

Kväve- och fosforbelastning på Florsjön och Östersjön

- Källfördelningsmodellering med FyrisNP



av

Caroline Orback, Mats Wallin, Faruk Djodjic och Emil Rydin

Kväve- och fosforbelastning på Florsjön och Östersjön

- Källfördelningsmodellering med FyrisNP

av

Caroline Orback, Mats Wallin, Faruk Djodjic och Emil Rydin*

*Uppsala Universitet.
Övriga SLU

Institutionen för vatten och miljö, SLU
Box 7050
750 07 Uppsala
www.ma.slu.se

Förord

På uppdrag av Ljusnan–Voxnas vattenvårdsförbund har källfördelningsmodellen FyrisNP satts upp för avrinningsområdet till två små sjöar, Florsjön och Östersjön, som ligger mellan Söderhamn och Bollnäs. Upprinnelsen till projektet är att Florsjön under sommaren 2007 drabbades av kraftig blomning av giftproducerande alger vilket ledde till att Söderhamns kommun avrådde invånarna från att bada i sjön. Omfattande algblomningar förekom också i uppströms belägna Östersjön. Modellen har satts upp i syfte att kvantifiera olika källors bidrag till kväve- och fosforbelastningen på Florsjön och Östersjön. Den färdigkalibrerade modellen tillsammans med denna rapport levereras till uppdragsgivaren som ett verktyg för fortsatt modellering av åtgärdsscenarioer.

Huvudansvarig för projektet har varit Caroline Orback, SLU. Stöd och hjälp med kalibrering av modellen och utformning av rapportern har fåtts från Mats Wallin och Faruk Djodjic båda från SLU. Indata från PLC5 har sammanställts av Lars Rapp, SLU. GIS-stöd har fåtts från Jakob Nisell, SLU. Avsnittet om fosfor i sedimentprofilerna har gjorts i samarbete med Emil Rydin, Uppsala universitet. Information om lokala data har fåtts från Bollnäs och Söderhamns kommun samt från Claes Ånell, Ljusnan-Voxnans vattenvårdsförbund.

Jag vill framföra att stort tack till alla som varit med och bidragit till rapporten.

Uppsala, juni 2009

Caroline Orback

Forskningsingenjör
Institutionen för vatten och miljö
Sveriges Lantbruksuniversitet
Uppsala

Innehållsförteckning

FÖRORD	5
SAMMANFATTNING	1
INLEDNING	3
Del 1. Synoptisk provtagning av vattenkemi	
SYNOPTISK PROVTAGNING AV VATTENKEMI	4
RESULTAT OCH DISKUSSION	4
Del 2. Analys av sedimentprofiler	
SEDIMENTPROVTAING	7
RESULTAT OCH DISKUSSION	8
Del 3. Källfördelningsmodellering med FyrisNP	
KÄLLFÖRDELNINGSMODELLEN FYRISNP	11
INDATA	11
MARKANVÄNDNING.....	11
JORDBRUKSDATA	12
TYPHALTER.....	12
ATMOSFÄRS DEPOSITION.....	13
PUNKTKÄLLOR.....	13
TEMPERATUR	15
VATTENFLÖDE	15
VATTENKEMI	16
SJÖMODUL	16
BAKGRUNDSBELASTNING	17
RESULTAT OCH DISKUSSION	18
MODELLKALIBRERING	18
MODELLVALIDERING	20
MARKANVÄNDNING.....	22
KÄLLFÖRDELNING AV BRUTTOBELASTNING.....	23
RETENTION	24
KÄLLFÖRDELNING AV NETTOBELASTNING	24
SCENARIO: BAKGRUNDSBELASTNING	29
SLUTSATSER	33
REFERENSER	35
BILAGA 1. ANALYSRESULTAT	
BILAGA 2. INDATA TILL KÄLLFÖRDELNINGSMODELLEN FYRISNP	
BILAGA 3. RESULTAT FRÅN KÄLLFÖRDELNINGSMODELLERINGEN MED FYRISNP	

Sammanfattning

På uppdrag av Ljusnan–Voxnas vattenvårdsförbund har källfördelningsmodellen FyrisNP satts upp för avrinningsområdet till två små sjöar, Florsjön och Östersjön, som ligger mellan Söderhamn och Bollnäs. Upprinnelsen till projektet är att Florsjön under sommaren 2007 drabbades av kraftig blomning av giftproducerande alger vilket ledde till att Söderhamns kommun avrådde invånarna från att bada i sjön. Omfattande algbloomingar förekom också i uppströms belägna Östersjön. Modellen har satts upp i syfte att kvantifiera olika källors bidrag till kväve- och fosforbelastningen på Florsjön och Östersjön. Den färdigkalibrerade modellen levereras till uppdragsgivaren som ett verktyg för fortsatt modellering av åtgärdsscenarioer.

Av den synoptiska provtagningen av vattenkemi som genomfördes i maj 2008 framgår att både Östersjön och Florsjön vid provtagningstillfället till stor del var påverkat av läckage från jordbruksmark.

Ingen kontinuerlig internbelastning förekommer i Florsjön eller i Östersjön. Förrådet av mobil fosfor i Östersjöns sediment är relativt lågt medan Florsjöns sediment håller typiska mängder för näringsrika sjöar. Den mobila sedimentfosfor i de båda sjöarna domineras av fosfat bundet till järn. Denna fosforform läcker till vattenmassan i pulser vid syrgasbrist i ytsedimenten och dessa perioder är svåra att förutse. Slutsatsen att ingen kontinuerlig internbelastning förekommer styrks även av det inte finns några tecken på att det skulle saknas en betydande fosforkälla vid den källfördelningsmodellering som gjorts med FyrisNP. Internbelastning tas därför inte med som en separat källa i fortsatt källfördelningsmodelleringen med FyrisNP.

Källfördelningsmodellen FyrisNP har kalibrerats mot uppmätta fosfor- och kvävekoncentrationer i Florån för perioden 1998-2003. Överrensstämelsen mellan uppmätt och modellerad koncentration är ganska låg. Däremot ger transportberäkningarna mycket bra överrensstämelse. Valideringen görs mot uppmätta fosfor och kvävehalter i Florsjöns och Östersjöns ytvatten för perioden 2004-2007 och ger i stort sett samma överrensstämelse som vid kalibreringen vilket betyder att modellen är stabil och att kalibreringsparametrarna även klarar att beskriva en längre period.

Till Florsjön transporteras i genomsnitt 1,6 ton fosfor och 33 ton kväve per år. I Florsjöns delavrinningsområde sker så gott som all retention i själva Florsjön vilket innebär en retention på 40 % fosfor respektive 35 % kväve. Näringsläckaget från jordbruksmark är den störst bidragande källan för fosfor- och kvävebelastningen till Florsjön (52 % respektive 43 %) och den näst största källan för fosfor- och kvävebelastningen är skogsmarken (18 % respektive 30 %). Utsläpp från enskilda avlopp utgör 14 % av fosfor- och 6 % kvävebelastningen och reningsverken i Glössbo och Rengsjö står för 2 % fosfor- respektive 5 % kvävebelastningen i Florsjön.

Till Östersjöns delavrinningsområde transporteras varje år i genomsnitt 0,3 ton fosfor och 8 ton kväve. Retentionen i Östersjöns delavrinningsområde sker i huvudsak i Östersjön men även i de små uppströms belägna sjöarna. Retentionen i området är för både fosfor och kväve 50 % av bruttobelastningen. Även för Östersjön är näringsläckaget från jordbruksmarken den källa som bidrar med mest fosfor och kväve (43 % respektive 27 %). De näst största källorna är skogsmarken som står för 19 % av fosforbelastningen respektive 25 % av kvävebelastningen och reningsverket i Rengsjö som bidrar med 32 % av kvävebelastningen

och 13 % av fosforbelastningen. De enskilda avloppen står för 10 % av fosfor och 3 % av kvävet som belastar Östersjön.

Scenariot med bakgrundsbelastning visar att ungefär hälften av all fosfor som tillförs Florsjön och Östersjön kommer från mänsklig aktivitet. För kväve är motsvarande siffra 30 – 50 %. Modellerade bakgrundskoncentrationer för Florsjön och Östersjön ligger för fosfor på ungefär 0,010 - 0,015 mg/l och för kväve på ungefär 0,300 mg/l. Jämförs dagens fosfor- och kvävekonzentrationer med bakgrundskoncentrationerna innebär det en minskning med ungefär hälften för Florsjön och lite mer än hälften för Östersjön.

Inledning

Kraftig blomning av giftproducerande alger drabbade Florsjön under sommaren 2007 vilket ledde till att Söderhamns kommun avrådde invånarna från att bada i sjön. Omfattande algblomningar förekom också i uppströms belägna Östersjön. På grund av detta är det högprioriterat att identifiera och kvantifiera de källor som bidrar till övergödningen samt undersöka vilka åtgärder som är effektivast för att minska näringsbelastningen (i första hand fosfor) och förebygga framtida algblomningar.

Östersjön och Florsjön har sina källflöden i Bollnäs kommun och de sammanbinds av Glössboån som vid gränsen till Söderhamns kommun byter namn till Färgeriån. Ån rinner genom ett dalgångsliknande rikt jordbrukslandskap. Området är värdefullt för rekreation och friluftsliv. Vid Östersjön ligger orten Rengsjö och i direkt anslutning till Florsjön ligger Moheds camping där sjön utgör en av anläggningens viktigaste tillgångar.

Syftet med att modellera området med källfördelningsmodellen FyrisNP är att få en säkrare kvantifiering av olika källors bidrag till kväve- och fosforbelastningen på Florsjön och Östersjön. En intern fosforkälla är sjöarnas sediment vars potentiella bidrag av fosfor kvantifierats genom fosforanalys av sjösediment. Resultaten presenteras fullständigt för Florsjön och Östersjöns delavrinningsområde. Övriga delavrinningsområden presenteras Översiktligt.

Den färdigkalibrerade modellen levereras tillsammans med indatafil och bakgrundsmaterial till uppdragsgivaren som ett verktyg för att analysera effekten av olika prioriterade åtgärder för att minska näringsbelastningen på sjöarna. Den här slutrapporten är en sammanställning över indata samt modellresultat.

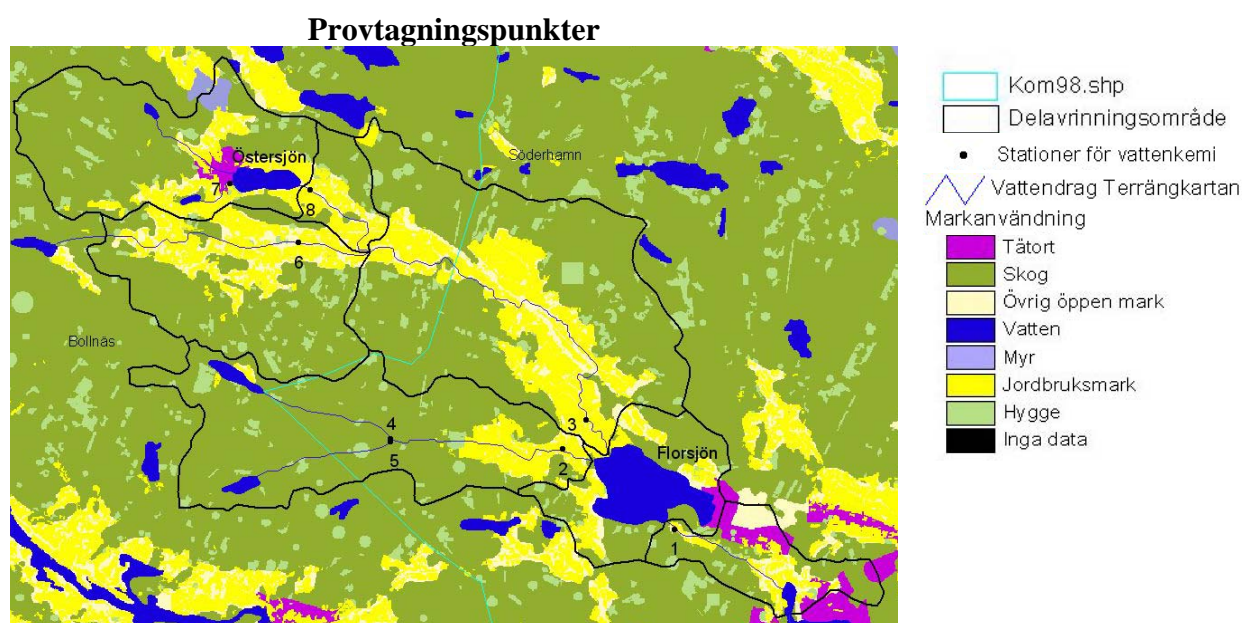


Figur 1. Geografiskt läge för Florsjön och Östersjöns avrinningsområde.

Del 1. Synoptisk provtagning av vattenkemi i Florsjön och Östersjöns avrinningsområde

Synoptisk provtagning av vattenkemi

En synoptisk provtagning av vattenkemi genomfördes i Florsjön och Östersjöns avrinningsområde 29 maj 2008. Syftet med provtagningen var att få en översiktlig bild över variationer i fosfor- och kvävehalter i området. Prover togs i sjöarnas in och utlopp samt i vattendragens förgreningar (figur 2). Vid provtagningstillfället rådde normala flödesförhållanden.

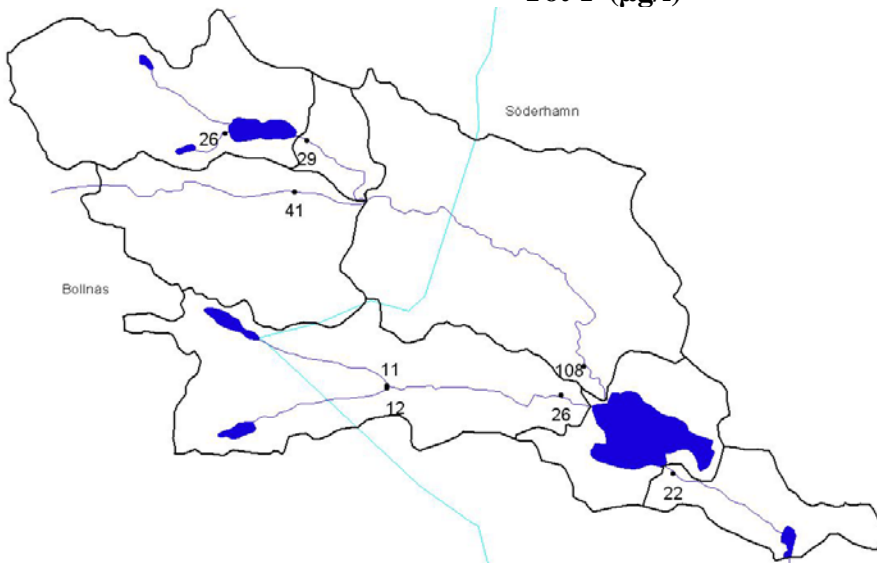


Figur 2. Provtagningspunkter för den synoptiska studien som utfördes 29 maj, 2008.

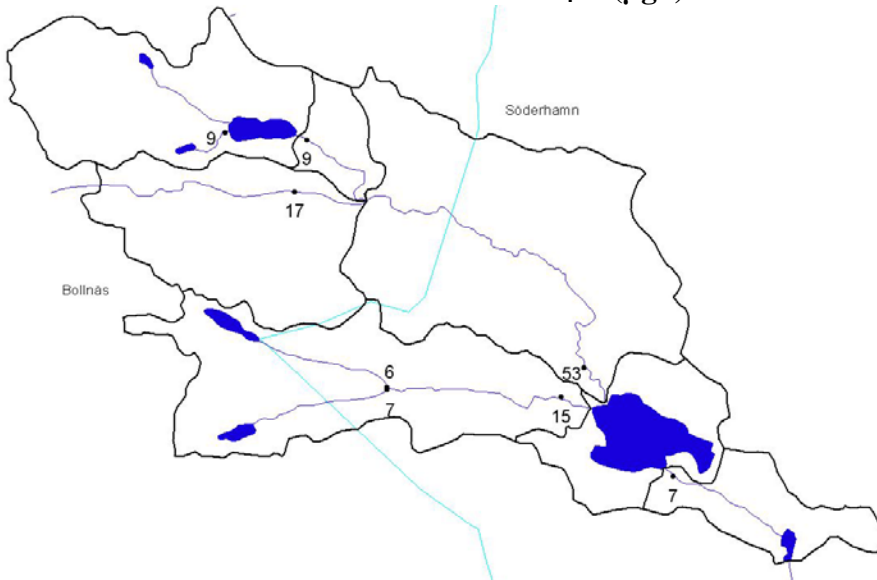
Resultat och Diskussion

Högst fosforhalter återfanns straxt uppströms Florsjön i provpunkt 3, 108 μg tot-P/l respektive 53 μg $\text{PO}_4\text{-P/l}$ (figur 3). Även provpunkt 6 hade relativt höga fosforhalter 41 respektive 17 $\mu\text{g/l}$. Högst halter totalkväve 778 $\mu\text{g/l}$ återfanns nedströms Östersjöns utlopp i provpunkt 8. Även provpunkt 6 har relativt höga totalkvävehalter 686 $\mu\text{g/l}$. Analysresultaten redovisas i bilaga 1 tabell 1. I Florsjön har inkommande vatten högre fosforhalter än vad som transporteras ut ur sjön vilket visar på att sjön fungerar som en fosforfälla. Det togs inget vattenkemiprover i norra vattendraget som rinner till Östersjön. Östersjöns utlopp har vid mätillfället högre halter fosfor och kväve än det södra tillflödet. Rengsjö avloppsreningsverk har Östersjön som recipient vilket kan vara en bidragande till att halterna i utloppet är högre än i tillflödet. En annan bidragande orsak kan vara läckage av fosfor från sedimenten, om det periodvis förekommer en internbelastning i sjön. Sjöarna uppströms Östersjön bidrar sannolikt också till att sänka halterna i sjöns tillflöden. Lägst fosfor- och kvävehalter återfanns i provpunkt 4 och 5 i vattendrag som rinner genom områden dominerade av skogsmark.

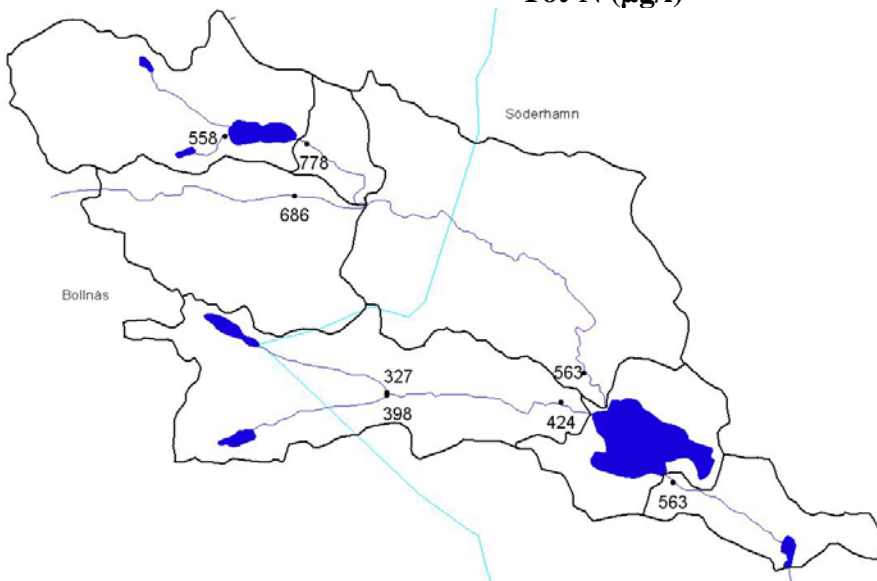
Tot-P ($\mu\text{g/l}$)

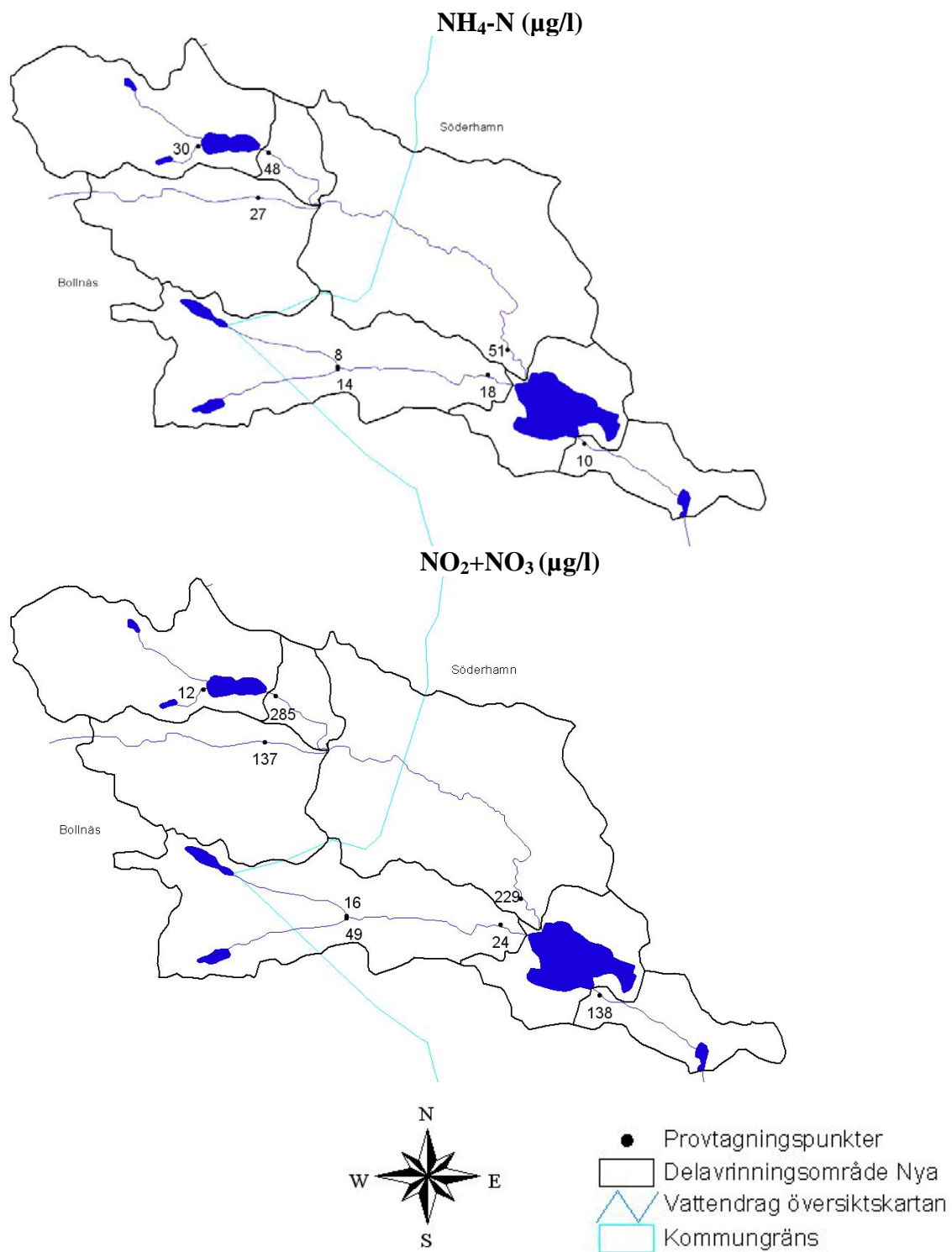


PO₄-P ($\mu\text{g/l}$)



Tot-N ($\mu\text{g/l}$)



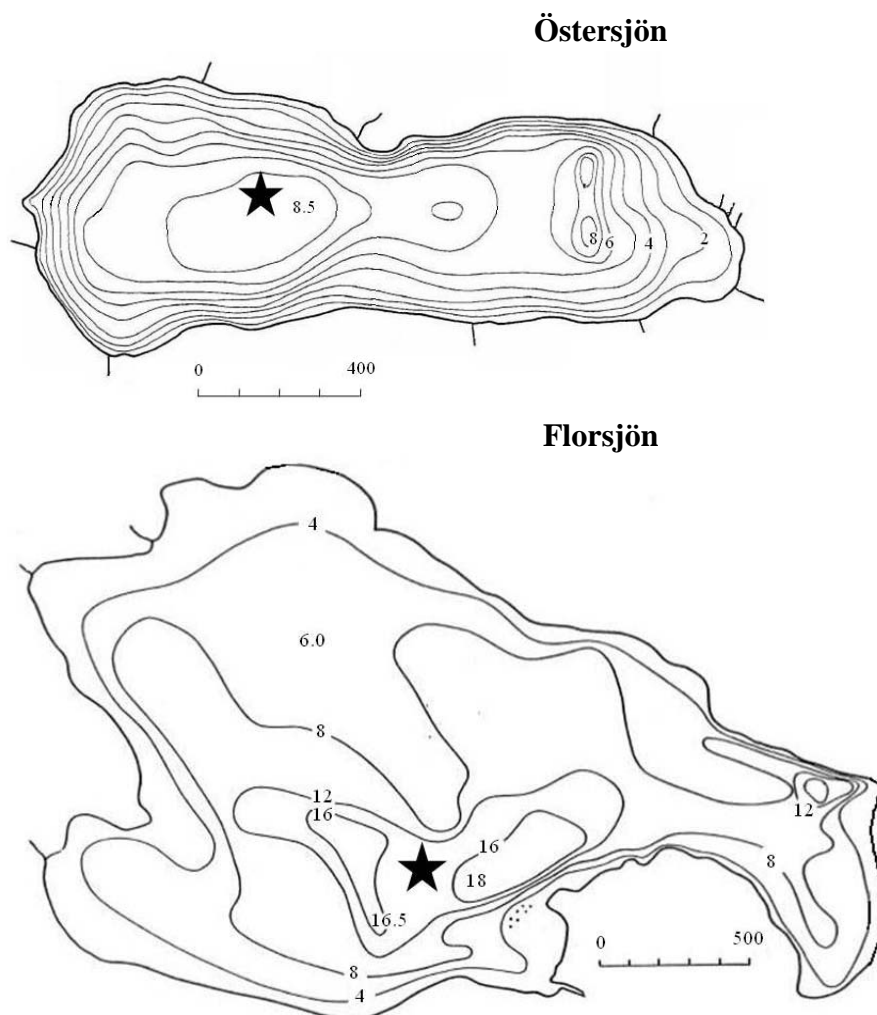


Figur 3. Fosfor och kvävehalter från den synoptiska vattenkemiprovtagningen utför 29 maj, 2008. Ljusblå linje visar gränsen mellan Bollnäs och Söderhamns kommun.

Del 2. Analys av Sediment i Östersjön och Florsjön

Sedimentprovtagning

Provtagning av sedimentprofiler i Florsjön och Östersjön genomfördes mellan 2008-01-28 och 2008-02-01 av en grupp studenter och lärare från Umeå Universitet. Syftet med sedimentprovtagningen var att genom fosforanalys av sedimentprofilerna kvantifiera potentiellt tillgängligt fosformagasin i sjöarnas sediment samt även i grova mått försöka kvantifiera bidraget av fosfor från sedimentet till vattenmassa. Det togs två stycken 25 cm djupa sedimentprofiler, en i Florsjön och en i Östersjön (figur 4). Från varje sedimentprofil valdes 5 stycken centimeterskikt från djupen: 0-1, 1-2, 4-5, 9-10 samt 24-25 cm. Proverna förvarades svalt innan de skickades till Erkenlaboratoriet för analys.



Figur 4. Djupkarta över Östersjön (övre) och djupkarta över Florsjön (nedre) (Granstam m.fl. 1977). Stjärnan visar var sedimentproverna togs.

På Erkenlaboratoriet (SWEDAC ackrediterat) analyserades vattenhalt (%), glödningsförlust (%) och totalfosforhalt ($\mu\text{g/g TS}$). Vidare extraherades genom fosforfraktionering 5 olika fosforformer som benämns efter den extraktionskemikalie som används, samt de fosforformer

som anses extraheras inom parantes: $\text{NH}_4\text{Cl-P}$ (löst bunden fosfor), BD-P (järnbunden fosfor), NaOH-P (aluminiumbunden fosfor), HCl-P (kalciumbunden fosfor), och NaOH org-P (organiskt bunden fosfor). Rest-P (residualfosfor) består huvudsakligen av inerta organiska fosforformer och beräknas genom att subtrahera de extraherade fosforfraktionerna från sedimentens totala innehåll av fosfor (TP) (Rydin, 2005).

Fosforinnehållet i sediment kan delas upp i två grupper: mobil och inert fosfor. Mobil fosfor är den mängd fosfor som med tiden kommer att frigöras från sedimenten. Den återfinns som löst bunden, järnbunden samt organiskt bunden fosfor. En mindre andel av dessa mobila former finns kvar i djupare sedimentlager och antas utgöra en inert bakgrundshalt. Inert fosfor är inte nedbrytbar och förblir kvar i sedimenten. Detta gör att inert fosfor ofta återfinns i konstanta koncentrationer genom hela sedimentprofilen. Inert fosfor utgörs t ex av aluminiumbunden och kalciumbunden fosfor. Via vattenhalt och glödgningsförlust beräknades densiteten enligt Håkanson & Jansson (1983). För de centimeterskikt som inte analyserats linjärinterpolerades värden.

Mängden mobil fosfor beräknas enligt följande steg: För varje centimeterskikt subtraheras den antagna bakgrundshalten från den uppmätta halten, detta görs för samtliga mobila fosforfraktioner. Fosforhalten i sedimenten beräknas via densitet från ” $\mu\text{g/g TS}$ ” till ” g/m^2 ”. Därefter summeras värdena för varje mobil fosforfraktion så att en koncentration fås för hela den 25 centimeter djupa sedimentprofilen. Den totala mängden mobil fosfor som finns i hela sjön beräknas genom att multiplicera den beräknade mängden (g/m^2) med arealen ackumulationsbotten. Andelen ackumulationsbotten i både Östersjön och Florsjön beräknas vara ca 85 % enligt Håkansson (1982) se tabell 1.

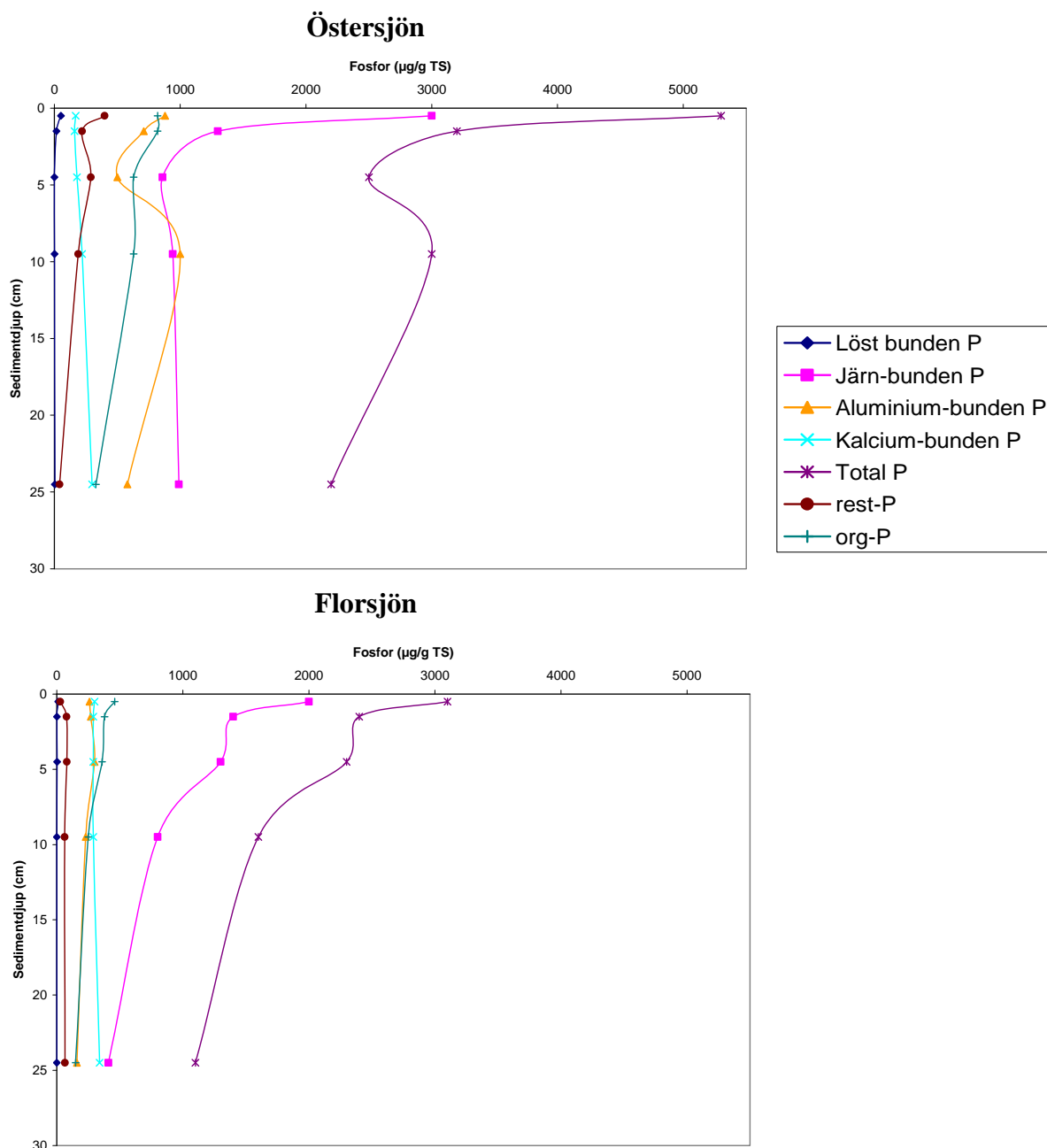
Tabell 1. Östersjön och Florsjöns morfometri, flöde samt teoretiska omsättningstid.

	Area (10^6 m^3)	Volym (10^6 m^3)	Medel- djup (m)	Medelflöde 1998-2007 ($10^6 \text{ m}^3/\text{år}$)	Teoretisk omsättningstid (månader)	Andel Ackumulations- botten (%)
Östersjön	0,679	3,34	4,9	5,5	7	85
Florsjön	3,30	24,5	7,4	348	9	85

Internbelastning, det vill säga frigörelse av fosfat från sedimenten, kan utgöra en betydande fosforkälla för sjöar. Fosfor som lagrats i sedimenten kan under vissa betingelser, t ex vid syrgasbrist, läcka ut fosfater, vilket leder till förhöjd fosforhalt i vattenmassan. Internbelastningen kan därmed medföra att fosforhalten i sjön inte minskar trots att övrig tillförsel av fosfor minskat. Hur lång fördröjning som uppstår på grund av internbelastningen beror bland annat på hur mycket fosfor som finns lagrat samt i vilken form den föreligger.

Resultat och Diskussion

Resultaten från sedimentanalysen visar att Östersjön innehåller högre koncentration totalfosfor än Florsjön (figur 5) vilket bland annat skulle kunna bero på att Rengsjö avloppsreningsverk har Östersjön som recipient. Analysresultaten redovisas i bilaga 1 tabell 2. I både Östersjön och Florsjön dominerar den järnbundna fraktionen, vanligen brukar det vara den organiska fosforfraktionen som dominerar. Orsaken till att den järnbundna fraktionen dominerar är inte känd. Järnbunden fosfor frigörs som fosfat vid syrgasfria förhållanden, något som periodvis uppstår i båda sjöarna. Vid omblandning av vattenmassan blandas sedan det fosfatrika bottenvattnet med resten av vattnet.



Figur 5. Diagram över resultat från fosforfraktioneringen, resultaten visas som mikrogram fosfor per gram torrsubstans för de 25 cm djupa sedimentprofilerna som togs i Östersjön och Florsjön i månadsskiftet januari/februari 2008.

I sedimentets översta lager finns den största delen av Östersjöns mobila fosfor. I Florsjön återfinns den mobila fosfor även djupare ned i sedimenten, därför har Florsjön en högre koncentration av mobil fosfor $8,5 \text{ g/m}^2$ jämfört med Östersjöns $1,9 \text{ g/m}^2$ (tabell 2). I båda sjöarna är det den järnbundna fosfor som utgör den största andelen. Östersjön innehåller relativt små mängder mobil fosfor, medan Florsjön håller typiska mängder läckagebenägen fosfor för näringsrika sjöar (Rydin 2008).

Den totala mängden mobil fosfor i Östersjön beräknas till 1 ton (tabell 2), baserat på att 85 % av sjöns totala area ($0,68 \text{ km}^2$) är ackumulationsbotten. Mängden mobil fosfor i Florsjön beräknas till 24 ton, baserat på att 85 % av sjöns totala area ($3,30 \text{ km}^2$) är

ackumulationsbotten. Den totala mängden fosfor i Östersjöns sediment är 47 ton och för Florsjön är motsvarande siffra 198 ton. Florsjön har större mobilt fosforlager än Östersjön både på grund av att Florsjön håller högre koncentration mobilt fosfor i sedimenten samt att ackumulationsbottenarean är större.

Tabell 2. Mobil fosfor (g/m^2) fördelat på de tre mobila fosforfraktionerna. Total mängd mobil fosfor och totalfosfor beräknat på sjöarnas area ackumulationsbotten samt sedimentprofilens djup dvs. 25 centimeter för total fosformängd.

	Mobilt fosfor (g/m^2)	Organiskt fosfor (g/m^2)	Järnbunden fosfor (g/m^2)	Löst bunden fosfor (g/m^2)	Mobilt fosfor (ton P)	Total fosfor (ton P)
Östersjön	1.9	0.3	1.5	0.06	1	47
Florsjön	8.5	3.8	4.7	0.02	24	198

För att belysa betydelsen av den mobila sedimentfosfor görs nedan ett räkneexempel. För att öka vattenmassans fosforhalt i Florsjön med $50 \mu\text{g P/l}$ behöver mellan 5 och 10 % av den mobila sedimentfosfor läcka till vattenmassan. Av den mobila sedimentfosfor i Östersjön behöver 16 % frigöras för att öka vattenmassans fosforhalt med samma halt, $50 \mu\text{g P/l}$. Sammantaget visar dessa beräkningar att läckage av en relativt liten andel av den mobila sedimentfosfor ger en signifikant ökning av halten i vattenmassan.

Båda sjöarna håller höga halter järnbunden fosfor i det översta sedimentlagret (figur 5). Vid syrgasbrist i ytsedimenten mobiliseras denna fosforform och sedimenten kommer att läcka fosfat. Detta läckage sker i pulser och kan vara svårt att förutse. Men en snabb ökning av fosforhalten i vattenmassan efter att vattenmassan har varit skiktad och sedan blandas om indikerar internbelastning. Denna förhöjda koncentration kan sedan typiskt minska inom någon vecka genom t ex sedimentation av växtplankton.

Del 3. Källfördelningsmodellering med FyrisNP

Källfördelningsmodellen FyrisNP

FyrisNP är en dynamisk källfördelningsmodell med relativt få kalibreringsparametrar jämfört med mer komplexa modeller. Modellen beräknar källfördelad brutto- och nettotransport av kväve och fosfor i sjöar och vattendrag. Tidssteget i modellen är en månad och den rumsliga upplösningen är på delavrinningsområdesnivå (Hansson m.fl., 2008a).

Det principiella beräkningsförfarandet är att uttransporten från ett delavrinningsområde är summan av all tillförsel från uppströms belägna avrinningsområden plus intern tillförsel inom avrinningsområdet minus retentionen. Retentionen, dvs. förlust av näring i sjöar och vattendrag genom sedimentation, upptag av växter och denitrifikation, beräknas som en funktion av vattentemperatur, näringskoncentrationer, vattenflöde, samt sjö- och vattendragsarea. Retentionen beräknas lika för samtliga källor i modellen. Modellen kalibreras mot tidsserier av uppmätta kväve och fosforkoncentrationer genom att anpassa två kalibreringsparametrar, kvs och c_0 . Parametern c_0 är en empirisk kalibreringsparameter för temperaturberoende och kvs är en empirisk kalibreringsparameter för flödesberoende (Hansson m.fl., 2008a). kvs står för retentionshastigheten i vattendragen och sjöarna, c_0 är en parameter som reglerar retentionens temperaturberoende.

Modellen har tillämpats sedan mitten av 1990-talet på flera små och större vattensystem i landet med Göta älvs avrinningsområde (50 000 km²) som det hittills största. Modellen är ett utmärkt verktyg i arbetet med EU:s vattendirektiv och den påverkansanalys som ska göras. Genom att simulera effekterna av olika åtgärder för att minska utsläppen av näringsämnen ger modellen också underlag till olika åtgärdsprogram.

Indata

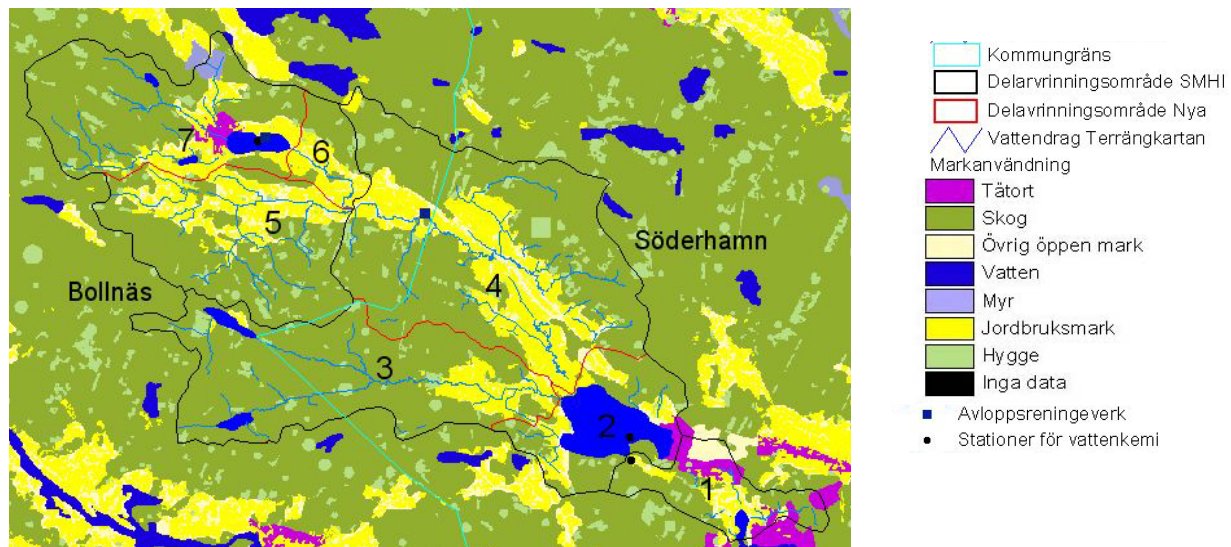
Till grund för indata ligger information som arbetats fram som underlag till Sveriges femte Pollution Load Compilation till HELCOM (Brandt m fl 2008). PLC5 data finns att hämta på hemsidan för Svensk Miljöemissionsdata (www.smed.se). PLC5-data har kompletterats med lokala data som bland annat tidsserier på utsläpp från reningsverk och en ny uppdaterad sammanställning av utsläpp från enskilda avlopp. Florsjön och Östersjöns avrinningsområde har delats in i flera mindre delavrinningsområden (figur 6). Indelningen som är finare än PLC5 medför mycket arbete med bearbetning av indata och i att GIS skapa nya delavrinningsområden, beräkna nya areor för markanvändning och nya viktade typhalter för jordbruksmarken.

Modellen har satts upp på månadsbasis för perioden 1998 till 2007.

Markanvändning

Området har ett förhållandevis rikt jordbrukslandskap i anslutning till de båda sjöarna och längs med det vattendrag som rinner igenom det dalgångsliknande landskapet (figur 6). I den mer höglänt kuperade terrängen dominerar skogsmark. Hela avrinningsområdet utgörs till ca 17 % av jordbruksmark, ca 65 % av skogsmark, ca 6 % av vardera hygge och öppen mark samt ca 4 % vattenyta och mindre än 1 % myr och tätbebyggelse. Markanvändningen har

beräknats i GIS från ett raster på 25 x 25 m² stora rutor som skapats från översiktskartan (skala 1:250 000). Markanvändning i kvadratkilometer finns presenterad i bilaga 2, tabell 1. Vattendragens längd är beräknade från terrängkartan (skala 1:50 000) och vattendragens bredd antas vara 0,5 meter.



Figur 6. Markanvändning i de 7 delavrinningsområdena som ingår i Florsjön och Östersjöns avrinningsområde.

Jordbruksdata

Arean jordbruksmark har beräknats från uppgifter ur Jordbruksverkets block- och IAKS-data för år 2005. Området består av totalt ca 17 % jordbruksmark fördelat på ett stort antal olika grödor. Grödorna har i GIS fördelats på delavrinningsområdena samt delats in i 15 stycken grödklasser (bilaga 2 tabell 2) enligt samma metodik som används i PLC5 (Brandt m fl 2008).

Typhalter

Fosfor- och kvävytyphalter för skog, myr och öppen mark har beräknas i PLC5 som en algoritm utifrån medelhöjden i området samt med lägre halter i fjälltrakterna än nära havet (Löfgren och Brandt, 2005). Typhalten för hygge beräknas på samma sätt som för skog men multipliceras med faktor 1,3 för fosfor och faktor 2 för kväve. I modelluppsättningen till FyrisNP används ett medelvärde av de två avrinningsområdenas typhalter (bilaga 2, tabell 3) eftersom modellen bara kan hantera en typhalt per markanvändning. Dessa typhalter har en säsongsvariation och är samma för alla delavrinningsområden.

Jordartens betydelse för näringsläckaget från jordbruksmark är stor. Typhalten beror i enlighet med PLC5 beräkningar av läckageregion, jordart och gröda för kväve och för fosfor även fosforklass och lutningsklass (bilaga 2, Tabell 4). Jordarten som används i PLC5 och även i denna modelluppsättning bygger på en inventering av miljötilståndet i svensk åkermark, som utförts av SLU och SCB på uppdrag av Naturvårdsverket och Jordbruksverket (Eriksson m.fl., 1999). I FyrisNP används en typhalt för jordbruksmark och en för betesmark. Typhalten för betesmark motsvarar grödan Extensiv vall och för jordbruksmark har en areaviktad medeltyphalt för övriga grödorna använts (bilaga 2, tabell 5). Typhalter för grödorna i

området presenteras i bilaga 2, tabell 6. Typhalterna varierar i FyrisNP för varje enskilt delavrinningsområde men det finns ingen säsongsvariation för dessa typhalter.

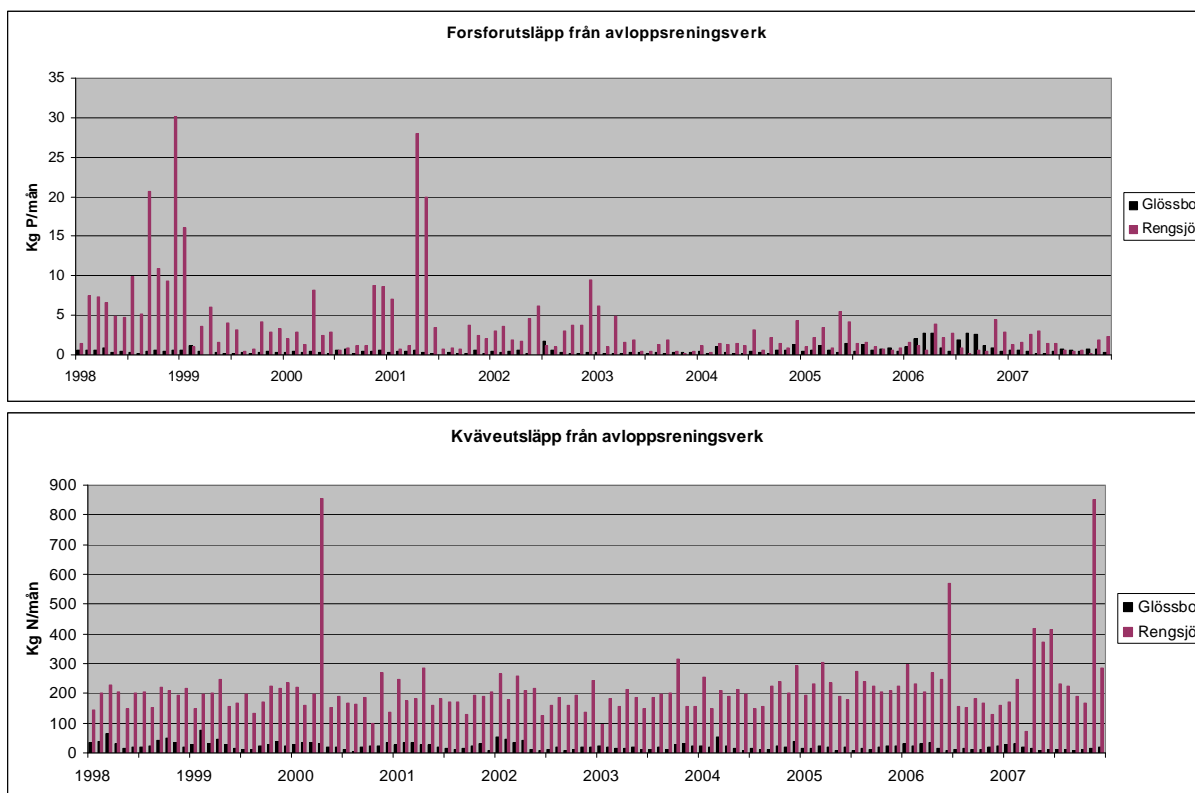
Atmosfärs deposition

Enligt PLC5 bedöms atmosfärsdepositionen av fosfor på sjöar vara 4 kg/år, ett värde som används för hela landet (Brandt m fl, 2008). Atmosfärsdepositionen av kväve på sjöar har i PLC5 baserats på MATCH-modellens NH_x - och NO_x - månadsvärden. I Florsjön och Östersjöns avrinningsområde är kvävedepositionen 381 kg/år.

Punktkällor

Reningsverk

I avrinningsområdet finns två kommunala avloppsreningsverk, Rengsjö och Glössbo (figur 6). Information om analyserade fosfor- och kvävehalter i det utgående renade avloppsvatten har samlats in från Bollnäs kommun och sammanställts (figur 7). Rengsjö har Östersjön i delavrinningsområde 7 som recipient och för hela 2007 bidrog avloppsreningsverket totalt med 17 kg fosfor samt 3 626 kg kväve. Glössbo har Glössboån i delavrinningsområde 4 som recipient och för hela 2007 bidrog avloppsreningsverket totalt med 6 kg fosfor samt 186 kg kväve.



Figur 7. Utsläpp av fosfor och kväve från Glössbo och Rengsjö avloppsreningsverk. Glössbo avloppsreningsverk visas som svart, de lägsta staplarna. Rengsjö avloppsreningsverk visas som röda, de högsta staplarna.

Enskilda avlopp

Bollnäs och Söderhamns kommun har gemensamt tagit fram ett utskick som förmedlats till alla fastighetsägare med bristfälliga enskilda avloppsanläggningar. Utskicket innehöll även en enkät som kompletterar avloppsinventeringen. Under 2008 sammanställdes svaren på enkäten. Informationen från detta utskick samt den information som redan fanns i kommunernas register ligger till grund för beräkningarna av mängden fosfor och kväve från enskilda avlopp.

Bollnäs kommun har uppgivit att det finns 158 fastigheter med godkänt enskilt avlopp av dessa antas 80 % har markbädd och resterande 20 % har infiltrationsanläggning. Dessutom finns 53 fastigheter som antas sakna godkänd avloppsanläggning. Den del av området som ligger i Söderhamns kommun har 154 godkända enskilda avlopps anläggningar var av ca 90 % infiltrationsanläggning och ca 5 % markbäddar och resterande 5 % har sluten tank. Dessutom finns 114 fastigheter där uppgifter om reningsteknik saknas alternativt att godkänd reningsanläggning saknas. I delavrinningsområde 1 används de utsläppsvärden som tagits fram inom PLC5. Utifrån avloppsanläggningens reningsteknik sätts schablonvärden för reningsgrad (tabell 3).

Tabell 3. Reningstekniker och deras förmåga att reducera fosfor respektive kväve (Liss, 2003).

Reningsteknik	Reduktion av totalfosfor (%)	Reduktion av totalkväve (%)
Sluten tank	100	100
Infiltration	88	76
Markbädd	65	44
Enbart slamavskiljare	10	10
Ingen rening/inga uppgifter	0	0

För att beräkna belastningen från enskilda avlopp används information om anläggningens reningsgrad samt mängd tillförd fosfor och kväve per person och dygn (tabell 4). WC-fraktionen multipliceras med 0,7 då 70 % av toalettbesök antas ske i hemmet, resterande 30 % antas ske utanför hemmet på skola, arbete mm. Däremot antas all bad, disk och tvätt (BDT) ske i hemmet. Ett avlopp som tar emot både WC- och BDT- vatten bidrar med 1,55 g P/dygn och 10,15 g N/dygn.

Tabell 4. Näringsmängder från hushåll i gram/person och dygn (Naturvårdsverket, 2006).

	WC		BDT
	Urin (g/per*dygn)	Fekalier (g/per*dygn)	(g/per*dygn)
Fosfor	1,0	0,5	0,5 (0,15-0,6)*
Kväve	11	1,5	1,4

*Fosforinnehållet i BDT-vatten varierar beroende på om fosfatfria tvättmedel används eller ej. Den lägsta nivån motsvarar om enbart fosfatfria hushållskemikalier används.

Fastigheter där uppgift om reningsteknik saknas antas släppa ut sitt avloppsvatten orenat. Utsläppen från enskilda avlopp till delavrinningsområdena varierar för fosfor mellan 2 till 5 kg per månad och för kväve mellan 10 till 40 kg per månad (bilaga 2, tabell 7).

Mjölkrum

Från djurgårdar med mjölkbesättning sker fosfor- och kväveutsläpp från mjölkrum vid rengöring av mjölk tankar. Utsläppen utgör en mycket litet bidrag men har ändå valts att tas med i modelluppsättningen (bilaga 2, tabell 7). I beräkningarna antas att gödselbrunnarna är täta och att de inte bidrar med varken fosfor eller kväve. Hanteringen av gödslet vid spridning

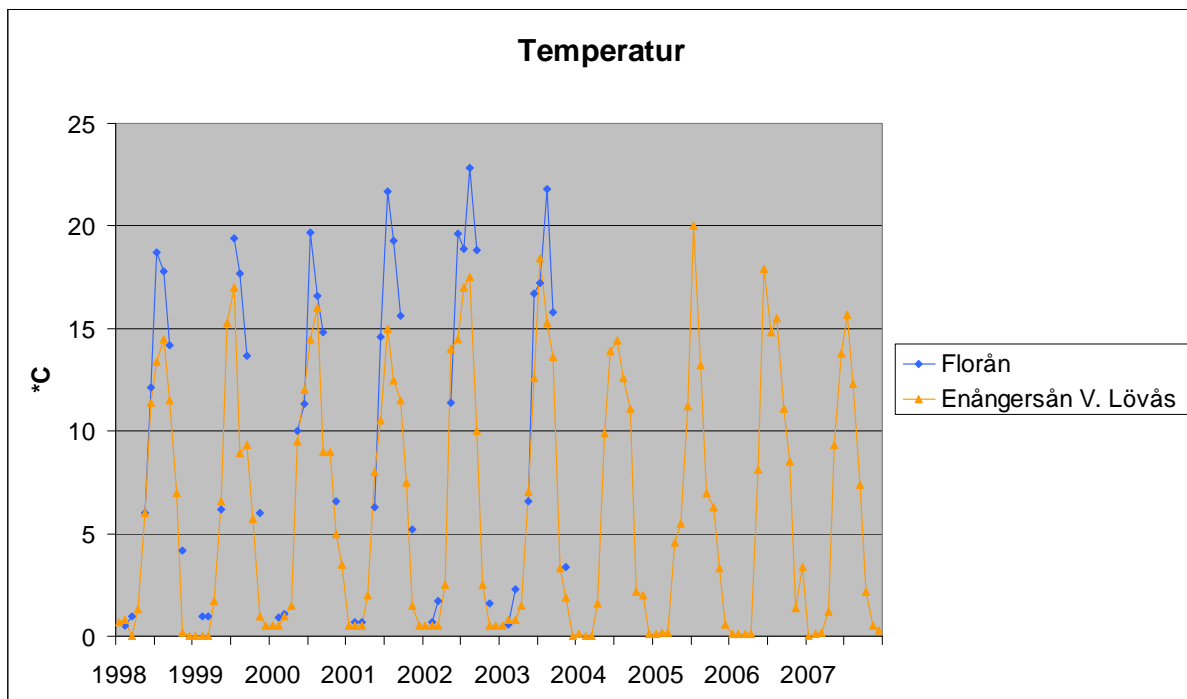
på åkermarken antas ske korrekt och ingår då i typhalterna för läckaget från jordbruksmark. Vid beräkning av fosforbidrag från mjölkkrum antas att fosfatfria tvättmedel används samt att varje mjölkko bidrar med 0,11 g fosfor och 0,1g kväve per dygn. (Löfgren & Olsson, 1990). Då uppgifter om mjölkkrummets avloppsvatten saknats har det antagits att ingen rening förekommer. Då avloppsvattnet gått till gödsel- eller urinbrunn har rening satts till 100 %.

Dagvatten

Utsläpp från dagvatten betraktas i PLC5 som en diffus källa (Brandt m fl, 2008), den bruttobelastning som beräknats till PLC5 har använts i modelluppsättningen (bilaga 2, tabell 7).

Temperatur

Temperaturdata till modellkalibreringen har tagits från mätstationen i Enångersån V. Lövås (www.ma.slu.se) där det finns en komplett tidsserie med värden för varje månad från 1998 till 2007. Det finns också temperaturmätningar i Florån men stationen upphörde 2003 och mätningarna utfördes inte varje månad. I Florån är temperaturtopparna högre än i Enångersån (Figur 8). Skillnaden i temperaturtopparna bedöms dock ha begränsad påverkan på modellresultatet.

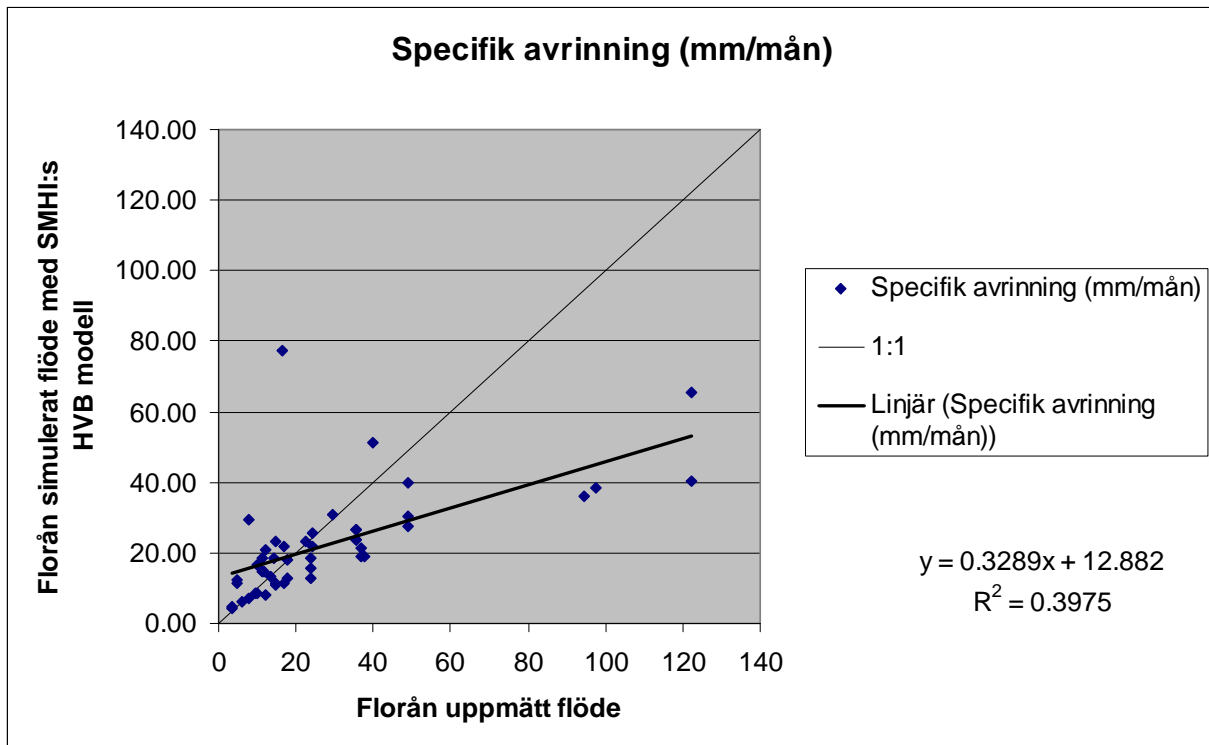


Figur 8. Diagrammet visar uppmätta temperaturvärden i Florån (blå) och i Enångersån (brun) mellan 1998 och 2007.

Vattenflöde

Modellen kräver att tidsserien med flödesdata är komplett dvs. det måste finnas ett värde för varje månad. I modelluppsättningen används därför SMHI:s modellerade (HBV). I Florån upphörde mätningarna av flöde 2001.

En jämförelse mellan simulerade och uppmätta flöden (figur 9), som specifik avrinning (mm/mån), visar att SMHI:s simulerade flöden underskattar uppmätta höga flöden i Florån medan vissa låga flöden överskattas. Korrelationskoefficient (r) för sambandet mellan uppmätt och simulerat flöde är endast 0,4. Testas de uppmätta värdena mot de simulerade erhålls ett Nash and Sutcliffe (eff) på 0,4 (Nash and Sutcliffe, 1970). Ett värde på 1 betyder att uppmätta och simulerade värden är identiska och ett värde på 0 innebär att simulerade värdena inte är bättre än ett medelvärde av de uppmätta värdena. Den låga korrelationen mellan uppmätt och simulerad avrinning påverkar också de statistiska måtten för kalibrering i FyrisNP.



Figur 9. Diagrammet visar uppmätt flöde i Florån plottat mot simulerat flöde för Florån, simulerat med SMHI:s HVB modell.

Vattenkemi

Mätningar av vattenkemi (figur 6) i Florån har mellan 1998 och 2003 gjorts 8 gånger per år per år i regi av Ljusnan-Voxnans vattenvårdsförbund. 2003 upphörde mätningarna då stationen lades ned. I Florsjön och Östersjön har vattenkemiprover tagits 2 gånger per år mellan 1998-2003 och 4 gånger per år mellan 2004-2007. Två avvikande höga uppmätta fosforvärden har uteslutits då de stör modellen mer än de beskriver fosfordynamiken, dessa är 0,073 mg/l uppmätt i Florån 1999 i september och 0,080 mg/l uppmätt i Östersjön 2003 i mars.

Sjömodul

I delavrinningsområden med sjöar som har en omsättningstid på mer än 1 månad kan en sjömodul läggas in i FyrisNP (Hansson m.fl., 2008b). Sjömodulen förutsätter att sjön ligger längst ned i delavrinningsområdet. Modulen är till för att mer naturtroget dämpa variationer i vattenflöde och fosfor- och kvävehalter. Ju längre omsättningstid sjön har ju längre tid tar det innan effekten av en förändring fått genomslag dvs. innan nytt jämviktsläge nåtts. Desto

längre omsättningstid för vattnet i sjön desto högre blir retentionen. Uppgifter om sjöarnas area, volym och medeldjup (tabell 5) har erhållits från djupkartor som upprättats 1977 av avdelningen för hydrologi på Uppsala Universitet (Granstam m.fl.1977). Årsmedelavrinningen har beräknats från modellerade flöden för perioden 1998-2007. Den initiala fosfor- och kvävekoncentrationen i sjöarnas sjömoduler ansätts beräknas som ett medianvärde från alla provtagningsdjup som analyserats mellan 1997-1999.

Den teoretiska omsättningstiden i både Florsjön och Östersjön är större än en månad (Tabell 5). Sjömodulen används dock bara för Östersjön då mätstationen för vattenkemi ligger nedströms Florsjön. Modellen blir svår att kalibrera om modulen dämpar variationer i flöde och fosfor- och kvävehalter då mätstationen uppvisar stor haltvariation.

Tabell 5. Uppgifter om sjöarna som används i modelluppsättningen. Den initiala fosforkoncentration (mg/l) är beräknad som ett medianvärde för hela sjön mellan 1997-1999.

	Area (10 ⁶ m ³)	Volym (10 ⁶ m ³)	Medel -djup (m)	Årsmedel- avrinning (10 ⁶ m ³ /år)	Initial fosfor- koncentration (mg/l)	Initial kväve- koncentration (mg/l)	Teoretisk omsättnings- tid (månader)
Florsjön	3,30	24,5	7,4	32,9	0,0315	0,605	9
Östersjön	0,68	3,34	4,9	5,6	0,035	0,815	7

Bakgrundsbelastning

Fosfor- och kväveläckaget från mark inkluderar en naturlig (bakgrundsbelastning) och en antropogen belastning. Till rena antropogena källor hör dagvatten, hyggesläckage, kvävedeposition och punktkällor (Brandt, m fl 2008). Till de källor som anses utgöra bakgrundsbelastning hör fjäll, myr, skog, övrig öppen mark samt fosfordeposition. Belastning från jordbruksmark består både av en antropogen del samt en naturlig del. Jordbrukets bakgrundsbelastning för kväve beräknas som om allt jordbruk är extensiv vall som odlats i en monokultur och fosfor beräknas som om allt jordbruk är extensiv vall som odlats i monokultur med fosforklass 1. Vid beräkning av bakgrundsbelastning för hyggen har typhalten för skog använts och för tätorter har typhalten för övrig öppen mark använts (Brandt m fl, 2008).

Resultat och Diskussion

Modellkalibrering

Källfördelningsmodellen FyrisNP kalibrerades för perioden 1998 till 2003 mot mätdata från mätstationen i Florån. För att statistiskt bedöma likheten mellan simulerade och uppmätta värden används ”model efficiency” eff (Nash and Sutcliffe, 1970) och ”linjär korrelationskoefficient” r (Hansson m.fl., 2008b). De bästa statistiska värdena för eff och r fås för fosfor vid ett c_0 på 0,78 och kvs på 0,95 (tabell 6) och för kväve vid ett c_0 på 0,65 och kvs på 0,98.

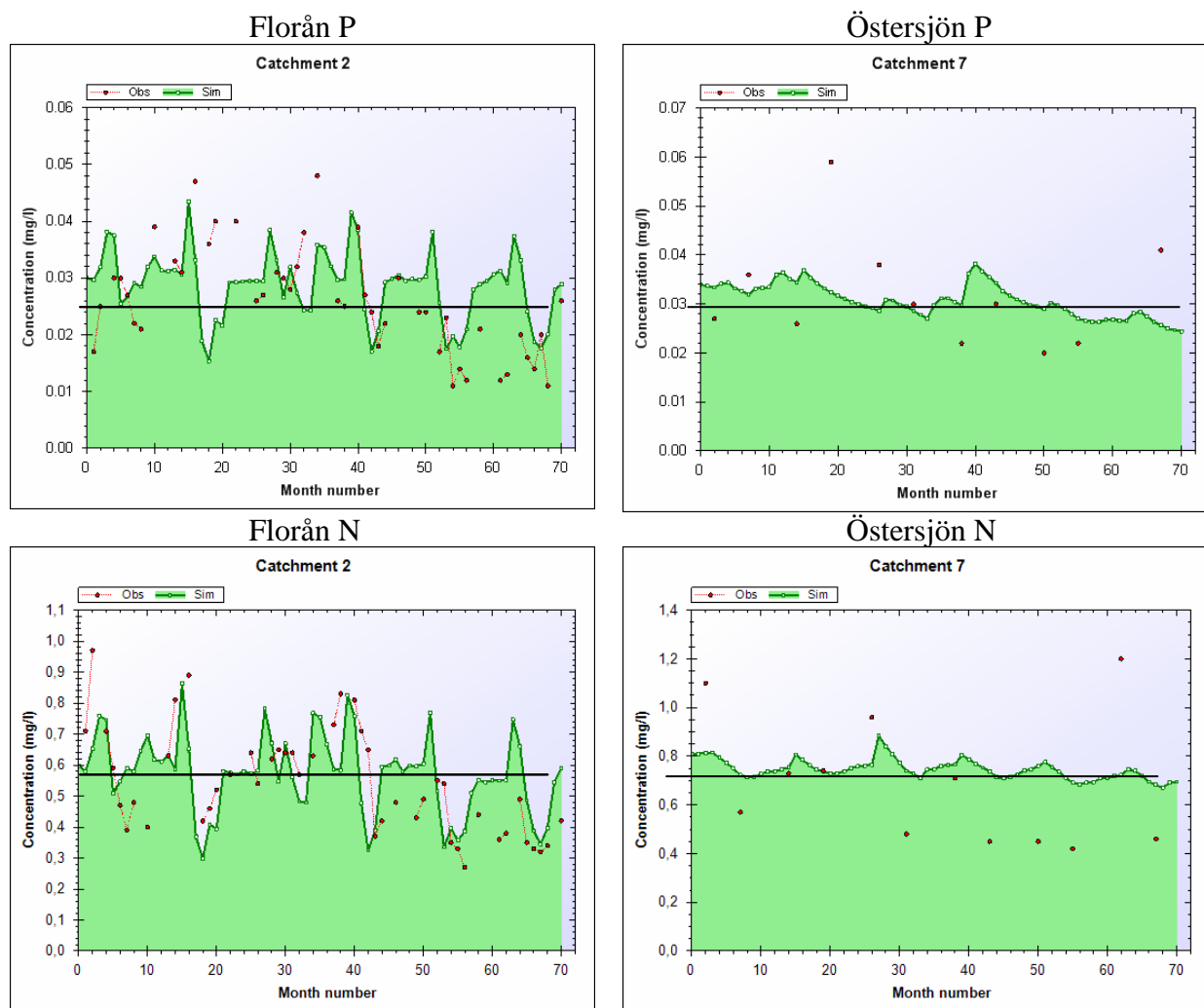
Tabell 6: Vid automatisk kalibrering av FyrisNP mot mätdata från Florån för perioden 1998-2003 ges nedanstående värden för kalibreringsparameter c_0 och kvs . Vid manuell körning med erhållna kalibreringsparametrar beräknas nedanstående värden på de statistiska måtten eff och r . Även för transport har de statistiska måtten eff och r beräknats.

Florån				
Parametrar	P_koncentration	P_transport	N_koncentration	N_transport
c_0	0,78	0,78	0,65	0,65
kvs	0,95	0,95	0,98	0,98
eff	0,21	0,90	0,21	0,91
r	0,47	0,90	0,50	0,93
Östersjön				
Parametrar	P_koncentration	P_transport	N_koncentration	N_transport
c_0	0,78	0,78	0,65	0,65
kvs	0,95	0,95	0,98	0,98
eff	-0,06	0,86	0,07	0,50
r	0,06	0,86	0,50	0,64

Det är svårt att få bra statistisk överensstämmelse mellan modellerade halter och uppmätta halter (tabell 6). Däremot erhålls bra statistisk överensstämmelse för transporter. Kvävetransportererna för Östersjön visar dock sämre överensstämmelse än för övriga transporter. En omständighet som försvårar modelleringen är att uppmätta flöden och SMHI:s simulerade flöden för Florån stämmer dåligt överens. SMHI underskattar höga flöden och vilket påverkar modellerade koncentrationer och transporter. En annan försvårande omständighet är att mätstationen i Florån ligger alldeles nedanför Florsjöns utlopp. Interna processer i sjöar, vattenreglering mm. gör det mer komplext och svårt att få modellkalibreringen att stämma i sådana fall då mätstationen ligger i utloppen av en sjö.

Modellerad koncentration

Jämförs modellerade fosfor- och kvävekoncentrationer med uppmätta, är de i samma storleksordning både för Florsjön och för Östersjön (figur 10). Däremot har de modellerade koncentrationerna svårt att följa den dynamik som uppmätta halter visar. Störst skillnader finns i Florån kring månadssteg 20 (augusti 1999) där modellen underskattar fosforkoncentrationen och kring månadssteg 60 (januari 2003) där modellen överskattar både fosfor- och kvävekoncentrationen. Skillnaden i dynamiken mellan Florsjön och Östersjön beror på att det har kopplats en sjömodul till Östersjön vilken dämpar variationer i vattenflöden och halter.

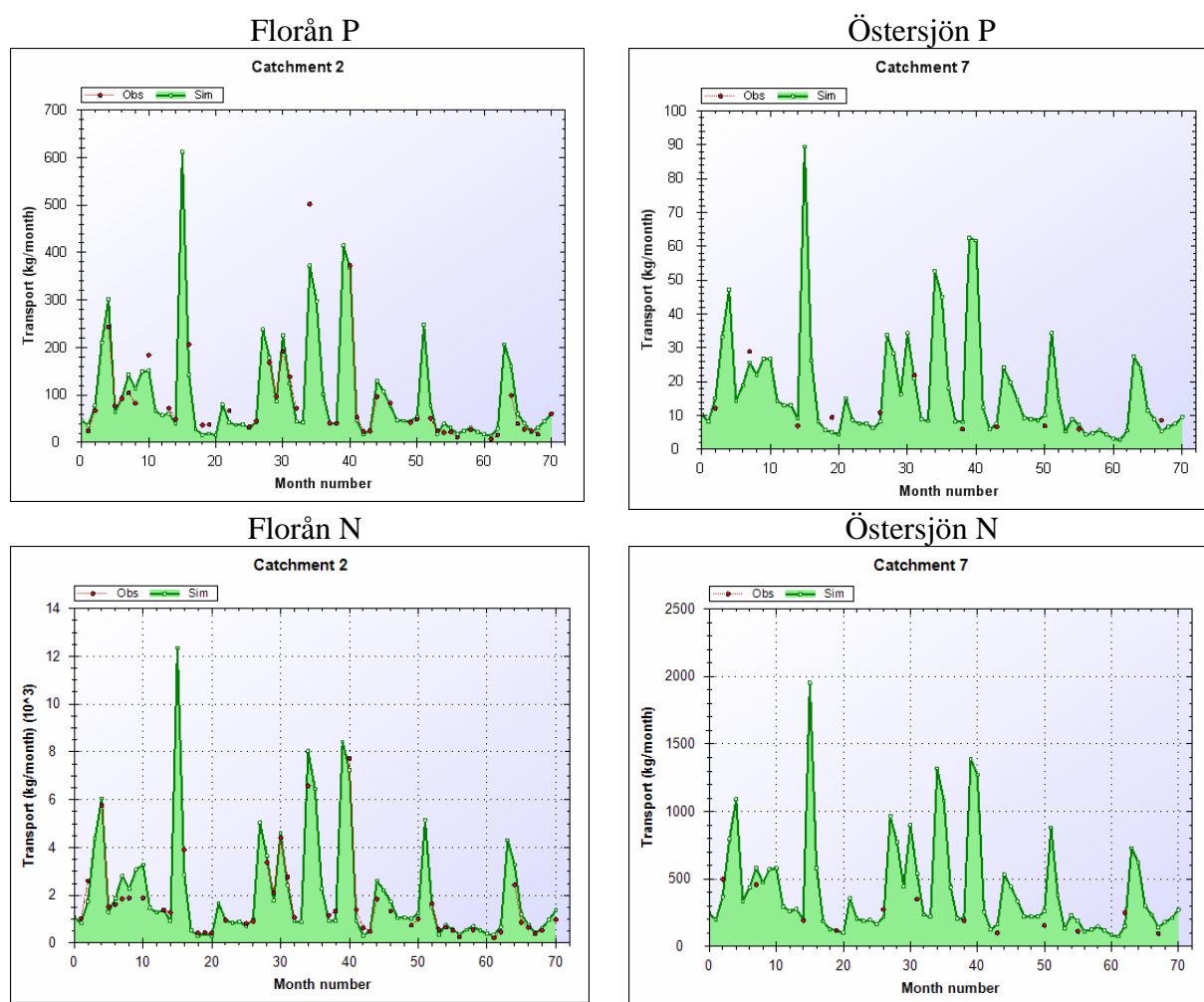


Figur 10. Fosfor- och kvävekoncentrationer i Florån till vänster och Östersjön till höger för kalibreringsperioden 1998-2003. Uppmätta koncentrationen (röda punkter) och modellerade (grönt), streckade linje mellan de röda punkterna innebär att proven tagits månaderna efter varandra. Den initial sjökoncentration i Östersjöns sjömodul sattes till 0,035 mg P/l respektive 815 mg N/l.

Medelvärdet för fosfor- och kvävekoncentrationer i Florån och Östersjön under perioden 1998-2007 beräknades till 0,026 mg P/l och 0,550 mg N/l för Florån samt 0,028 mg P/l och 0,750 mg N/l för Östersjön (figur 10 och 12).

Modellerad Transport

Modellerade transporter (figur 11) visar bra överensstämmelse med uppmätta transporter både i Florån och i Östersjön. En orsak är att samma vattenflöde använts för beräkning av både modellerad och uppmätt transport. En annan orsak är att flödena är låga vid de tillfällen då stora skillnader i koncentrationerna observerats. Modellen missar dock vissa avvikande höga och låga transporter. För jämförelse mellan modellerade och beräknade transporter har de statistiska måtten *eff* och *r* beräknats (se Hansson m.fl., 2008b). För fosfortransporter erhålls värden för båda statistiska måtten på 0,90 för Florån och 0,86 för Östersjön (tabell 6). För kvävetransporter i Florån fås ett *eff* på 0,91 och *r* på 0,93 och för Östersjön på ett *eff* på 0,50 och *r* på 0,64.



Figur 11: Transport som kg fosfor och kväve per månad för Florån till vänster och Östersjön till höger för kalibreringsperioden 1998-2003. Beräknad transport från uppmätta koncentrationer (röda punkter) och beräknad transport från modellerade koncentrationer (grönt).

Modellvalidering

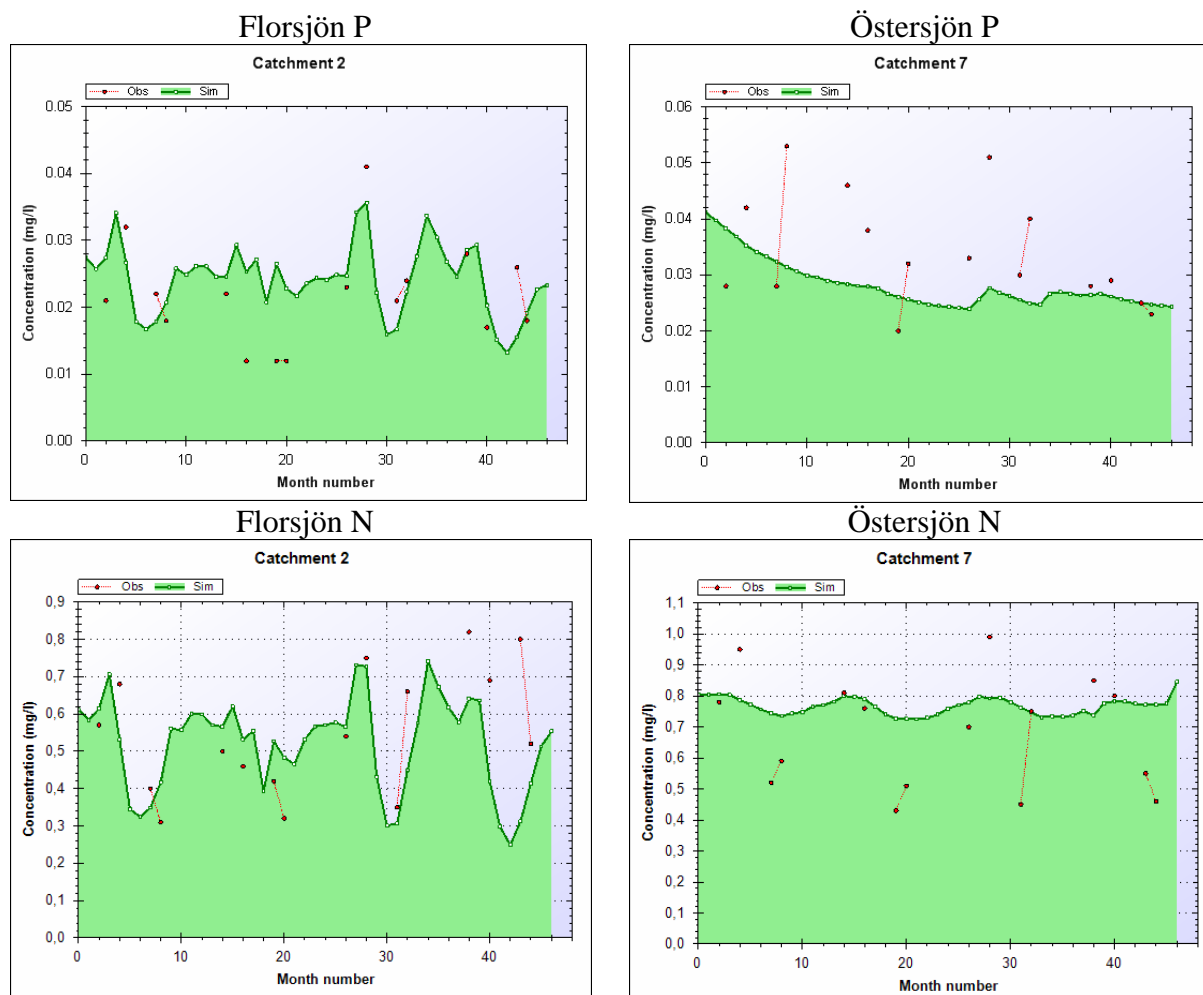
Validering görs mot uppmätta ytvattenkoncentrationer i Florsjön och Östersjön för perioden 2004-2007. De värden för parametrarna c_0 och kvs som tags fram vid kalibreringen användes också vid valideringen. De statistiska måtten för fosfor vid validering är något högre än de statistiska måtten som erhöles vid kalibreringen (tabell 7) medan de statistiska måtten för

kväve vid validering visar på sämre överensstämmelse. Valideringen för fosfor visar att modellen är konsekvent och att kalibreringsparametrarna fungerar för en längre period. För kväve fungerar valideringen sämre. För transportberäkningar fås mycket bra överensstämmelse mellan modellerade och uppmätta transporter.

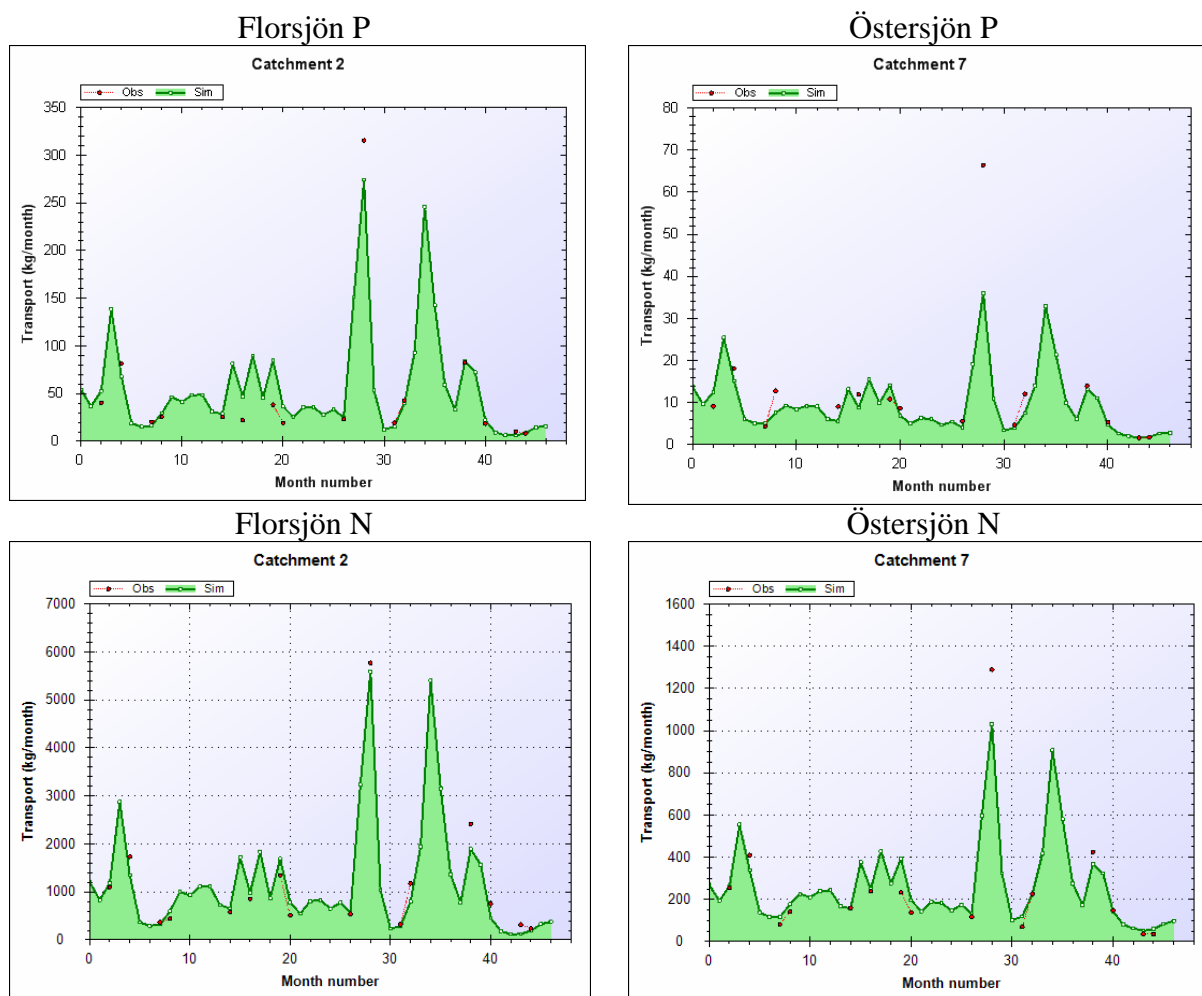
Tabell 7: Erhållna värden på de statistiska måtten *eff* och *r* då kalibreringsparametrarna c_0 är 0,78 och *kvs* är 0,95.

Parametrar	P_koncentration	P_transport	N_koncentration	N_transport
<i>eff</i>	0,21	0,94	0,03	0,97
<i>r</i>	0,51	0,94	0,46	0,97

Störst skillnader i uppmätt och modellerad fosforkoncentration i Florsjön återfinns kring månadssteg 18, juni/juli 2005 (figur 12). Modellerade kvävekoncentrationer i Florån både överskattas och underskattas jämfört med uppmätta koncentrationer. För Östersjön är modellerade fosforkoncentrationer lägre jämfört med uppmätta koncentrationer, för kväve däremot överskattar modellen mer än hälften av värdena. Valideringen visar liksom kalibreringen att modellerade och beräknade transporter (figur 13) får en bättre överensstämmelse än de modellerade och uppmätta koncentrationerna.



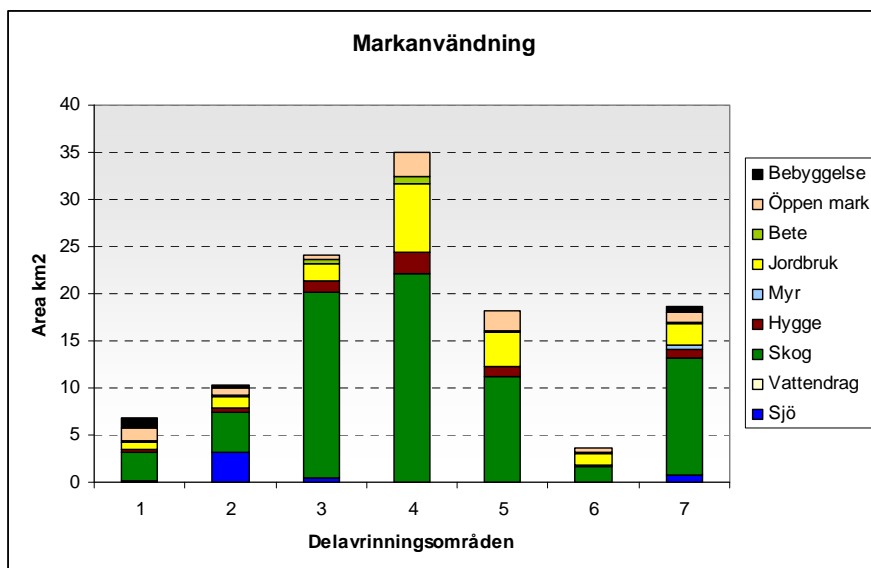
Figur 12. Fosfor- och kvävekoncentrationer i Florsjön till vänster och Östersjön till höger för valideringsperioden 2004-2007. Uppmätta halter (röda punkter) och modellerade halter (grön linje). Den initial sjökoncentration i Östersjön sattes till 0,043 mg fosfor/l och 0,795 mg kväve/l



Figur 13: Fosfor- och kvävetransport i kg per månad för Florsjön till vänster och Östersjön till höger för valideringsperioden 204-2007. Beräknad transport från uppmätta koncentrationer (röda punkter) och beräknad transport från modellerade koncentrationer (grönt).

Markanvändning

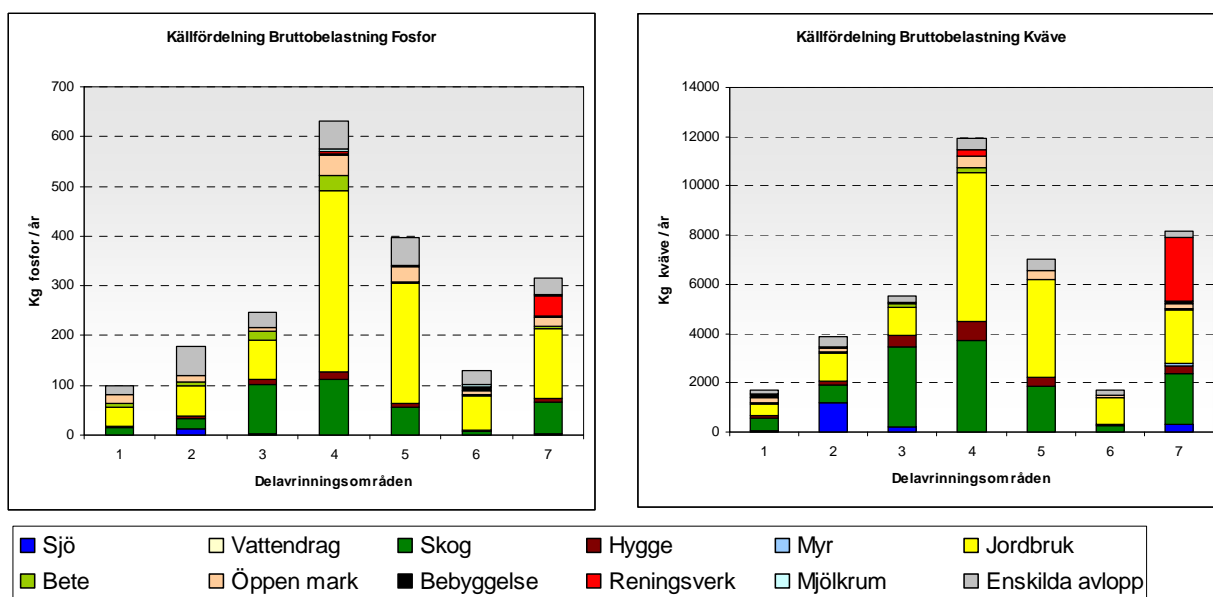
Alla sju delavrinningsområdena domineras av skogsmark (figur 14). Störst areal jordbruksmark finns i delavrinningsområde 4 och näst största i delavrinningsområde 5. Tabell med samtliga arealer redovisas även i bilaga 2, tabell 2. Östersjön ligger i delavrinningsområde 7 och Florsjön i delavrinningsområde 2 se figur 6.



Figur 14. Markanvändning i delavrinningsområdena.

Källfördelning av bruttobelastning

Med bruttobelastning menas den totala mängden fosfor och kväve som tillförs ett delavrinningsområde från olika källor som t ex markanvändning och punktutsläpp innan retention. Modelleringen visar att delavrinningsområde 4 har störst bruttobelastning (figur 15). För data på bruttobelastningen i varje område se bilaga 3, tabell 1) och att störst andel av belastningen kommer från jordbruksmark. Delavrinningsområde 7 har jämfört med område 5 något större bruttobelastning, delavrinningsområdena är ungefär lika stora men delavrinningsområde 5 har större andel jordbruksmark därav den något högre bruttobelastningen. Delavrinningsområde 3 är det näst största delavrinningsområdet (24 km²) men området domineras av skogsmark med en liten andel jordbruksmark vilket ger den lägre bruttobelastningen. Delavrinningsområde 1, 2 och 6 har minst bruttobelastning och dessa är även de minsta delavrinningsområdena.

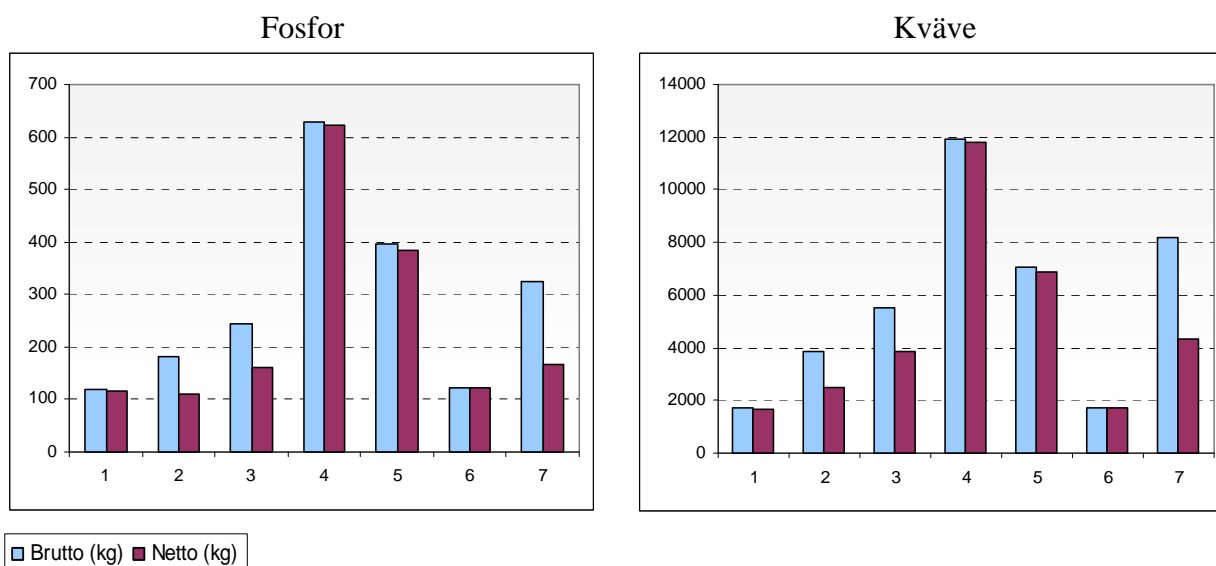


Figur 15 Bruttobelastning i kg/år från varje enskilt delavrinningsområde. Till vänster fosfor och till höger kväve.

Bruttobelastningen från enskilda avloppsanläggningar innehåller många osäkerheter och en del antaganden. Uppgifter om typ av avloppsanläggningar har i de flesta fall kunnat lämnas av Söderhamns kommun även om det för ett antal enskilda avlopp saknas information. Bollnäs kommun har enbart kunnat leverera antal godkända respektive icke godkända enskilda avloppsanläggningar samt en procentsats för fördelningen av markbäddar och infiltrationsanläggningar. Reningskapaciteten för en anläggning kan variera mycket då den försämras med tiden vilket gör att en äldre anläggning renar sämre än en nyanlagd. Att anläggningen är rätt utformad har också stor betydelse för reningskapaciteten. I beräkningarna av utsläpp från enskilda avlopp har ingen hänsyn tagits till anläggningarnas ålder.

Retention

Retentionen är en restterm som bestäms vid kalibreringen mot uppmätta kväve och fosfor koncentrationer. Retentionen är lika med skillnaden mellan brutto- och nettobelastning (figur 16). Absoluta värden redovisas i bilaga 3, tabell 2. Den största delen av retentionen sker genom sedimentation i sjöar. Sjöar finns i delavrinningsområden 2, 3 och 7.

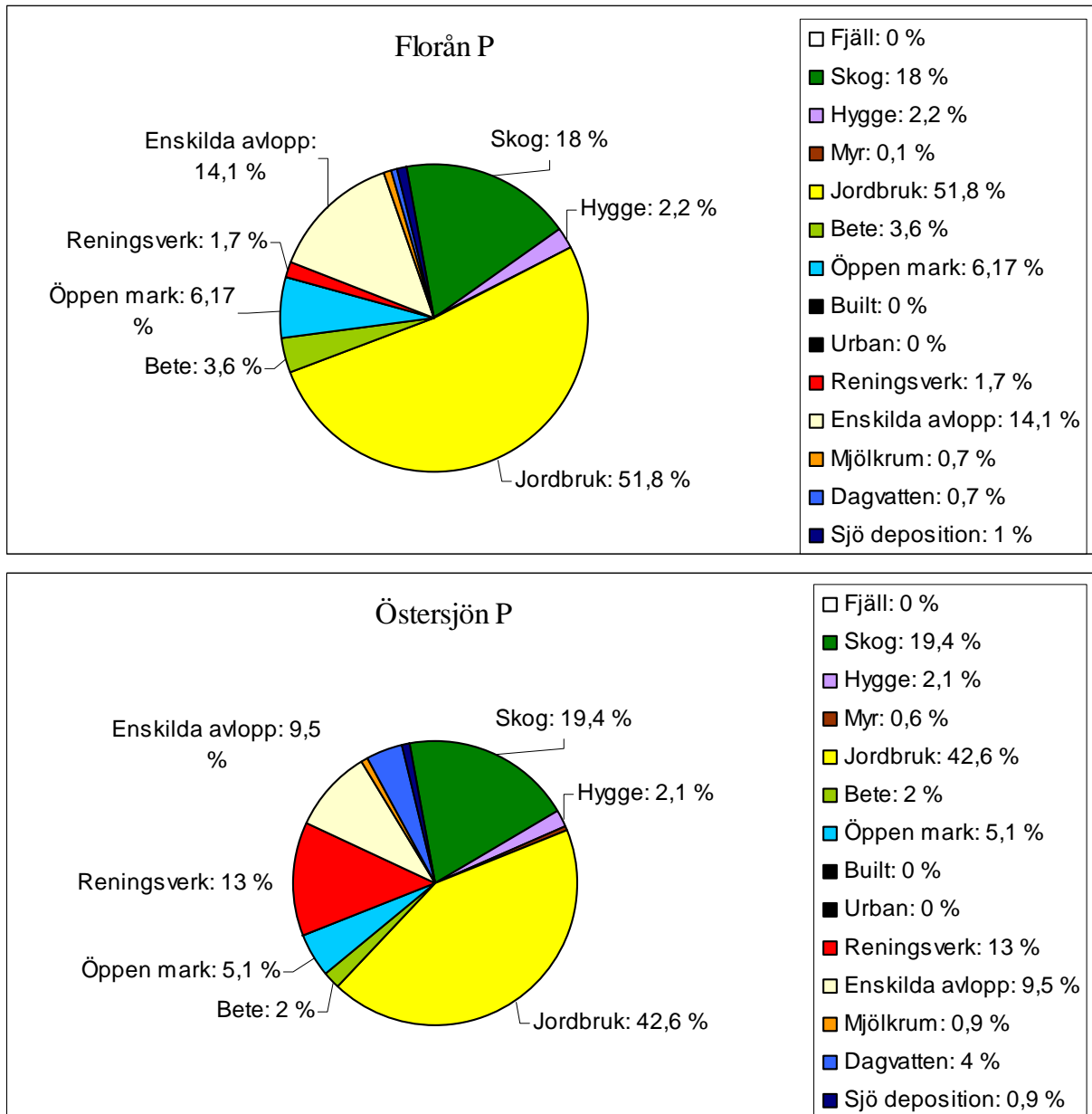


Figur 16. Retentionen utgörs av skillnaden mellan brutto och nettobelastning för varje delavrinningsområde, till vänster visas fosfor och till höger kväve.

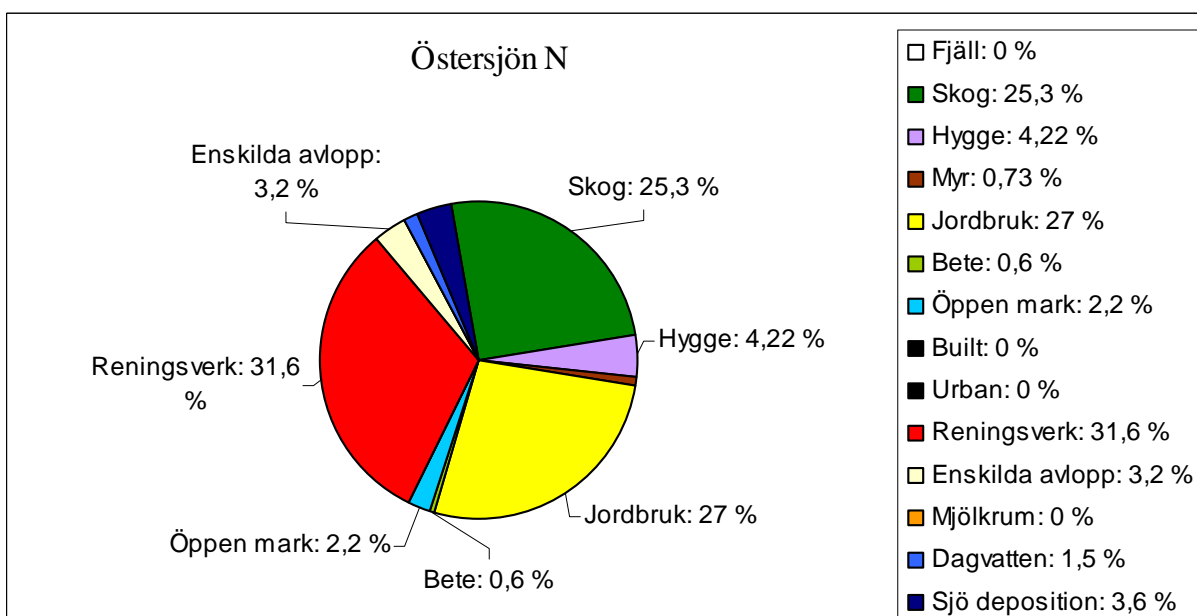
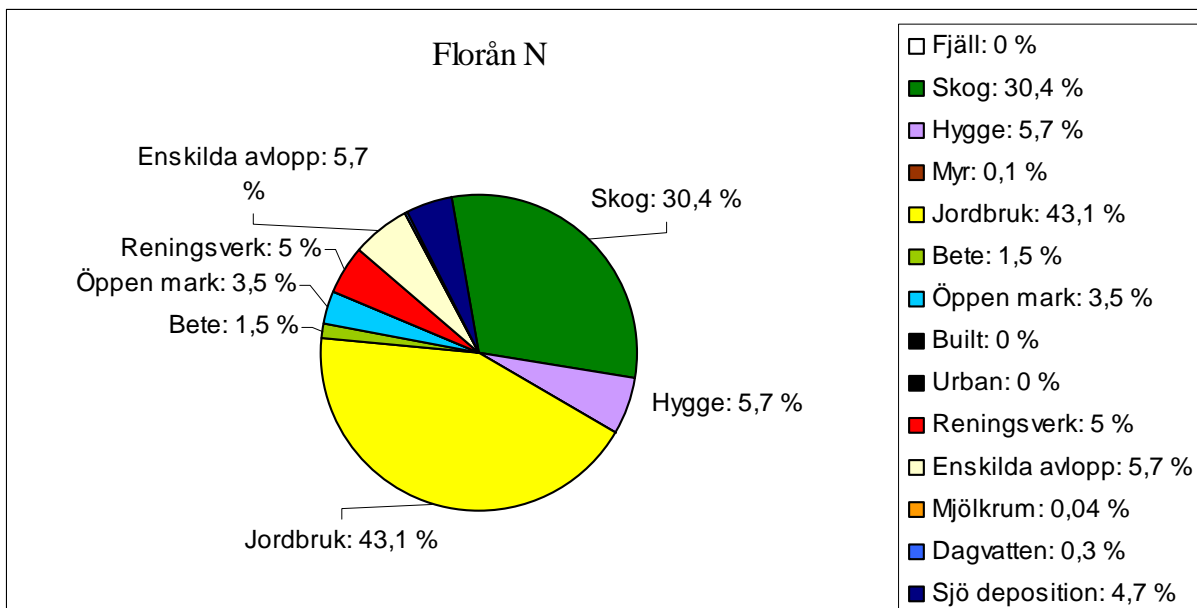
Källfördelning av nettobelastning

Med nettobelastning menas den fosfor och kväve som efter retention lämnar ett delavrinningsområde. I figur 17a och b visas nettobelastningen i delavrinningsområde 2, Florån och i delavrinningsområde 7, Östersjön. För båda områdena utgör jordbruksmark den största fosfor- och kvävekällan, för Florsjön 40 – 50 % och för Östersjön 30 – 40 %. Absoluta värden redovisas i bilaga 3, tabell 3. Skogen står för knappt 20 % av nettobelastningen i Florån och 25 – 30 % av nettobelastningen i Östersjön. Den största skillnaden mellan områdena är att Östersjön påverkas påtagligt av Rengsjö avloppsreningsverk. Reningsverket står för 32 % av kvävebelastningen på Östersjöns och 13 % av fosforbelastningen medan i Florån svarar reningsverken (Rengsjö och Glössbo) för mindre än 5 % av fosfor- och

kvävebelastningen. Detta har att göra med att det har kommit till mer fosfor och kväve från övriga källor vilket medför att reningsverket utgör en mindre andel av nettobelastningen. Utsläpp från enskilda avlopp bidrar med 10 – 15 % av nettobelastningen för fosfor och mindre än 6 % av nettobelastningen för kväve för båda sjöarna.



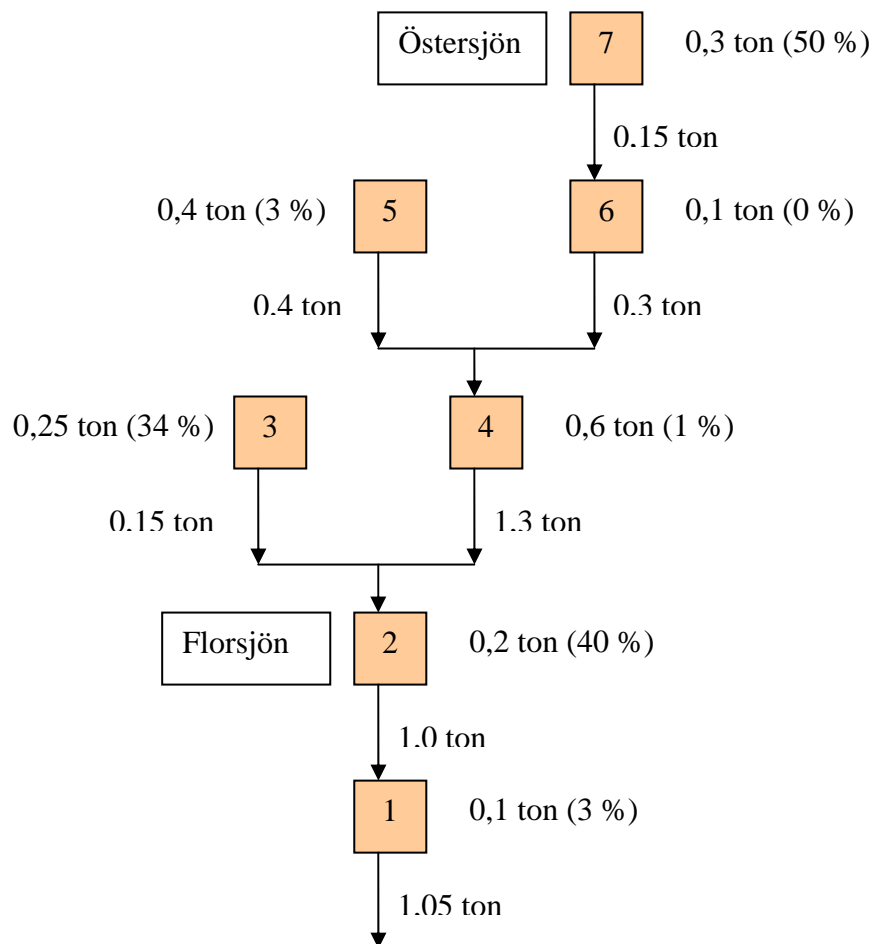
Figur 17a. Nettobelastning visat i procent för fosfor vid Florsjöns och Östersjöns utlopp.



Figur 17b. Nettobelastning visat i procent för kväve vid Florsjöns och Östersjöns utlopp.

Beräknat som årsmedel för perioden 1998-2007 transporteras till Florsjön i genomsnitt 1,6 ton fosfor per år (figur 18a). I Florsjöns delavrinningsområde sker så gott som all retention i själva Florsjön vilket motsvarar 40 % av bruttobelastningen detta innebär att ca 0,6 ton fosfor per år binds in i sjöns sediment. Den totala mängden fosfor som lämnar Florsjön dvs. nettobelastningen är i genomsnitt 1 ton fosfor per år. Till Östersjöns delavrinningsområde transporteras i genomsnitt 0,3 ton fosfor per år. Retentionen i Östersjöns delavrinningsområde sker i huvudsak i Östersjön men även i de små uppströms belägna sjöarna, retentionen i området är 0,15 ton fosfor vilket motsvarar 49 % av bruttobelastningen. Den totala mängden fosfor och kväve som lämnar Östersjön är i genomsnitt per år 0,15 ton fosfor.

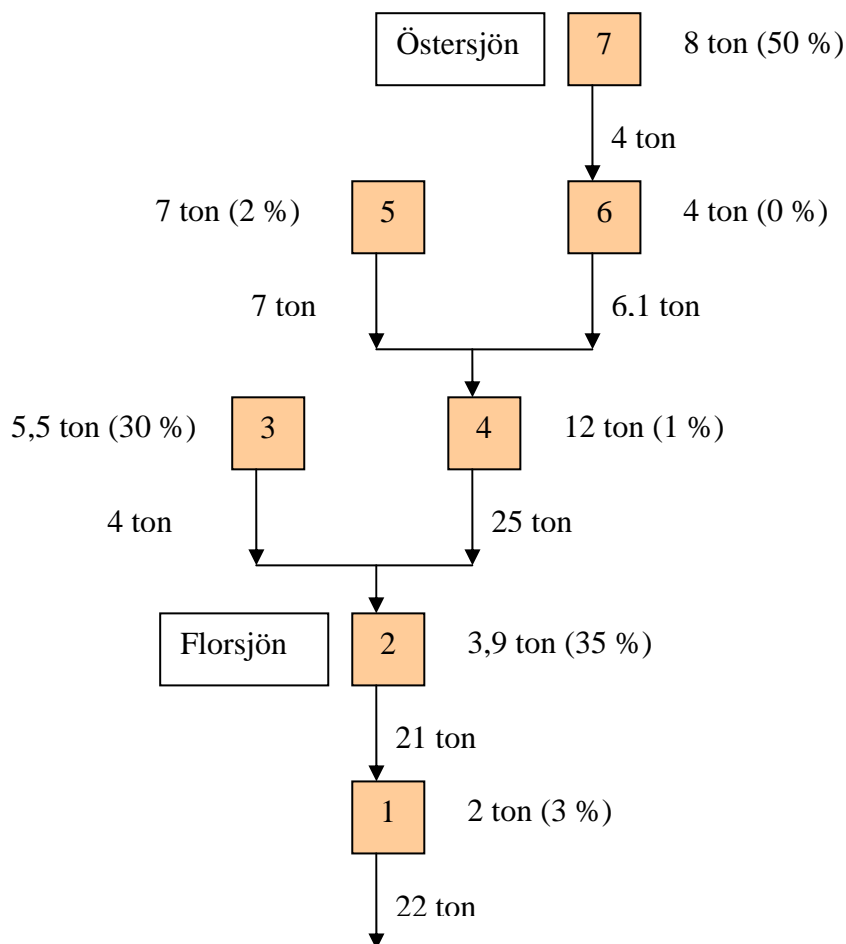
Fosforbelastning i Florsjön och Östersjöns delavrinningsområde



Figur 18a. Fosforbelastning i Florsjön och Östersjöns delavrinningsområde som årsmedel för perioden 1998-2007. Belastningen vid sidan om boxarna visar bruttobelastningen och inom parantes visas områdetens retention. Nettobelastningen visas vid sidan om pilarna.

Beräknat som årsmedel för perioden 1998-2007 transporteras till Florsjön i genomsnitt 33 ton kväve per år (figur 18b). I Florsjöns delavrinningsområde sker så gott som all retention i själva Florsjön vilket motsvarar 35 % av bruttobelastningen detta innebär att ca 12 ton kväve per år binds in i sjöns sediment. Den totala mängden fosfor och kväve som lämnar Florsjön dvs. nettobelastningen är i genomsnitt 21 ton kväve per år. Till Östersjöns delavrinningsområde transporteras i genomsnitt 8 ton kväve per år. Retentionen i Östersjöns delavrinningsområde sker i huvudsak i Östersjön men även i de små uppströms belägna sjöarna, retentionen i området är 4 ton kväve vilket motsvarar 47 % av bruttobelastningen. Den totala mängden kväve som lämnar Östersjön är i genomsnitt per år 4 ton kväve.

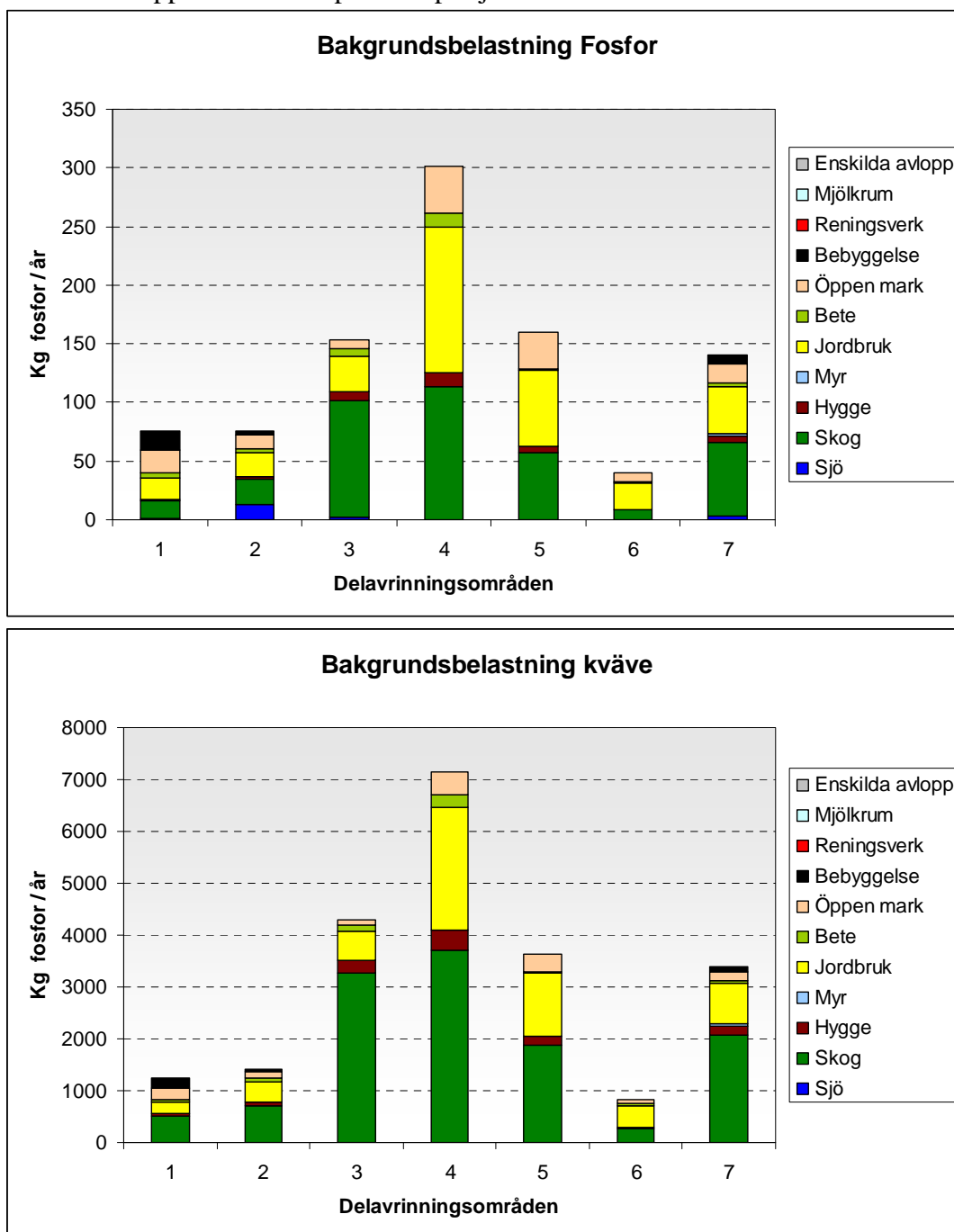
Kvävebelastning i Florsjön och Östersjöns delavrinningsområde



Figur 18b. Kvävebelastning i Florsjön och Östersjöns delavrinningsområde som årsmedel för perioden 1998-2007. Belastningen vid sidan om boxarna är bruttobelastningen och inom parantes visas områdets retention. Nettobelastningen visas vid sidan om pilarna.

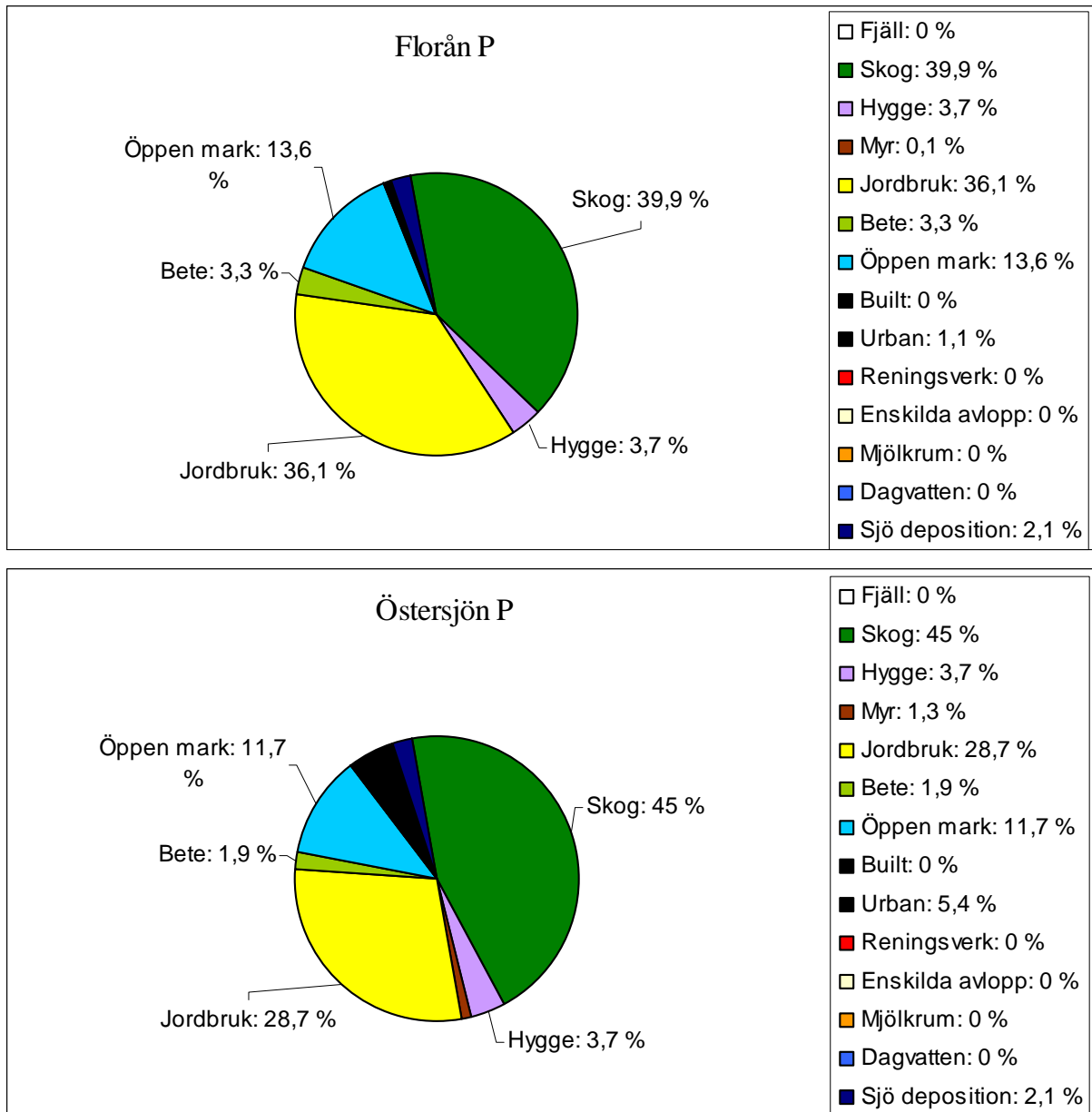
Scenario: Bakgrundsbelastning

Med bakgrundsbelastning menas att alla antropogena källor har tagits bort. Bruttobelastningen redovisas i (figur 19). Tas all mänsklig påverkan bort innebär det att bruttobelastningen minskar med ungefär hälften i samtliga delavrinningsområden (jämfört med figur 15). För kväve varierar minskningen med 30 – 50 %. Absoluta värden redovisas i bilaga 3, tabell 1, 2 och 3. Störst skillnad ses i områden som har stor påverkan från jordbruk, reningsverk, enskilda avlopp och kvävedeposition på sjöar.



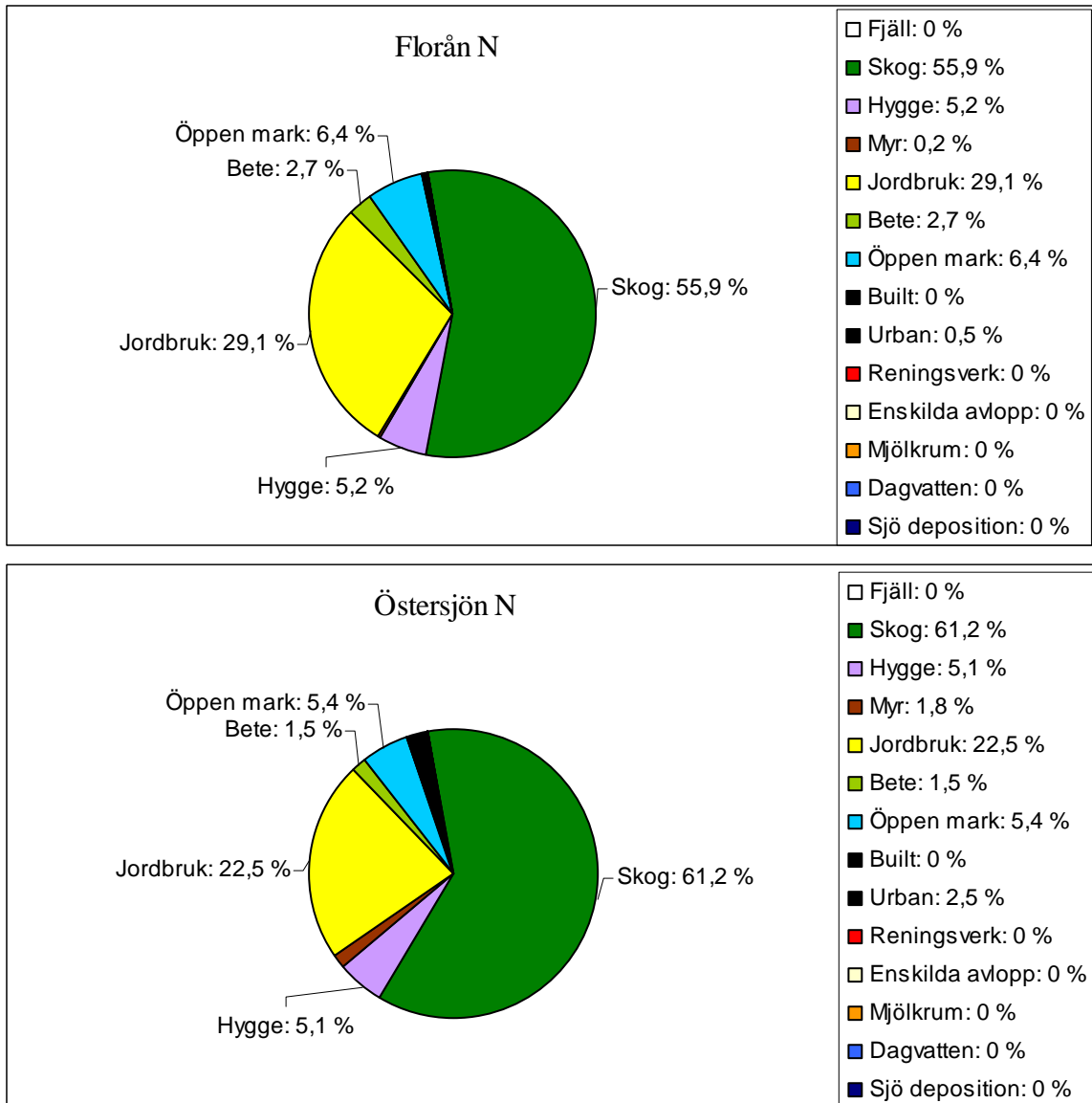
Figur 19. Bakgrundsbelastning redovisat som bruttobelastning för varje enskilt delavrinningsområde.

Bakgrundsvärdena för nettobelastningen av fosfor (figur 20a) utgörs till största delen av läckage från skog och skog som tidigare räknats som hyggen, 45 % för Florån och 50 % för Östersjöns utlopp. Näst största fosforkällan är öppna gräsmarker som innan varit åker och betesmark, 40 % för Florån och 30 % för Östersjön.



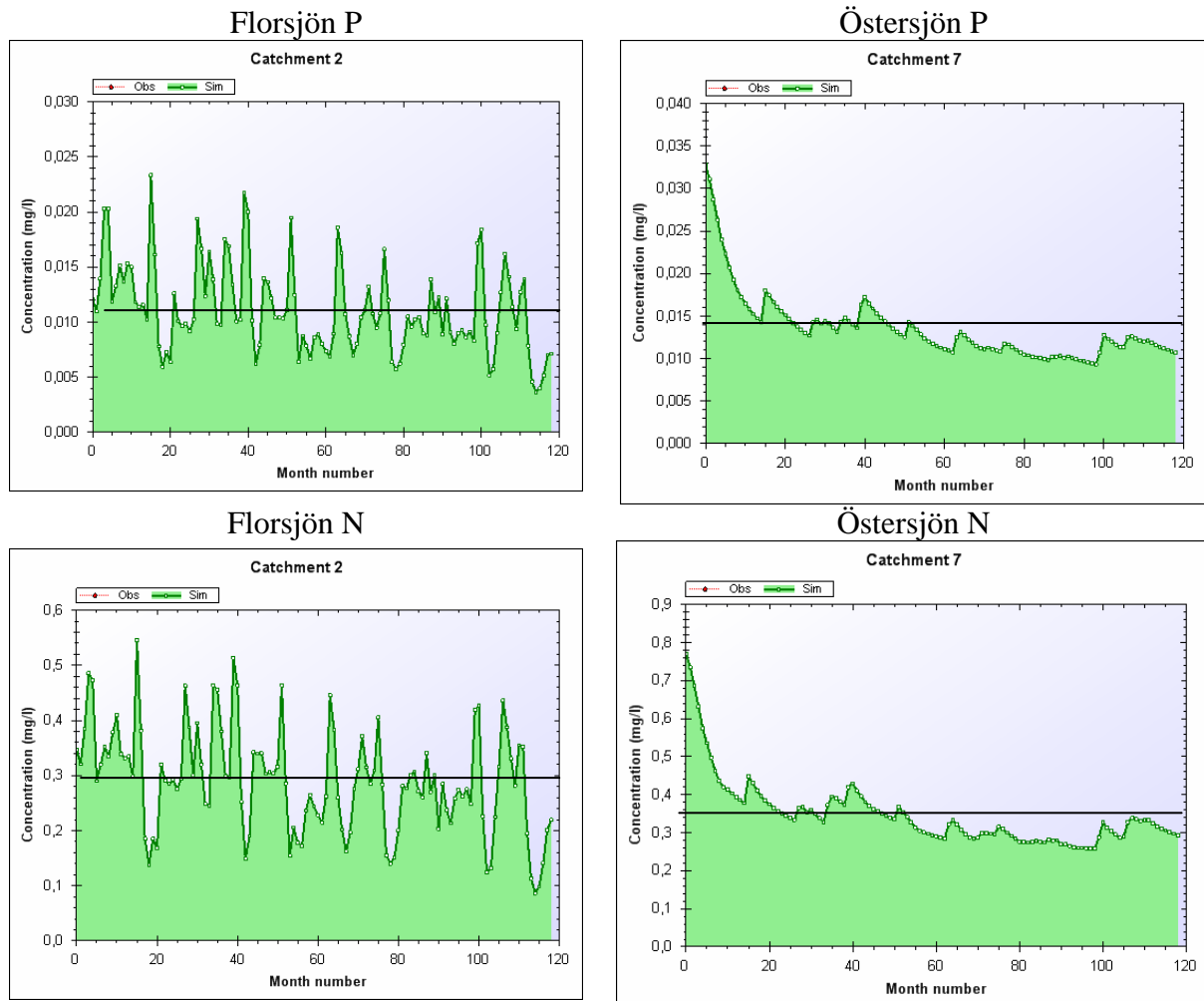
Figur 20a. Bakgrundsvärden för nettobelastning visat i procent för fosfor vid Florsjöns och Östersjöns utlopp.

Bakgrundsvärdena för nettobelastningen av kväve (figur 20b) utgörs till största delen av läckage från skog och skog som tidigare räknats som hyggen, 60 % för Florån och 65 % för Östersjöns utlopp. Näst största fosforkällan är öppna gräsmarker som innan varit åker och betesmark, 30 % för Florån och 25 % för Östersjön.



Figur 20b. Bakgrundsvärden för nettobelastning visat i procent för kväve vid Florsjöns och Östersjöns utlopp.

Modellerade bakgrundskoncentrationer för hela perioden ligger för Florsjön på 0,011 mg P/l och på 0,290 mg N/l (figur 21). För Östersjön ligger de modellerade bakgrundskoncentrationerna på 0,014 mg P/l och för kväve 0,350 mg N/l. Jämfört med dagens koncentrationer (figur 10 och 12) innebär det en minskning av fosfor- och kvävekoncentrationer med ungefär hälften för Florsjön och Östersjön.



Figur 21. Modellerad bakgrundskoncentration i Florsjön och Östersjön.

Slutsatser

I den synoptiska provtagningen uppmättes högst fosfor- och kvävehalter i områden dominerade av jordbruksmark. Vid provtagningstillfället höll Florsjöns tillflöden högre fosforhalter i inloppen än i sjöns utlopp vilket visar på att sjön fungerar som en fosforfälla. Vi provtagningstillfället uppmättes i Östersjöns utlopp högre fosfor- och kvävehalter än i det södra huvudflödet, det norra provtogs inte. Sjöarna uppströms Östersjön bidrar sannolikt till att sänka fosfor- och kvävehalterna i sjöns tillflöden.

Sedimentundersökningen visar att det med största sannolikhet förekommer pulser av fosforläckage från sedimenten i både Florsjön och Östersjön. I den källfördelningsmodellering som gjorts med FyrisNP syns dock inte några tydliga tecken på att det skulle saknas en betydande fosforkälla. Av allt att döma förekommer alltså ingen kontinuerlig internbelastning i Florsjön eller Östersjön. Internbelastning tas därför inte med som en separat källa i fortsatta källfördelningsmodelleringen med FyrisNP.

Till Florsjön transporteras i genomsnitt per år 1,6 ton fosfor och 33 ton kväve. I Florsjöns delavrinningsområde sker så gott som all retention i själva Florsjön vilket innebär att ca 0,6 ton fosfor och 12 ton kväve binds in i sjöns sediment vilket motsvarar 40 % respektive 35 % av bruttobelastningen. Den totala mängden fosfor och kväve som lämnar Florsjön dvs. nettobelastningen är i genomsnitt per år 1 ton fosfor och 21 ton kväve. Näringsläckaget från jordbruksmark är den störst bidragande källan för fosfor- och kvävebelastning till Florsjön (52 % respektive 43 %). Skogsmarkens bidrag är 18 % av fosfor- och 30 % av kvävebelastningen. Utsläpp från enskilda avlopp utgör 14 % fosfor- och 6 % kvävebelastningen och reningsverken i Glössbo och Rengsjö står för 2 % fosfor respektive 5 % kvävebelastningen i Florsjön. Resterande källor bidrar är mindre än 6 % vardera.

Till Östersjöns delavrinningsområde transporteras i genomsnitt per år 0,3 ton fosfor och 8 ton kväve. Retentionen i Östersjöns delavrinningsområde sker i huvudsak i Östersjön men även i de små uppströms belägna sjöarna, retentionen i området är 0,15 ton fosfor och 4 ton kväve vilket motsvarar 50 % av bruttobelastningen. Den totala mängden fosfor och kväve som lämnar Östersjön är i genomsnitt per år 0,15 ton fosfor och 4 ton kväve. Även för Östersjön är näringsläckaget från jordbruksmarken den källa som bidrar med mest fosfor och kväve (43 % respektive 27 %). De näst största källorna är skogsmarken som står för 19 % av fosforbelastningen respektive 25 % av kvävebelastningen och reningsverket i Rengsjö som bidrar med 32 % av kvävebelastningen och 13 % av fosforbelastningen. De enskilda avloppen står för 10 % av fosfor och 3 % av kvävet som belastar Östersjön.

Scenariot med bakgrundsbelastning visar att ungefär 50 % av all fosfor som tillförs Florsjön och Östersjön har antropogent (mänskligt) ursprung. För kväve kommer 30 – 50 % av belastningen från mänsklig aktivitet.

Jämförs dagens fosfor- och kvävekonzentrationer i Florsjön och Östersjön med bakgrundskonzentrationerna innebär det en minskning med ungefär hälften. Modellerade bakgrundskonzentrationer för en 10 års period ligger för Florsjön på 0,011 mg P/l och 0,290 mg N/l. För Östersjön ligger de modellerade bakgrundskonzentrationerna på 0,014 mg P/l och för kväve 0,350 mg N/l. Dagens fosfor- och kvävekonzentrationer är beräknade som ett medelvärde för hela modellerade perioden 1998-2007. Medelvärdet för fosfor- och kvävekonzentrationer i Florån och Östersjön under perioden 1998-2007 beräknas för Florån till

0,026 mg P/l och 0,550 mg N/l, för Östersjön beräknas medelkoncentrationen för perioden vara 0,028 mg P/l och 0,750 mg N/l.

Kalibrering av källfördelningsmodellen FyrisNP har gjorts mot uppmätta fosfor- och kvävekoncentrationer i Florån för perioden 1998-2003. Överrensstämningen mellan uppmätta och modellerade koncentrationer ger ganska låga statistiska värden. Däremot ger transportberäkningarna mycket bra statistisk överrensstämning, vilket är viktigast. Kalibreringen försvåras av två omständigheter. Den ena är att SMHI:s simulerade flöden och de uppmätta flödena i Florån stämmer dåligt överrens. Nash Sutcliffe på 0,4 och en korrelationskoefficient på 0,4. Det simulerade flödet underskattar höga flöden och överskattar låga flöden vilket påverkar både modellerade koncentrationer och transporter. Den andra försvårande omständigheten är att mätstationen i Florån ligger nedanför Florsjöns utlopp. Modellen är bra på att beskriva det som händer i mark och vattendrag och sämre för sjöar som har en annan dynamik beroende på interna processer och eventuell magasinering. Ur den synpunkten hade det varit bättre med en mätstation innan inloppet till Florsjön.

Valideringen av källfördelningsmodellen FyrisNP har gjorts mot uppmätta fosfor och kvävehalter i Florsjöns och Östersjöns ytvatten för perioden 2004-2007. Valideringen gav i stort sett samma statistik som vid kalibreringen vilket betyder att modellen är konsekvent och att kalibreringsparametrarna även klarar att beskriva en längre period.

Används PLC5-data för modellering i mindre områden bör stor försiktighet och kritiskt tänkande tillämpas. PLC5-data kan användas som en mall och man bör komplettera med egna med detaljerade uppgifter om t ex jordart, enskilda avlopp, tidsserier. Den synoptiska provtagningen av vattenkemi visar att uppmätta halter i skogsbäckar, provpunkt 4 och 5 är lägre än typhalten för skog som används i PLC5. Station 4 och 5 från den synoptiska provtagningen kan användas som referensstation för läckage från skogsmark förutsatt att kontinuerliga mätningar under minst ett år utförs.

Det finns stora osäkerheter i beräkningarna för de enskilda avloppens bidrag av kväve och fosfor till närliggande sjöar och vattendrag. En osäkerhet ligger i hur väl de anmälda uppgifterna från kommunens tillståndsregister stämmer överens med verkligheten. En annan osäkerhet är de schablonvärden som används för beräkning av enskilda avlopps anläggningars reningskapacitet, där ålder, skötsel och utformning har stor betydelse.

Mer detaljerad bild över läckaget från jordbruksmark kan fås om det görs en mer detaljerad karta över bland annat jordarter och lutning för jordbruksmark i avrinningsområdena. Ett exempel på en studie inom området är Faruk Djodjics rapport "Identifiering av riskområden för fosforförluster i ett jordbruksdominerat avrinningsområde i Dalarna" (Djodjic, 2008).

Referenser

- Brandt, M., Ejhed, H. och Rapp, L. 2008. Näringsbelastning på Östersjön och Västerhavet 2006. Sveriges underlag till HELCOMs femte Pollution Load Compilation. Naturvårdsverket Rapport 5815.
- Djodjic, F. 2008. Identifiering av riskområden för fosforförluster i ett jordbruksdominerat avrinningsområde i Dalarna. Institutionen för vatten och miljö, rapport 2008:5. ISSN 1403-977X
- Eriksson, J., Andersson, A. och Andersson, R. 1999. Åkermarkens matjordstyper. Naturvårdsverket rapport 4955.
- Granstam, P., Håkansson, K., Laan, K., Persson, G. och Toruddson, T. 1977. Östersjön Rapport från fältkurs i Hydrologi A1, vinter 12-17 mars, sommar 23-27 maj 1977. Avdelningen för hydrologi, Naturgeografiska Institutionen, Uppsala Universitet.
- Hansson, K., Wallin, M., Djodjic, F. och Orback, C. 2008a. The FyrisNP model Version 3.1 – A tool for catchment-scale modelling of source apportioned gross and net transport of nitrogen and phosphorus in rivers A user's manual. Institutionen för miljöanalys, rapport 2008:18. ISSN 1403-977X
- Hansson, K., Wallin, M., Djodjic, F. och Lindgren, G. 2008b. The FyrisNP model Version 3.1 – A tool for catchment-scale modelling of source apportioned gross and net transport of nitrogen and phosphorus in rivers Technical description. Institutionen för miljöanalys, rapport 2008:19. ISSN 1403-977X
- Håkansson, L. 1982. Lake bottom dynamics and morphometry. – the dynamic ratio. *Water Resour Res* 18:1444-1450
- Håkanson, L & Jansson, M. 1983. *Principles of Lake Sedimentology*. Springer, Heidelberg, s 80.
- Liss, B. 2003. Kvantifiering av kväve- och fosforbelastning från enskilda avlopp. Institutionen för geovetenskaper, Uppsala Universitet. UPTEC W 03 033. ISSN 1401-5765
- Löfgren, S. och Brandt, M. 2005. Kväve och fosfor i skogsmark, fjäll och myr i norra Sverige. Rapportserie SMED och SMED&SLU nr 14 2005. ISSN:1652-4179.
- Nash, J. E. and J. V. Sutcliffe , 1970. River flow forecasting through conceptual models part I - A discussion of principles, *Journal of Hydrology*, 10 (3), 282–290.
- Naturvårdsverket. 2006. Naturvårdsverkets allmänna råd [till 2 och 26 kap. miljöbalken och 12-14 och 19 §§förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd] om små avloppsanordningar för hushållsspillvatten; Naturvårdsverket, NFS 2006:7.
- Rydin, E.** (2008) Kan Östersjön restaureras? Utvärdering av erfarenheter från sjöar. Del 2. Kemiska och fysiska sjörestaureringsmetoder – något för Östersjön? Naturvårdsverket Rapport 5860:51-90.

Rydin, E. 2005. Rörligt fosfor i Fagersjövikens sediment. Naturvatten i Roslagen AB. Rapport 2005:19.

Internet

SMED, Svensk Miljöemmissionsdata, Data. PLC5-data
<http://www.smed.se/>

Institutionen för miljöanalys. Data finns här. Databank för vattenkemi.
[http://info1.ma.slu.se/ma/www_ma.acgi\\$Project?ID=Intro](http://info1.ma.slu.se/ma/www_ma.acgi$Project?ID=Intro)

Ljusnan-Voxnans Vattenvrådsförbund. Nyheter och Information.
http://www.lvvf.se/lvlab/lvvvf/document_view.asp?show=all&catid=1

Bilaga 1. Analysresultat

Tabell 1. Vattenkemiska analysresultat från den synoptiska provtagningen av vattendrag inom Östersjöns och Florsjöns avrinningsområde, utförd 29 maj, 2008.

Kod	Vattendrag	X-koordinat	Y-koordinat	pH (1)	Kond. (mS/m)	NH4-N (ug/l)	NO2+NO3 (ug/l)	Tot-N (ug/l)	Tot-P (ug/l)	PO4-P (ug/l)
1	Florån	6797366	1553753	7,21	7,82	10	138	563	22	7
2	Klittån	6799219	1551157	7,05	5,49	18	24	424	26	15
3	Färgeriån	6799899	1551695	7	9,61	51	229	563	108	53
4	Gåsjöbäcken	6799453	1547135	7,11	4,72	8	16	327	11	6
5	Björltjärnsbäcken	6799401	1547147	7,18	4,83	14	49	398	12	7
6	Bagängsbäcken	6804001	1545011	7,1	10,5	27	137	686	41	17
7	innan Östersjön (från Västersjön)	6805365	1543403	6,9	6,72	30	12	558	26	9
8	Östersjöån	6805211	1545285	9,96	7,64	48	285	778	29	9

Tabell 2. Analysresultat från sedimentprover, provtagningen utfördes mellan 28 januari och 1 februari 2008.

Vattendrag	Provpunkt	Vatten-halt (%)	Glödgnings-förlust (%)	Löst bunden P	Järn-bunden P	Aluminium- bunden P	Kalcium- bunden P	rest-P	org-P	Total P
Florsjön	0-1 cm	95,1	16,0	11	2000	260	300	28	460	3100
Florsjön	1-2 cm	89,0	15,1	1	1400	270	290	77	380	2400
Florsjön	4-5 cm	88,3	14,7	2	1300	300	290	80	360	2300
Florsjön	9-10 cm	83,5	13,0	0	800	230	290	63	250	1600
Florsjön	24-25 cm	78,0	11,9	0	410	160	340	65	150	1100
Östersjön	0-1 cm	96,2	30,5	52	3000	880	170	400	820	5300
Östersjön	1-2 cm	93,1	29,5	17	1300	710	160	220	820	3200
Östersjön	4-5 cm	92,4	27,1	0	860	500	180	290	630	2500
Östersjön	9-10 cm	91,0	26,3	1	940	1000	220	190	630	3000
Östersjön	24-25 cm	81,1	18,8	4	990	580	300	41	330	2200

Bilaga 2. Indata till källfördelningsmodellen FyrisNP

Tabell 1. Markanvändningen för delavrinningsområdena så som den används i modelluppsättningen. Arean (km²) har i GIS beräknats från röda kartan. Längden på vattendragen är beräknade från gröna kartan och vattendragens bredd antas vara 0,5 meter.

Delaro	Area (km ²)	Lake (km ²)	Stream Length (km)	Stream Area (km ²)	Mountain (km ²)	Forest (km ²)	Clearcuts (km ²)	Mire (km ²)	Arable (km ²)	Pasture (km ²)	Open (km ²)	Urban (km ²)
1	6,836	0,146	6	0,003	0	3,034	0,333	0	0,732	0,188	1,250	1,149
2	10,276	3,166	6	0,003	0	4,203	0,482	0	1,167	0,200	0,779	0,276
3	24,049	0,494	27	0,014	0	19,569	1,347	0	1,756	0,382	0,487	0
4	35,020	0	45	0,023	0	22,157	2,288	0	7,209	0,714	2,630	0
5	18,110	0	29	0,014	0	11,146	1,108	0	3,705	0,065	2,071	0
6	3,610	0	4	0,002	0	1,614	0,171	0	1,241	0,108	0,474	0
7	18,570	0,753	21	0,010	0	12,361	1,029	0,358	2,303	0,153	1,094	0,508
Totalt	116,470	4,558	138,051	0,069	0,000	74,084	6,758	0,358	18,113	1,810	8,786	1,934

Tabell 2. Arean (km²) för de 15 grödoslagen, enligt PLC5s klassning, inom delavrinningsområdena.

Delaro	Vår-korn	Höst-vete	Vall	Sockerbetor	Höst-raps	Grön-träda	Havre	Vår-vete	Råg	Höst-korn	Vår-raps	Potatis	Extensiv Vall	Små grödor	Odef. jordbruk	Area
1	0.119	0	0.520	0	0	0.000	0.092	0	0	0	0	0.002	0.188	0	0	0.920
2	0.077	0	0.618	0	0	0.084	0.371	0	0	0	0	0.017	0.200	0	0	1.367
3	0.014	0	1.493	0	0	0.042	0.125	0.082	0	0	0	0	0.382	0	0	2.138
4	1.064	0	4.741	0	0	0.556	0.511	0.064	0	0	0.023	0.023	0.714	0.226	0	7.923
5	1.082	0	1.872	0	0	0.135	0.360	0.099	0	0	0	0	0.065	0.158	0	3.770
6	0.240	0	0.874	0	0	0.017	0.078	0	0	0	0	0.002	0.108	0.030	0	1.349
7	0.472	0	1.355	0	0	0.100	0.200	0	0	0	0	0	0.153	0.176	0	2.456
Totalt	3.068	0	11.473	0	0	0.934	1.738	0.244	0	0	0.023	0.044	1.810	0.590	0	19.923

Tabell 3. Typhalter för markläckage (mg/l) så som de används i modelluppsättningen.

Månad	Fosfor						Kväve					
	Mountain	Forest	Clear cuts	Mires	Other	Urban	Mountain	Forest	Clear cuts	Mires	Other	Urban
Januari	0,000	0,014	0,018	0,014	0,050	0,000	0	0,562	1,123	0,562	0,562	0
Februari	0,000	0,014	0,018	0,014	0,050	0,000	0	0,562	1,123	0,562	0,562	0
Mars	0,000	0,014	0,019	0,014	0,050	0,000	0	0,550	1,101	0,550	0,550	0
April	0,000	0,022	0,029	0,022	0,050	0,000	0	0,611	1,222	0,611	0,611	0
Maj	0,000	0,019	0,025	0,019	0,050	0,000	0	0,556	1,112	0,556	0,556	0
Juni	0,000	0,016	0,021	0,016	0,050	0,000	0	0,534	1,068	0,534	0,534	0
Juli	0,000	0,017	0,022	0,017	0,050	0,000	0	0,550	1,101	0,550	0,550	0
Augusti	0,000	0,017	0,023	0,017	0,050	0,000	0	0,534	1,068	0,534	0,534	0
September	0,000	0,016	0,020	0,016	0,050	0,000	0	0,528	1,057	0,528	0,528	0
Oktober	0,000	0,016	0,021	0,016	0,050	0,000	0	0,534	1,068	0,534	0,534	0
November	0,000	0,014	0,018	0,014	0,050	0,000	0	0,539	1,079	0,539	0,539	0
December	0,000	0,013	0,017	0,013	0,050	0,000	0	0,545	1,090	0,545	0,545	0

Tabell 4. Delavrinningsområdenas regionstillhörighet samt jordart, fosforklass och lutningsklass, indelat enligt PLC 5-data.

Delaro	Läckageregion	Skogsregion	Region Öppen	Jordart	Fosforklass	Lutningsklass
1	140	No	No	ClayLoam	2	3
2	140	No	No	SiltLoam	3	2
3	140	No	No	SiltLoam	3	2
4	140	No	No	SiltLoam	3	2
5	140	No	No	SiltLoam	2	3
6	140	No	No	SiltLoam	2	3
7	140	No	No	SiltLoam	2	3

Tabell 5, Typhalter för jordbruksmark (c Arable) och betesmark (c Pasture) så som de används i modelluppsättningen.

Catchment ID	Fosfor		Kväve	
	c Arable (mg/l)	c Pasture (mg/l)	c Arable (mg/l)	c Pasture (mg/l)
1	0,170	0,138	2,178	1,000
2	0,178	0,140	3,218	1,100
3	0,154	0,140	2,191	1,100
4	0,168	0,140	2,793	1,100
5	0,216	0,141	3,546	1,100
6	0,184	0,141	2,829	1,100
7	0,200	0,141	3,185	1,100

Tabell 6, Läckagekoefficienter för fosfor (mg/l) för de 15 grödoslagen, klassas enligt PLC5. Läckagekoefficienterna beror av läckageregion, jordart, fosforklass, lutningsklass och gröda.

ID	Vårkorn	Höstvete	Vall	Sockerbetor	Höstraps	Grönträda	Havre	Vårvete	Råg	Höstkorn	Vårhaps	Potatis	ExtensivVall	Smågrödor
1	0,263	0,260	0,134	0,260	0,260	0,145	0,249	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260	0,138	0,260
2	0,246	0,242	0,142	0,242	0,242	0,143	0,230	0,242	0,242	0,242	0,242	0,242	0,140	0,242
3	0,246	0,242	0,142	0,242	0,242	0,143	0,230	0,242	0,242	0,242	0,242	0,242	0,140	0,242
4	0,246	0,242	0,142	0,242	0,242	0,143	0,230	0,242	0,242	0,242	0,242	0,242	0,140	0,242
5	0,319	0,313	0,134	0,313	0,313	0,149	0,291	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313	0,141	0,313
6	0,319	0,313	0,134	0,313	0,313	0,149	0,291	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313	0,141	0,313
7	0,319	0,313	0,134	0,313	0,313	0,149	0,291	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313	0,141	0,313

Läckagekoefficienter för kväve (mg/l) för de 15 grödoslagen, klassas enligt PLC5. Läckagekoefficienterna beror av läckageregion, jordart och gröda.

ID	Vårkorn	Höstvete	Vall	Sockerbetor	Höstraps	Grönträda	Havre	Vårvete	Råg	Höstkorn	Vårhaps	Potatis	ExtensivVall	Smågrödor
1	4,5	4,4	1,3	4,4	4,4	2,0	4,1	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	1,0	2,1
2	5,8	5,7	1,7	5,7	5,7	2,3	5,3	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	1,1	2,6
3	5,8	5,7	1,7	5,7	5,7	2,3	5,3	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	1,1	2,6
4	5,8	5,7	1,7	5,7	5,7	2,3	5,3	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	1,1	2,6
5	5,8	5,7	1,7	5,7	5,7	2,3	5,3	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	1,1	2,6
6	5,8	5,7	1,7	5,7	5,7	2,3	5,3	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	1,1	2,6
7	5,8	5,7	1,7	5,7	5,7	2,3	5,3	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	1,1	2,6

Tavell 7. Fosforbelastning från små punktkällor som enskilda avlopp och mjölktrum samt fosforbelastning från dagvatten i kilo per månad. Uppgift på utsläpp från enskilt avlopp i delavrinningsområde 1 kommer från PLC5 beräkningar medan resterande uppgifter om läckage från enskilda avlopp har beräknats.

Catchment ID	Enskilt avlopp (kg/månad)	Mjölkrum (kg/månad)	Dagvatten (kg/månad)
1	1,42	0	1,75
2	4,82	0	0,42
3	2,49	0,03	0
4	4,77	0,25	0
5	4,60	0,12	0
6	2,25	0,53	0
7	2,56	0,24	1,08

Kvävebelastning från små punktkällor som enskilda avlopp och mjölktrum samt kvävebelastning från dagvatten i kilo per månad.

Catchment ID	Enskilt avlopp (kg/månad)	Mjölkrum (kg/månad)	Dagvatten (kg/månad)
1	11,50	0	11,17
2	36,18	0	4,17
3	19,33	0,05	0
4	37,93	0,26	0
5	39,75	0,11	0
6	17,62	0,48	0
7	21,89	0,22	9,92

Bilaga 3. Resultat från källfördelningsmodelleringen med FyrisNP

Tabell 1. Bruttobelastning av fosfor från varje enskilt delavrinningsområde som årsmedelvärde (kg/år) för 1998-2007.

Catch ID	Fjäll	Skog	Hygge	Myr	Jordbruk	Bete	Öppen mark	Tätort	Reningsverk	Enskilda avlopp	Mjölkrum	Dagvatten	Sjö deposition
1	0	15	2	0	37	8	19	0	0	17	0	21	1
2	0	21	3	0	62	8	12	0	0	58	0	5	13
3	0	100	9	0	81	16	7	0	0	30	0	0	2
4	0	113	15	0	364	30	39	0	7	57	3	0	0
5	0	57	7	0	240	3	31	0	0	55	1	0	0
6	0	8	1	0	69	5	7	0	0	27	6	0	0
7	0	63	7	2	138	6	16	0	42	31	3	13	3

Bruttobelastning av kväve från varje enskilt delavrinningsområde som årsmedelvärde (kg/år) för 1998-2007.

Catch ID	Fjäll	Skog	Hygge	Myr	Jordbruk	Bete	Öppen mark	Tätort	Reningsverk	Enskilda avlopp	Mjölkrum	Dagvatten	Sjö deposition
1	0	508	112	0	478	57	209	0	0	138	0	134	57
2	0	704	161	0	1127	66	130	0	0	434	0	50	1207
3	0	3276	451	0	1155	126	82	0	0	232	1	0	194
4	0	3709	766	0	6042	236	440	0	269	455	3	0	9
5	0	1866	371	0	3942	22	347	0	0	477	1	0	5
6	0	270	57	0	1053	36	79	0	0	211	6	0	1
7	0	2069	345	60	2201	50	183	0	2580	263	3	119	291

Bakgrundsvärden av fosfor från varje enskilt delavrinningsområde som årsmedelvärde (kg/år).

Catch ID	Fjäll	Skog	Hygge	Myr	Jordbruk	Bete	Öppen mark	Tätort	Reningsverk	Enskilda avlopp	Mjölkrum	Dagvatten	Sjö deposition
1	0	15	2	0	18	5	19	17	0	0	0	0	1
2	0	21	2	0	20	3	12	4	0	0	0	0	13
3	0	100	7	0	30	7	7	0	0	0	0	0	2
4	0	113	12	0	125	12	39	0	0	0	0	0	0
5	0	57	6	0	65	1	31	0	0	0	0	0	0
6	0	8	1	0	22	2	7	0	0	0	0	0	0
7	0	63	5	2	40	3	16	8	0	0	0	0	3

Bakgrundsvärden kväve från varje enskilt delavrinningsområde som årsmedelvärde (kg/år).

Catch ID	Fjäll	Skog	Hygge	Myr	Jordbruk	Bete	Öppen mark	Tätort	Reningsverk	Enskilda avlopp	Mjölkrum	Dagvatten	Sjö deposition
1	0	508	56	0	220	57	209	192	0	0	0	0	0
2	0	704	81	0	385	66	130	46	0	0	0	0	0
3	0	3276	225	0	580	126	82	0	0	0	0	0	0
4	0	3709	383	0	2379	236	440	0	0	0	0	0	0
5	0	1866	185	0	1223	22	347	0	0	0	0	0	0
6	0	270	29	0	410	36	79	0	0	0	0	0	0
7	0	2069	172	60	760	50	183	85	0	0	0	0	0

Tabell 2. Beräknad brutto- och nettobelastning av fosfor och kväve som årsmedelvärde för 1998-2007. Skillnaden mellan brutto och netto är retentionen och den totala nettobelastningen inkluderar även fosfor och kväve från delavrinningsområden uppströms.

Catchment ID	Fosfor			Kväve		
	Brutto (kg)	Netto (kg)	Retention (%)	Brutto (kg)	Netto (kg)	Retention (%)
1	120	116	3%	1066	1692	1640
2	183	110	40%	983	3879	2504
3	245	162	34%	162	5515	3833
4	628	622	1%	1290	11928	11821
5	395	385	3%	385	7031	6866
6	123	123	0%	289	1714	1710
7	325	166	49%	166	8163	4358

Beräknad bakgrundsbelastning av fosfor och kväve. Skillnaden mellan brutto och netto är retentionen och den totala nettobelastningen inkluderar även fosfor och kväve från delavrinningsområden uppströms.

Catchment ID	Fosfor			Kväve		
	Brutto (kg)	Netto (kg)	Retention (%)	Brutto (kg)	Netto (kg)	Retention (%)
1	76	74	3%	529	1241	1206
2	76	47	38%	467	1412	930
3	153	103	33%	103	4289	3015
4	301	299	1%	576	7147	7086
5	160	156	3%	156	3642	3561
6	40	40	0%	123	823	822
7	140	83	41%	83	3380	2067

Tabell 3. Nettobelastning av fosfor och kväve, som årsmedelvärde för 1998-2007.

		Fjäll	Skog	Hygge	Myr	Jord- bruk	Bete	Öppen mark	Urban	Renings- verk	Enskilda avlopp	Mjolk- rum	Dag- vatten	Sjö deposition
Florsjön	Absolut (kg)	0	178	22	1	511	36	61	0	17	139	7	7	9
Fosfor	Relativt	0%	18%	2%	0%	52%	4%	6%	0%	2%	14%	1%	1%	0%
Östersjön	Absolut (kg)	0	32	3	1	71	3	8	0	22	16	1	7	2
Fosfor	Relativt	0%	20%	2%	1%	43%	2%	5%	0%	13%	10%	1%	4%	0%
Florsjön	Absolut (kg)	0	6339	1182	20	8995	303	732	0	1051	1198	8	73	975
Kväve	Relativt	0%	30%	6%	0%	43%	1%	4%	0%	5%	6%	0%	0%	5%
Östersjön	Absolut (kg)	0	1105	184	32	1175	27	98	0	1377	140	1	64	155
Kväve	Relativt	0%	25%	4%	1%	27%	1%	2%	0%	32%	3%	0%	1%	4%

Bakgrundsvärden för nettobelastning av fosfor och kväve.

		Fjäll	Skog	Hygge	Myr	Jord- bruk	Bete	Öppen mark	Urban	Renings- verk	Enskilda avlopp	Mjolk- rum	Dag- vatten	Sjö deposition
Florsjön	Absolut (kg)	0	187	17	1	169	15	64	5	0	0	0	0	10
Fosfor	Relativt	0%	40%	4%	0%	36%	3%	14%	1%	0%	0%	0%	0%	2%
Östersjön	Absolut (kg)	0	37	3	1	24	2	10	5	0	0	0	0	2
Fosfor	Relativt	0%	45%	4%	1%	29%	2%	12%	5%	0%	0%	0%	0%	2%
Florsjön	Absolut (kg)	0	6592	613	24	3425	313	757	64	0	0	0	0	0
Kväve	Relativt	0%	56%	5%	0%	29%	3%	6%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
Östersjön	Absolut (kg)	0	1265	105	37	465	31	112	52	0	0	0	0	0
Kväve	Relativt	0%	61%	5%	2%	22%	1%	5%	3%	0%	0%	0%	0%	0%