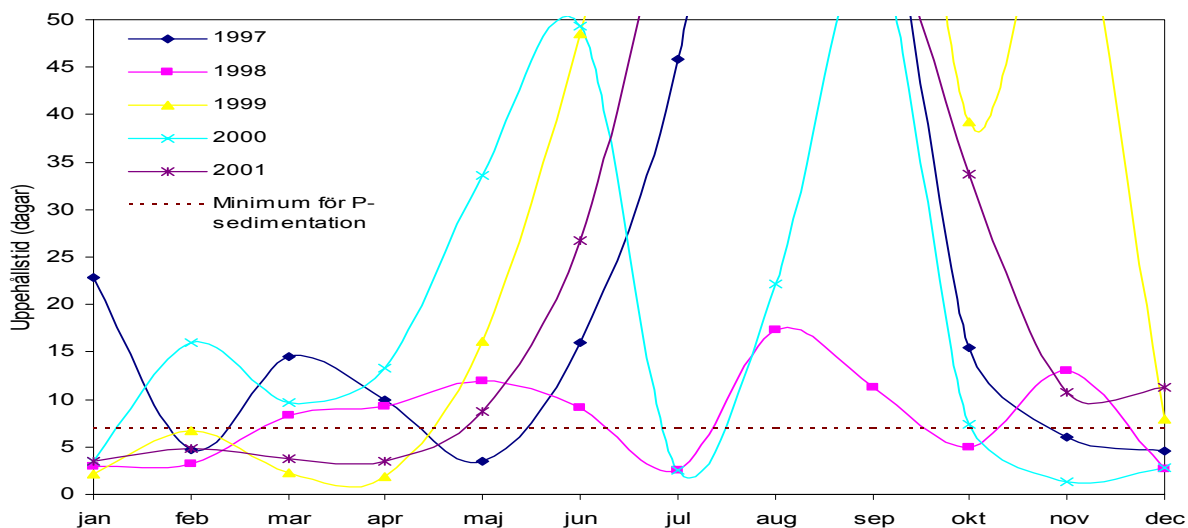
3. Resultat och diskussion

3.1 Uppehållstider

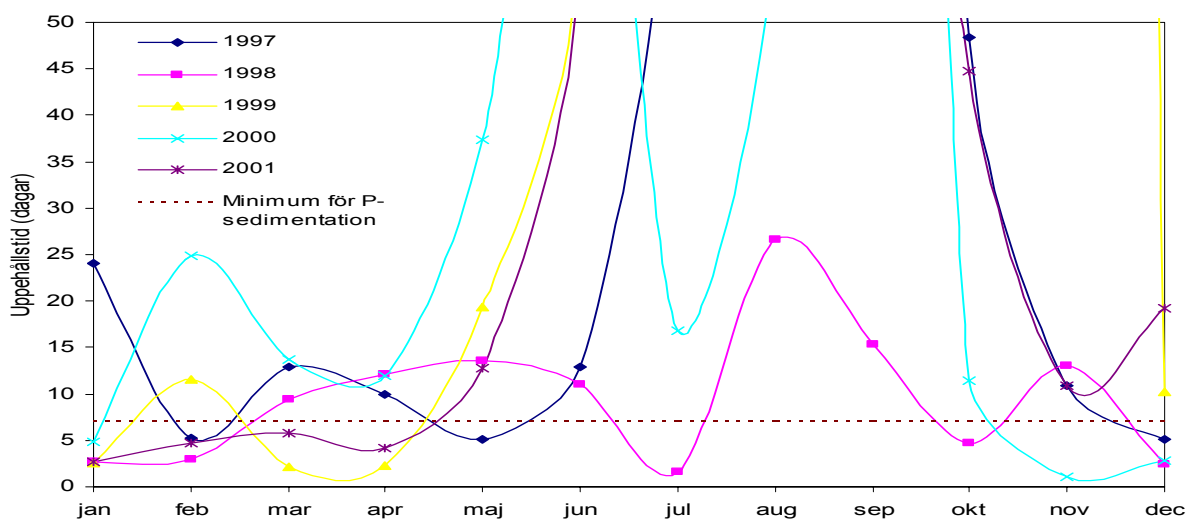
Vattnets teoretiska uppehållstid i våtmarkerna varierade mycket under året. Vintertid och framförallt om våren kan flödena bli stora och det märktes på de betydligt kortare uppehållstiderna, vanligen ett par dagar till ett par veckor. Inget månadsmedelvärde på uppehållstiden var dock kortare än en dag. Sommartid var avrinningen och därmed flödena mycket mindre vilket ledde till mycket långa uppehållstider för vattnet i våtmarkerna (Figur 2, 3 och 9). Bara undantagsvis hände det att uppehållstiden även under sommaren beräknades vara kortare än en vecka (Figur 13 och 14). I studie 1 var medeluppehållstiden 36 dagar (Figur 12). I studie 2 skiljde resultaten mycket mellan de små våtmarkerna och de stora. Medeluppehållstiden var 25 dagar i scenario 1 (Figur 13) och 135 dagar i scenario 2 (Figur 14). Det mycket höga värdet på medeluppehållstiden i scenario 2 berodde på ett fåtal mycket höga månadsvärden. Ser man istället till medianvärdena var skillnaden inte så stor; 11 dagar i de stora och 13 i de små våtmarkerna.



Figur 12. Uppehållstider varje månad i studie 1. Större lerpartiklar behöver minst sju dagar för att sedimentera (Ulén, muntl. 2006). Det ger en fingervisning om hur stor uppehållstiden minst behöver vara för retention av partikelbunden fosfor och finns inlagd som en horisontell linje.



Figur 13. Uppehållstider varje månad 1997-2001 i studie 2, scenario 1. Den streckade linjen avser en veckas uppehållstid.



Figur 14. Uppehållstider varje månad i studie 2, scenario 2. Den streckade linjen avser en veckas uppehållstid. Under sommaren översteg uppehållstiden 50 dygn.

3.2 Transport av näringsämnen

3.2.1 Studie 1

Årstransporten i studie 1 beräknades vara 119 ton kväve och 7,7 ton fosfor i medeltal. Det får dock ses som en ganska grov uppskattning eftersom kemidata från Lillån innehöll många luckor.

3.2.2 Studie 2

Årstransporten till de 96 ha våtmarkerna i scenario 1 var i genomsnitt 151 ton kväve och 7,6 ton fosfor. Till den 96 ha stora våtmarken i scenario 2 var den 164 ton kväve och 8,1 ton fosfor. Med Watchmanmodellen beräknades bidraget av kväve och fosfor från Lillåns avrinningsområde till Sagån vara cirka 166 respektive 7,8 ton i genomsnitt år 1997-2001 (IVL, 2003).

Att siffrorna skiljer sig åt beror på att de är beräknade utifrån olika närsaltskoncentrationer och flödesdata. Däremot var närsaltstransporterna till de stora och de små våtmarkerna likartade. Näringsämnestransporten utgör en grundförutsättning för att resultaten från scenario 1 och 2 ska kunna jämföras med varandra och det är rimligt att jämföra dem eftersom de ligger så pass nära varandra i storlek.

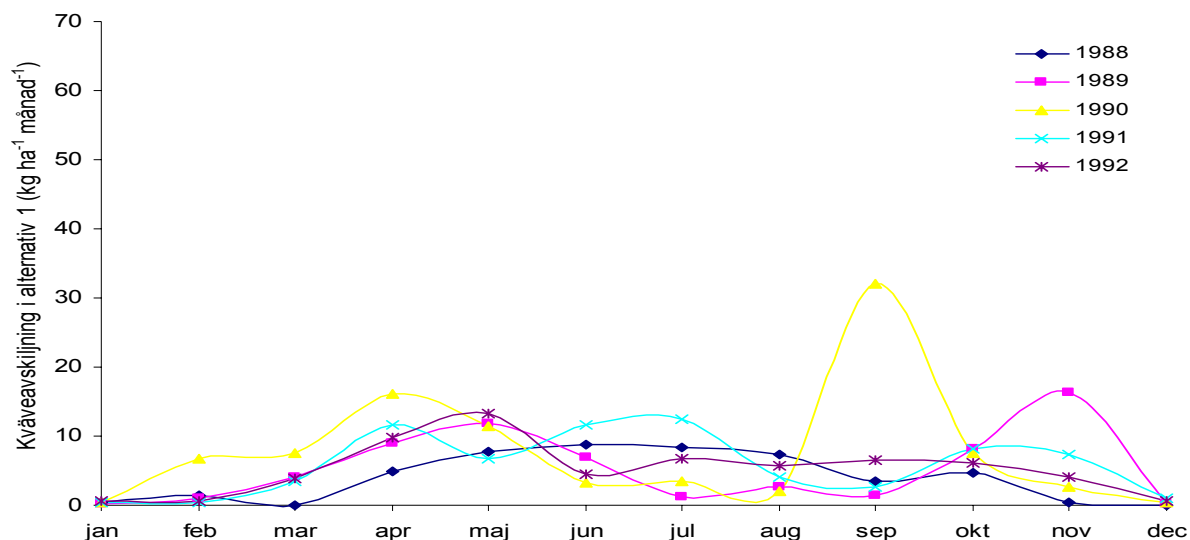
3.3 Kväveavskiljning

3.3.1 Kväveavskiljningen i studie 1

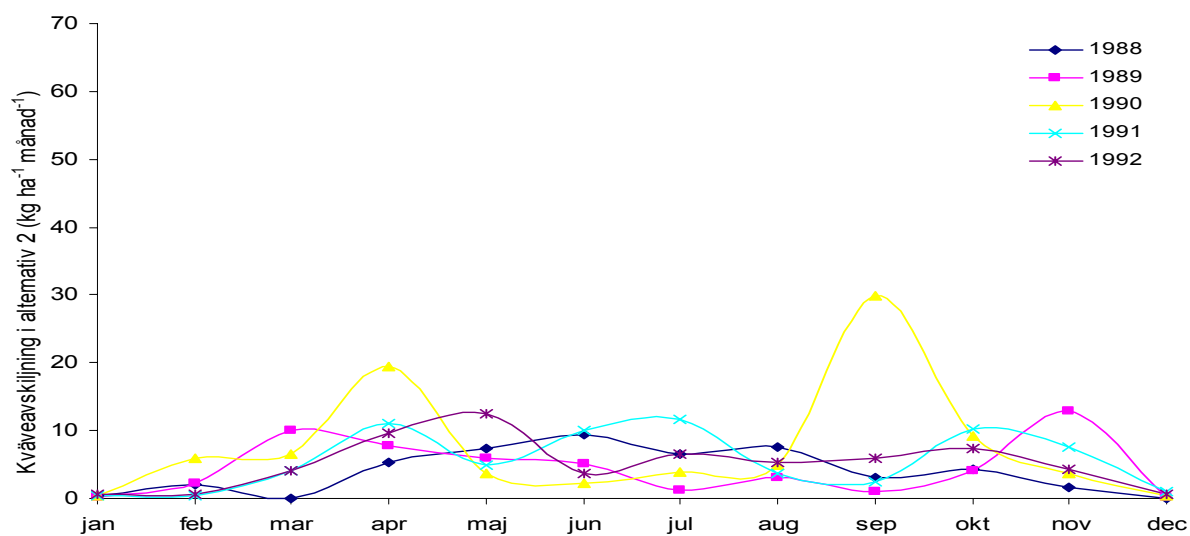
Den ytspecifika avskiljningen, som beräknades enligt Arheimer och Wittgren (2002), visade sig vara olika stor i de tre våtmarksalternativen, men mest skiljde det sig mellan åren (Tabell 3). Under vinterperioden december till februari var beräknad avskiljning låg. Under våren/försommaren april-juni håller sig avskiljningen alltid över en viss nivå, det vill säga den var aldrig så låg som den kan vara närhelst under resten av året. Notera att den största avskiljningen under ett och samma år beräknades kunna ske under olika månader i de tre olika våtmarkerna. Speciellt under hösten kunde mönstret för avskiljningen variera mellan åren (Figur 15-17), vilket beror på att flödesmönstren varierade mycket under denna period. Hösten 1989 inträffade den största avskiljningen under året i november. Den största avskiljningen i alla tre våtmarksalternativen beräknades ske år 1990: i september nådde den över 60 kg ha⁻¹ i våtmark 3 (Figur 17). 1988 var avskiljningen som minst och 1990 var den som störst i alla tre våtmarksalternativen (Figur 15-17). Den specifika avskiljningen var enligt beräkningarna i hög grad styrd av belastningen (Tabell 3) och därmed avrinningen.

Tabell 3. Total och arealspecifik avskiljning i de tre våtmarksalternativen år 1988-92. Redovisade siffror är årsvärden avrundade till närmaste hundratal.

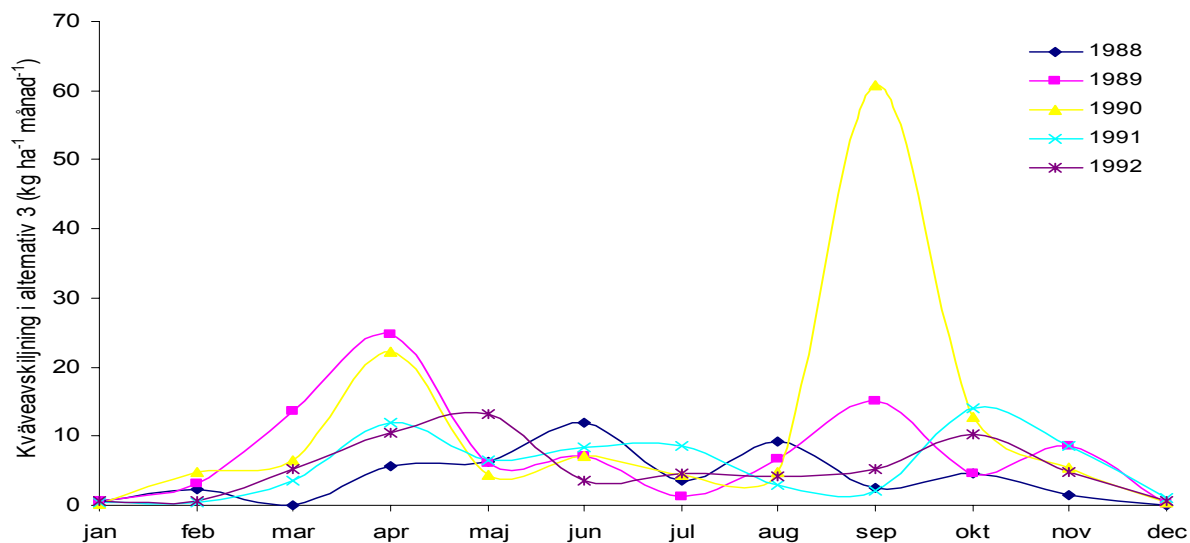
1988-92	Våtmark 1 36 ha		Våtmark 2 69 ha		Våtmark 3 96 ha	
	(kg år ⁻¹)	(kg ha ⁻¹ år ⁻¹)	(kg år ⁻¹)	(kg ha ⁻¹ år ⁻¹)	(kg år ⁻¹)	(kg ha ⁻¹ år ⁻¹)
Kväve	2400	67	4500	64	7800	81
Min	1700	47	3300	48	4600	48
Max	3400	94	6300	91	12900	134



Figur 15. Arealsspecifik kväveavskiljning varje månad i våtmarksalternativ 1 (36 ha stor).



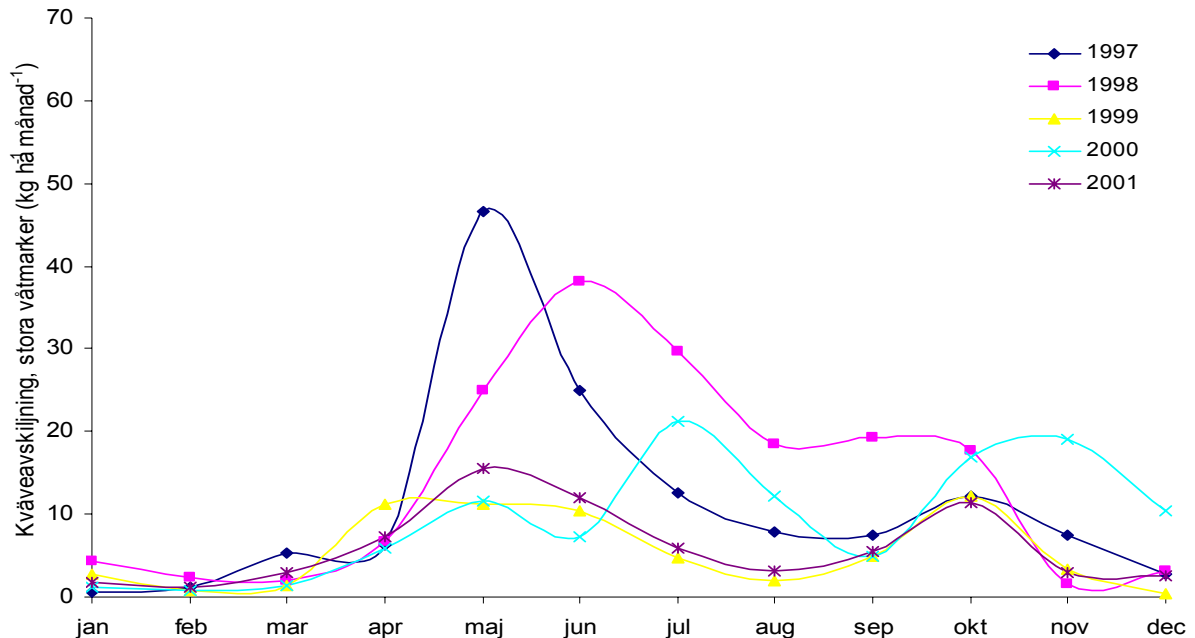
Figur 16. Arealsspecifik kväveavskiljning varje månad i våtmarksalternativ 2 (69 ha stor).



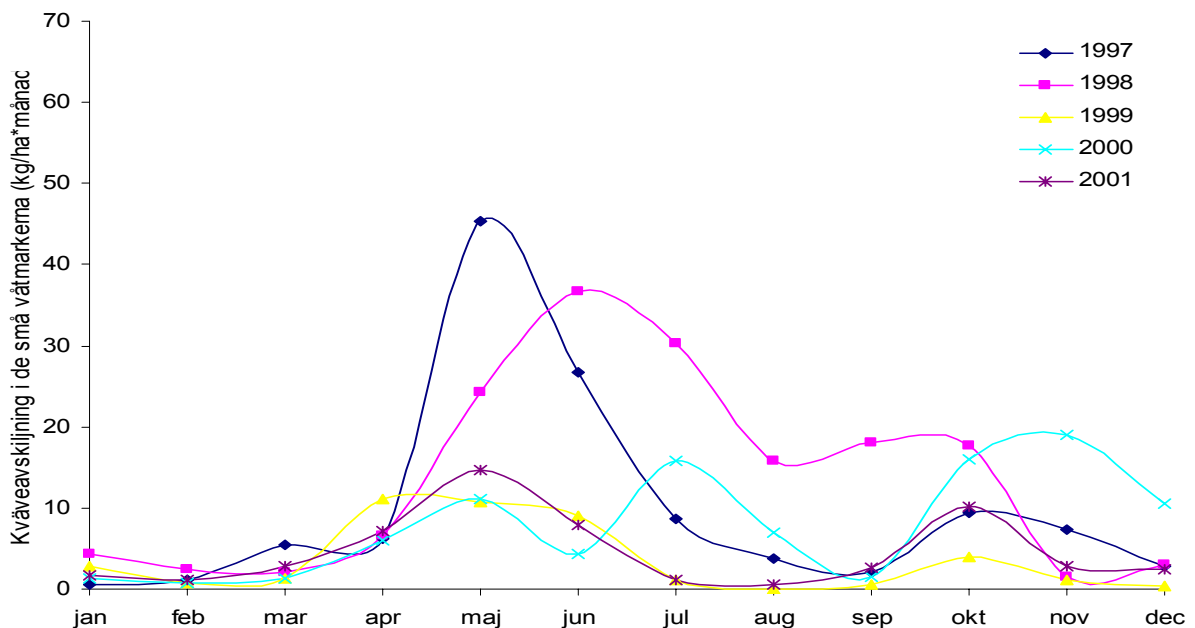
Figur 17. Arealsspecifik kväveavskiljning varje månad i våtmarksalternativ 3 (96 ha stor).

3.3.2 Kväveavskiljningen i studie 2

Kväveavskiljningen i studie 2 liknar den i studie 1 (Figur 15-17), med skillnaden att de största variationerna ses under maj och juni. Avskiljningen avtog under sommaren och hade en kort uppgång under hösten igen då höstfloden kom (Figur 18, 19).



Figur 18. Ytspecifik kväveavskiljning i de tre stora våtmarksalternativen scenario 1.



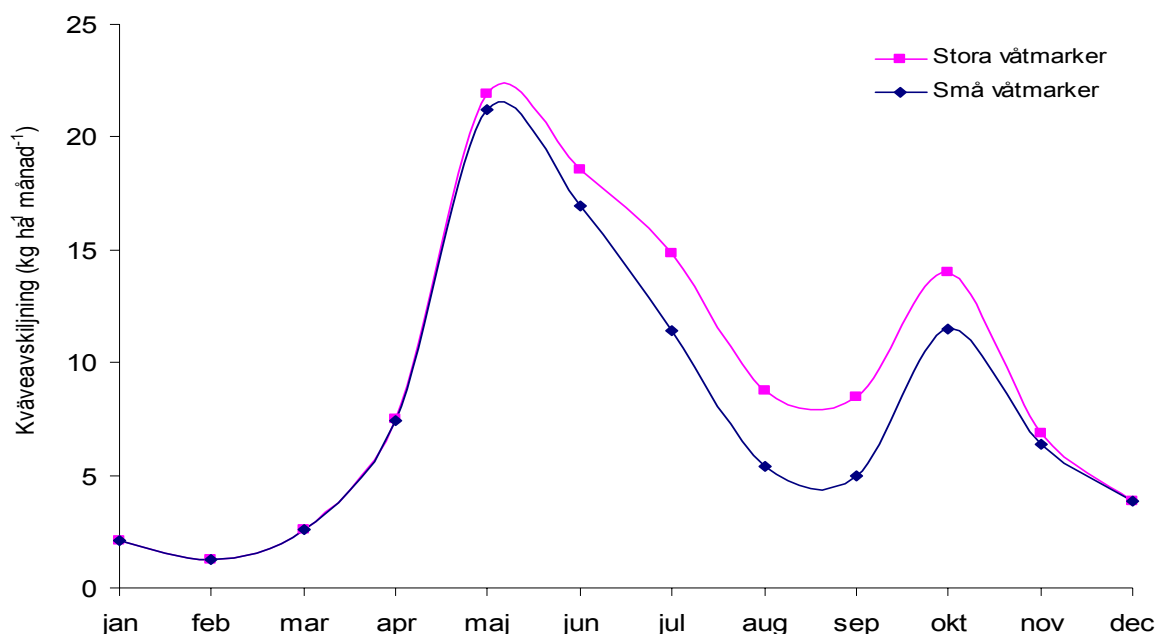
Figur 19. Areal specifik avskiljning av kväve varje månad 1997-2001 i våtmarkerna i scenario 2 beräknad enligt Arheimer och Wittgren (2000).

Eftersom avskiljningen i våtmarkerna i scenario 1 i samtliga fall beräknades med flödesdata från Gränvad och kvävehalter från typområde C6 från år 1997-2001, resulterade detta i samma specifika avskiljning för alla tre alternativen (Figur 18). Avskiljningen under de fem åren var i snitt $111 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$. Lägst resultat beräknades år 1999 med $65 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ och

högst år 1998 med $168 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$. Den totala avskiljningen för varje våtmarksalternativ redovisas i avsnitt 3.6.

I scenario 2 undersöktes hur små våtmarker skulle fungera i Lillåns avrinningsområde. För fyra av de fem åren var avskiljningen som störst i april, maj eller juni. För samma fyra år minskade avskiljningen mellan juni och augusti och var fortsatt låg under september (Figur 18). Årsmedelvärdet för avskiljningen i de små våtmarkerna var $95 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$. Årsavskiljningen varierade mycket, mellan 43 kg och $163 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$. Under hela perioden varierade månadsavskiljningen mellan $0,1$ och $45,4 \text{ kg ha}^{-1}$.

Det flödar alltid vatten i huvudfåran, till skillnad mot i tillflödena, som tidvis, företrädesvis under sommaren, torkar upp. Denna skillnad är viktig då man jämför reningseffekten i våtmarker med skilda flödesregimer eftersom det betyder att våtmarker i små tillflöden inte belastas vissa perioder och därför då inte avskiljer någon näring. Avskiljningen i de tänkta våtmarkerna varierade på ungefär samma sätt i de små och i de stora våtmarkerna, med skillnaden att den i genomsnitt var något högre i de stora under den torrare perioden (Figur 20). Den undre kvartilen av månadsvärdena är $1,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ månad}^{-1}$ för de små våtmarkerna och $2,7$ för de stora. Avskiljningen i de små våtmarkerna kunde sjunka drastiskt under juli, augusti och september månad (Figur 19). I de stora våtmarkerna nådde avskiljningsnivån aldrig lika lågt (Figur 18). Det beror på att avrinningen var mer stabil från ett större avrinningsområde och risken för uttorkning därmed var mindre.



Figur 20. Arealspecifik avskiljning av kväve i scenario 1 och 2 som medelvärden 1997-2001. Under lite mer än hälften av året var avskiljningen större i den stora våtmarken och under resterande tid var den lika stor i båda scenarierna.

3.4 Fosforavskiljning

Den specifika fosforavskiljningen antogs vara densamma ($28,3 \text{ kg ha}^{-1}$) i de stora och i de små våtmarkerna och motsvarar i absoluta och avrundade tal i de tre avrinningsområdena 1000, 2000 respektive 2700 kg år^{-1} .

Kriteriet med minst sju dagars uppehållstid uppfylls för både de stora våtmarkerna i studie 1 och för de små våtmarkerna i scenario 2 under i genomsnitt sju månader av året. I studie 2, scenario 1 var uppehållstiden längre än sju dagar under i genomsnitt åtta månader. I scenarierna har avskiljningen på $28,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ fördelats jämnt över årets 12 månader.

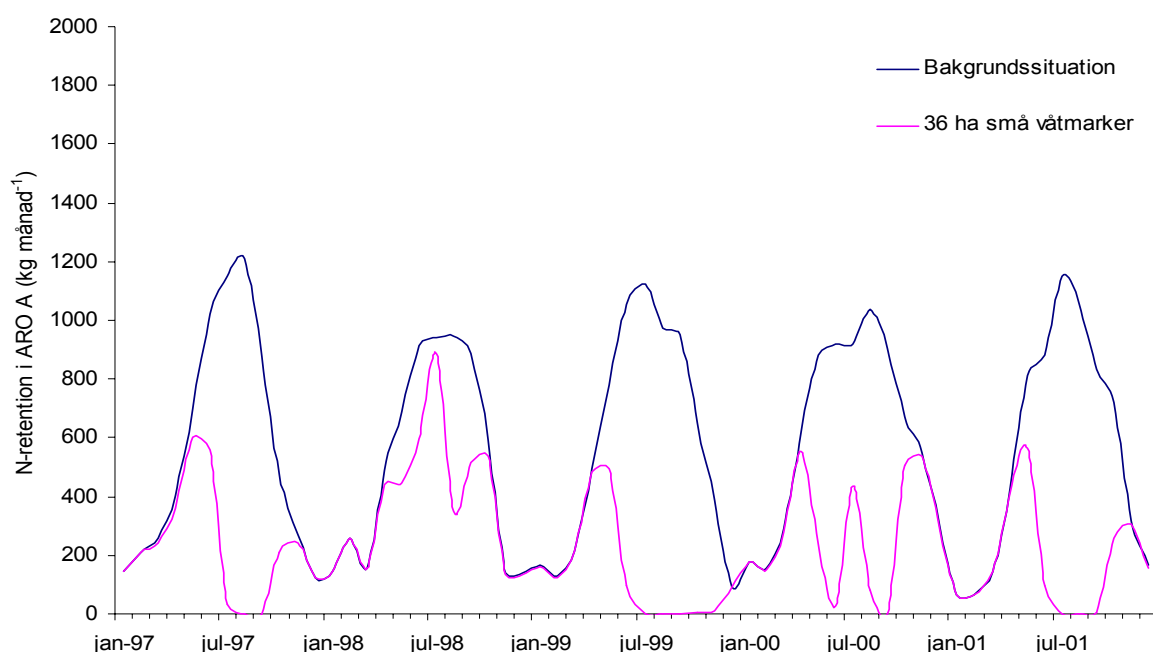
Vid en jämförelse med resultaten från våtmarken i Södra Stene, Södertälje, kan den antagna fosforavskiljningen verka överdrivet stor. Södra Stene-våtmarken är dock mycket lägre belastad ($3,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$) än de tänkta våtmarkerna i Lillån ($79 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$). Våtmarkernas förutsättningar för fosforrening är alltså olika och trots att de båda är placerade i Mellansverige är resultaten därför svåra att jämföra.

3.5 Retentionen i vattendraget

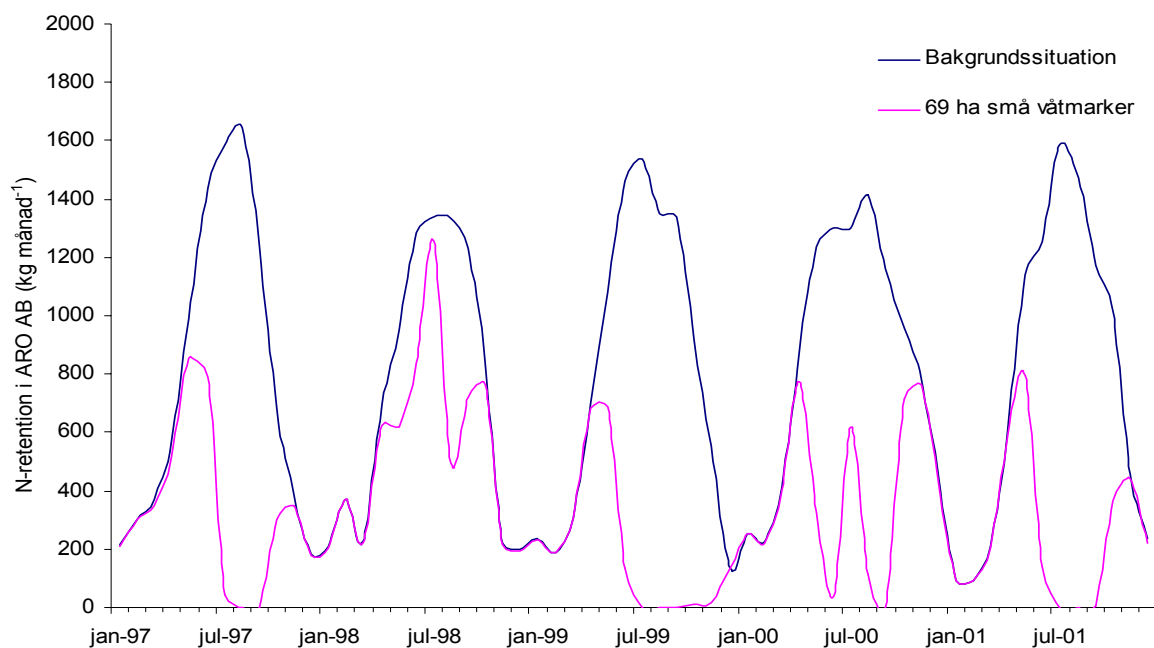
I studie 2 togs det hänsyn till retentionen i Lillåns huvudfåra som antogs bli påverkad av var våtmarkerna placerades. Retentionen antogs vara något mindre när små våtmarker anlades i anslutning till Lillåns tillflöden än om en stor våtmark förlades till utloppet av respektive avrinningsområde.

3.5.1 Kväveretention

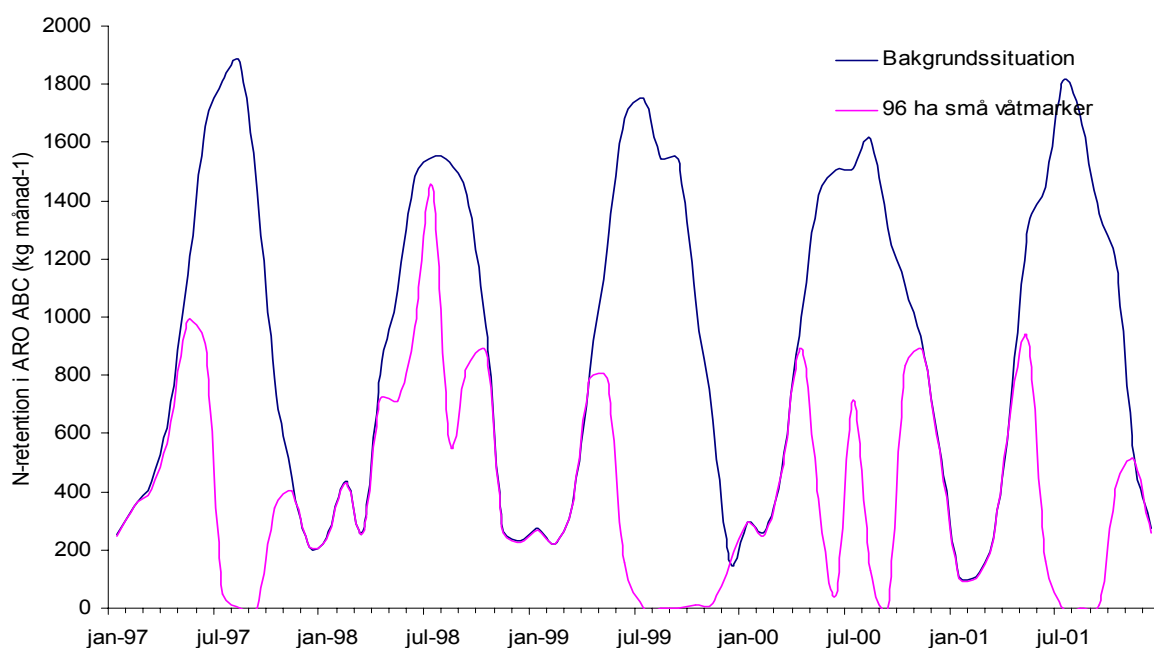
Vintertid följde den beräknade retentionen belastningen. Sommartid påverkades retentionen av den effektiva reningen i våtmarkerna. Eftersom kvävekoncentrationen var låg resulterade det i en mycket låg eller obefintlig retention. Retentionsskillnaden mellan bakgrunds-situationen och situationen med anlagda våtmarker speglade storleken på andelen avskiljt kväve (Figur 21-23).



Figur 21. Retention i huvudfåran i avrinningsområde A, med och utan anlagda små våtmarker genom vilka vattnet rinner ut i huvudfåran.



Figur 22. Retention i huvudfåran i avrinningsområde AB, med och utan anlagda små våtmarker genom vilka vattnet rinner ut i huvudfåran.



Figur 23. Retention i huvudfåran i avrinningsområde ABC, med och utan anlagda små våtmarker genom vilka vattnet rinner ut i huvudfåran.

3.5.2 Fosforretention

Fosforretentionen antogs vara 35,5 % lägre i scenario 1 än i scenario 2, vilket i absoluta tal innebär en skillnad på runt 100 kg i vart och ett av de tre avrinningsområden (Tabell 4-6).

3.6 Scenarion

Resultaten från studie 2 har integrerats i två olika scenarion. I scenario 1 utgjordes den totala reningen av avskiljningen i de små våtmarkerna och den reducerade retentionen i vattendraget nedströms dessa. I scenario 2 utgjorde den totala reningen av avskiljningen i den stora våtmarken och av retentionen i vattendraget uppströms denna.

Tabell 4. Reningsresultat för avrinningsområde (Aro) A, scenario 1 och 2. Årsvärden avrundade till närmaste hundratal.

Aro A		Scenario 1: Stor våtmark			Scenario 2: Små våtmarker		
		Avskiljning kg år ⁻¹	Retention kg år ⁻¹	Summa kg år ⁻¹	Avskiljning kg år ⁻¹	Retention kg år ⁻¹	Summa kg år ⁻¹
Kväve	medel	4000	6800	10800	3400	2900	6300
	min.	2400	6300	8600	1500	1700	3200
	max.	6000	7400	13500	5900	4600	10500
Fosfor	medel	1000	200	1200	1000	100	1100
	min.		100			100	
	max.		200			100	

Retentionen i scenario 1 motsvarades av bakgrundssituationen (Tabell 4-6). I avrinningsområde A innebar bakgrundssituationen en större rening av kväve än scenario 2 med de anlagda små våtmarkerna. Retentionen i vattendraget beräknades alltså vara större än avskiljningen i de små våtmarkerna. Förutsatt att kvävereningen i våtmarkerna minskar i takt med kvävehalten i det inkommande vattnet verkar flera små våtmarker vara ett sämre alternativ för Sagån än en stor. En god reduktion i Lillån kan dock vara av intresse för vattendraget självt.

Tabell 5. Reningsresultat för avrinningsområde AB, scenario 1 och 2. Årsvärden avrundade till närmaste hundratal.

Aro AB		Scenario 1: Stor våtmark			Scenario 2: Små våtmarker		
		Avskiljning kg år ⁻¹	Retention kg år ⁻¹	Summa kg år ⁻¹	Avskiljning kg år ⁻¹	Retention kg år ⁻¹	Summa kg år ⁻¹
Kväve	medel	7700	9600	17300	6600	4100	10600
	min.	4500	8900	13400	3000	2400	5400
	max.	11700	10400	22000	11200	6500	17800
Fosfor	medel	2000	300	2300	2000	200	2200
	min.		300			200	
	max.		400			200	

Tabell 6. Reningsresultat för avrinningsområde ABC, scenario 1 och 2. Årsvärden avrundade till närmaste hundratal.

Aro ABC		Scenario 1: Stor våtmark			Scenario 2: Små våtmarker		
		Avskiljning kg år ⁻¹	Retention kg år ⁻¹	Summa kg år ⁻¹	Avskiljning kg år ⁻¹	Retention kg år ⁻¹	Summa kg år ⁻¹
Kväve	medel	10600	11100	21700	9100	4700	13800
	min.	6300	10300	16500	4100	2800	6900
	max.	16200	11900	28100	15600	7600	23200
Fosfor	medel	2700	400	3100	2700	300	3000
	min.		300			200	
	max.		500			300	

Tabellerna 4-6 visar att anläggning i avrinningsområde A, AB eller ABC gav olika stor rening. Det beror på att våtmarkerna upptar olika stora arealer. I resultaten från de stora våtmarkerna 1988-92 (Tabell 3) kan man se att även den arealspecifika avskiljningen kunde skilja sig och ge effekt på den totala reningen.

För kvävet del beräknades skillnaden vara stor mellan att placera flera små våtmarker i tillflödena till Lillån och att placera en stor våtmark i huvudfåran. Skillnaden beror på att retentionen av kväve i själva vattendraget var betydande (Figur 7). Detta måste antas som rimligt eftersom vattendraget under stora delar av året, med sitt långsamma flöde och sin kraftiga vegetation, kan liknas vid en våtmark med möjlighet till denitrifikation och växtupptag. För den totala kvävereningen fick retentionen i vattendraget stor betydelse.

Lillåns kväve- och fosforbelastning på Sagån har i medeltal varit 166 respektive 7,8 ton. Av dessa skulle nära 22 ton kväve och 3 ton fosfor kunna renas (Tabell 6; scenario 1), vilket i relativa tal motsvarar 13 % av kvävebelastningen och 40 % av fosforbelastningen. Med små våtmarker (Tabell 6; scenario 2) skulle reningen istället motsvara 8 % av kvävebelastningen och 38 % av fosforbelastningen.

Vid en jämförelse av de tre alternativen i scenario 2 ska tas i beaktande att retentionen nedströms våtmarkerna inte är inräknad och att det därför inte går att säga vilken den slutliga påverkan på Sagån blir. Retentionen av kväve i vattendraget är oftast större än avskiljningen i den stora våtmarken (Tabell 4-6), varför resonemanget i allra högsta grad gäller kväve. För fosfor är det annorlunda eftersom retentionen bara utgör en liten del av den totala reningen.

Av den fosforrening som sker är det bara en mindre del som har beräknats utgöras av retentionen i vattendraget, varför skillnaden mellan scenario 1 och 2 inte blir så stor. Fosforretentionen i vattendrag styrs till stor del av flödes hastighet och vattendjup. Då kan det vara missvisande att anta att retentionen i vattendraget är jämnt fördelad under året. I verkligheten kan fosfortransporten i ån påverkas av omväxlande retention och resuspension. Kunskapen om detta är dock så dålig att man här har varit hänvisad till en förenklad beräkning. Samma reningsprocesser som sker i våtmarker sker också i vattendrag. Den långvariga fastläggningen i sediment hämmas av perioder av höglöden (Reddy et al, 1999).

För avskiljningen av PP finns en Av/Aa-kvot som är mest kostnadseffektiv (Braskerud et al, 2005). Det beror på att den relativa avskiljningen ökar med ökande kvot, medan den specifika avskiljningen minskar vid ett visst värde på kvoten. Ingen exakt siffra kan ännu anges av författarna till studien, men de rekommenderar ändå att Av/Aa-kvoten bör ligga mellan 0,1 och 2 % i de fall då man vill avskilja PP från diffusa källor. De tänkta våtmarkerna i Lillån utgjorde 0,5 % av avrinningsområdet. Minimumkvoten ligger troligtvis högre för DRP än för PP. De 17 undersökta våtmarkerna renade totalfosfor med 1-88 %. Den stora skillnaden säger något om variationen i reningsresultat mellan olika våtmarker och därmed svårigheten att förutsäga hur mycket en planerad våtmark kommer att rena. Våtmarker fungerar normalt som en fälla för fosfor. Både kortvariga (immobilisering av växter och mikroorganismer) och långvariga (fastläggning i sediment och organiskt material) processer bidrar till detta (Reddy et al, 1999). Under höglödesperioder kan det dock finnas risk för ett tillskott med resuspenderat material (Gelbrecht et al, 2005). Likaså kan sedimenten bidra med fosfor sommartid (Tonderski et al, 2005). När våtmarkerna åldras kan man därför behöva föra bort sediment och eventuellt också skörda en del vegetation som ackumulerat fosfor i våtmarkerna.

Designen av våtmarken är väldigt viktig för näringsämnesreduktionen. Lång uppehållstid, hög vegetationstäthet och -diversitet, anpassad växtskörd och låg flödesvariation är faktorer som påverkas av utformningen och som i allmänhet leder till hög avskiljning av näringsämnen (Tonderski et al, 2002). Upptag av växter balanseras till största delen av att samma mängd avges när växten vissnar och det är bara i system där det sker en nettoackumulering av detritus som växterna bidrar till en permanent fastläggning av fosfor (Reddy et al, 1999).

Gelbrecht et al (2005) undersökte en jordbrukså i Tyskland och såg att sedimentation av partiklar var som störst under sommaren då lågflöde dominerade, medan resuspension av partiklar skedde under perioder med mycket nederbörd och högt flöde. I samma undersökning visade man att effekten av resuspensionen kan mildras med konstruktioner av dödved och fördjupningar med makrofyter, med andra ord konstruktioner som syftar till att hejda hastigheten och sprida vattnets flöde. Andra menar till och med att resuspension av sediment med tiden blir negligerbart med ökande växtlighet i våtmarken (Braskerud, 2001). En fältstudie gjordes i Lillåns avrinningsområde för att översiktligt kunna bedöma var våtmarker skulle kunna anläggas i praktiken. Lillåns avrinningsområde visade sig vara förhållandevis flackt med undantag för en viss lutning ner mot huvudfåran. Marken är en lerjord vilket gör den dyr att gräva i, samtidigt som lerans låga konduktivitet är positiv då den tätar och håller kvar vattnet i våtmarken. Vid tillfället för fältstudien var snösmältningen kraftig och det var lätt att se vilka områden som under perioder riskerar att stå under vatten. Ett sådant område är före detta Bocksjön, strax nordväst om Tortuna. Här gör en invallning och en vattenpump att marken normalt hålls torrlagd. Ett fåtal vattenprover togs (se Bilaga) som visade på en låg totalkvävehalt men en hög totalfosforhalt med en hög andel fosfat. Avskiljningen av fosfatfosfor är mer beroende av storleken på våtmarken i förhållande till dess avrinningsområde (Braskerud et al, 2005). Om det allmänt är så att det transporteras mycket fosfat under vårfloden måste antagligen större andel än 0,5 % av avrinningsområdet avsättas till våtmarksanläggning för att man ska få en bra effekt.

Lillån ska prioriteras för våtmarksanläggning eftersom området är fattigt på våtmarker och markanvändningen i kombination med jordarten gör att flödestoppar medför stora transporter av suspenderat material som påverkar miljön både i själva ån och i recipienten. Med små väl-designade och skötta våtmarker placerade så att de tar emot vatten från täckdiken skulle en större andel växtnäringsämnen kunna hållas kvar nära fälten och vatten av bättre kvalitet skulle nå Lillån. Med en satsning på våtmarker i Lillån enligt vad som föreslås i den här rapporten skulle det regionala målet på 200 ha anlagda våtmarker i Västmanland till år 2010 till nära hälften kunna uppnås.

4. Sammanfattning

Anläggning av våtmarker i odlingslandskapet kan vara ett sätt att reducera närsaltstransporten till våra sjöar och hav. Den här uppsatsen syftar till att uppskatta hur stor denna reduktion skulle bli och vilken effekt placeringen av våtmarkerna skulle få.

De flesta studierna av näringsretention i våtmarker har gjorts i södra Sverige. Både näringsnivåerna och den hydrologiska regimen är annorlunda i Västmanland än i södra Sverige vilket man måste ha med i bedömningen om resultaten som här är baserade på erfarenheter från sydliga våtmarker. Den specifika avskiljningen av kväve var enligt beräkningarna i hög grad styrd av belastningen och därmed avrinningen. Stora skillnader i reningseffekter sågs mellan olika år, vilket till stor del beror på att avrinningen varierar. Avrinnande vatten för med sig näringsämnen och den varierande näringsämnesbelastningen leder till en varierande avskiljning.

Avskiljningen i de tänkta våtmarkerna varierade på ungefär samma sätt i de små och i de stora våtmarkerna, med skillnaden att den i genomsnitt var något högre i de stora under den torrare perioden. I medeltal var avskiljningen $95 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ i de små våtmarkerna och $111 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ i de stora.

För att få en mer heltäckande bild av näringstransporterna togs retentionen i själva vattendraget med i beräkningarna. Retentionen i vattendraget antogs minska när små våtmarker placerades i odlingslandskapet, eftersom vattnet som då nådde vattendraget till viss del hade renats i våtmarkerna och därför hade lägre närsaltshalter. Antagandet fick olika stort utslag på kväve och på fosfor beroende på att de sedan tidigare hade beräknats reduceras till olika stor del i själva vattendraget. Kväveavskiljningen var enligt resultaten mycket beroende av både fördelning och placering av våtmarken i avrinningsområdet. Med en stor våtmark skulle reningen bli 13 % av den totala belastningen och med små våtmarker bara 8 %. För fosforreningen spelar våtmarkernas fördelning och placering inte lika stor roll; med en stor våtmark beräknades reningen till 40 % och med flera små till 38 %.

Med en satsning på våtmarker i Lillån enligt vad som föreslås i den här rapporten skulle det regionala målet på 200 ha anlagda våtmarker i Västmanland till år 2010 till nära hälften kunna uppnås.

5. Referenser

5.1 Data

Jordbrukets recipientkontroll (JRK) i Lillån 1988-92. Tillhandahållet av Erik Törnblom, Länsstyrelsen Västmanland.

Naturvårdsverkets databas för Typområden på jordbruksmark. Data från typområdet C6 i Uppsala län. Utlämnat 2006-04-03 av Katarina Kyllmar, SLU, Avdelningen för vattenvårds-lära.

Modell och databas Watchman, Sagån. Version 1.0.0. 2003. IVL Svenska Miljöinstitutet AB.

Målhammar, Sagån, vattentemperatur. SLU:s och Institutionen för miljöanalys hemsida [http://info1.ma.slu.se/ma/www_ma.acgi\\$Station?ID=Intro&S=129](http://info1.ma.slu.se/ma/www_ma.acgi$Station?ID=Intro&S=129) 2006-09-08

SMHI-stationen Gränvad (2217). Flödesdata från 1988-92 och 1997-2001. Tillhandahållet av Susanna Vesterberg, Länsstyrelsen Västmanland.

5.2 Litteratur

Brandt, M & Ejhed, H. 2003 *Transport, retention och källfördelning – belastningen på haven*. Naturvårdsverkets rapport 5247, Stockholm.

Braskerud, B.C. 2001. *Sedimentation in small constructed wetlands. Retention of particles, phosphorus and nitrogen in streams from arable watercheds*. Doctor Scientiarum Theses 2001:10, Agricultural university of Norway, Ås, Norway.

Braskerud, B.C., Tonderski, K.S., Wedding, B., Bakke, R., Blankenberg, A.-G.B., Ulén, B., Koskiaho, J. 2005. *Can constructed wetlands reduce the diffuse phosphorus loads to eutrophic water in cold temperate regions?* Journal of Environmental Quality 34: 2145-2155

Faafeng, B.A., Roseth, R. 1993. *Retention of nitrogen in small streams artificially polluted with nitrate*. Hydrobiologia 251: 113-122.

Fleischer, S., Gustafson, A., Joelsson, A., Pansar, J., Stibe, L. 1994. *Nitrogen removal in created ponds*. Ambio Vol. 23 (6).

Gelbrecht, J., Lengsfeld, H., Pöthig, R., Opitz, D. 2005. *Temporal and spatial variation of phosphorus input, retention and loss in a small catchment of NE Germany*. Journal of hydrology 304:151-165.

IVL Svenska Miljöinstitutet AB. Zakrisson, J., Ekstrand, S., Olshammar, M. 2003. *Fosfor- och kvävemodellering för avrinningsområden i relation till EU:s vattendirektiv (C21/02) Fallstudie-Sagån*. IVL Rapport B 1550. Stockholm.

Kadlec, R.H., Knight, R.L. 1996. *Treatment wetlands*. CRC Press/Lewis Publishers. Boca Raton, FL, USA.

Miljömål för Västmanlands län, Uppföljning 2005, Rapportnr 2006:8, Länsstyrelsen Västmanlands län

Mulholland, P.J., Steinman A.D., Elwood, J.E. 1990. *Measurement of phosphorus uptake length in streams: comparison of radiotracer and stable PO₄ releases*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 47: 2351-2357)

Kynkäänniemi, P. 2006. *Rening i en lågbelastad våtmark*. Seminarier och examensarbeten nr 57. Avdelningen för Vattenvårdslära, Sveriges Lantbruksuniversitet.

Tonderski, K., Weisner, S., Landin, J., Oscarsson, H. 2002. *Våtmarksboken - Skapande och nyttjande av värdefulla våtmarker*. Vastra Rapport 3. AB C O Ekblad & Co, Västervik.

Wedding, B. 2004. *Näringsreduktion i nyanlagda dammar – aktuella resultat 2004. Höjeåprojektet och Kävlingeåprojektet*. Ekologgruppen i Landskrona, 18 sidor.

5.3 Internet

Höjeå- och Kävlingeåprojektets hemsida. 2006-09-07.
<http://www.hojea.lund.se/hojproj/default.htm>

Jordbruksverkets hemsida. 2006-07-26.

<http://www.sjv.se/amnesomraden/stodtilllandsbygden/allastodformer/miljolandsbygdsprogram/miljoersattningar/ersattningsformerna/vatmarkerochsmavatten.4.7502f61001ea08a0c7fff29565.html>

5.4 Personliga meddelanden

Gustafson, A. Avd Vattenvårdslära, SLU, september 2006.

Kynkäänniemi, Pia. WRS Uppsala, september 2006.

Mossberg, S. Länsstyrelsen i Västmanland län, september 2006.

Ulén, B. Avd. Vattenvårdslära, SLU, september 2006.

Bilaga: Översiktlig fältstudie vid vårfloden

En översiktlig fältstudie gjordes under en dag i april då snösmältningen var som kraftigast. Lillåns avrinningsområde är mycket flackt och en fördämning i huvudfåran skulle leda till att mycket stora områden ställdes under vatten, åtminstone om den gjordes i den nedre delen. Den övre delen innehar en viss naturlighet i och med sin slingrighet och det vore därför synd att ställa den åsträckan under vatten. Sidovåtmarker till huvudfåran och/eller flera små våtmarker i tillflödena verkar vara det som lämpar sig bäst.

Små översvämningar kunde ses lite här och var nära huvudfåran. Vid ett ställe, nämligen vid före detta Bocksjön, var arealen översvämmad mark stor. Förbi det här området finns en invallning av Lillån och en pump installerad som ska tillse att överflödigt vatten fraktas bort. Under en tid varje vår tillåts området att svämma över. Många fåglar hade samlats i det översvämmade området. Det kan finnas anledning att titta närmare på det här området då en våtmark, tekniskt sett, troligtvis inte behöver bli så kostsam att få till stånd. Storleken på före detta Bocksjön motsvarar ungefär en halv procent av dess tillrinningsområde, det vill säga samma andel som de tänkta våtmarkerna i det här examensarbetet.

I samband med den översiktliga bedömningen av områdets möjligheter till våtmarksanläggning togs vattenprover på tre platser i Lillån för analys av halterna fosfor och kväve. Provtagningen skedde den 7 april 2006, vid maximal snösmältning och tydliga rännilar av smältvatten på fälten. Proverna analyserades av laboratoriet vid avd f Vattenvårdslära, Markvetenskap, SLU, Uppsala. Resultaten visar höga halter av löst reaktiv fosfor men låga nitrathalter under snösmältningen

Tabell 7. Fosfor- och kvävehalter (mg/l) från tre provpunkter i Lillån 7/4 2006.

Lokal	Tot-P	PP	DRP	Tot-N	NO3-N
Nortuna, Romfartuna	0,154	0,036	0,111	1,146	0,88
Skarprebro, Tillberga	0,211	0,076	0,134	1,318	1,00
Lundby, Tortuna	0,181	0,062	0,118	1,678	1,29

De vattenprover som togs i april under den kraftiga snösmältningen visade på hög andel fosfatfosfor. Kvävehalten var som väntat låg.