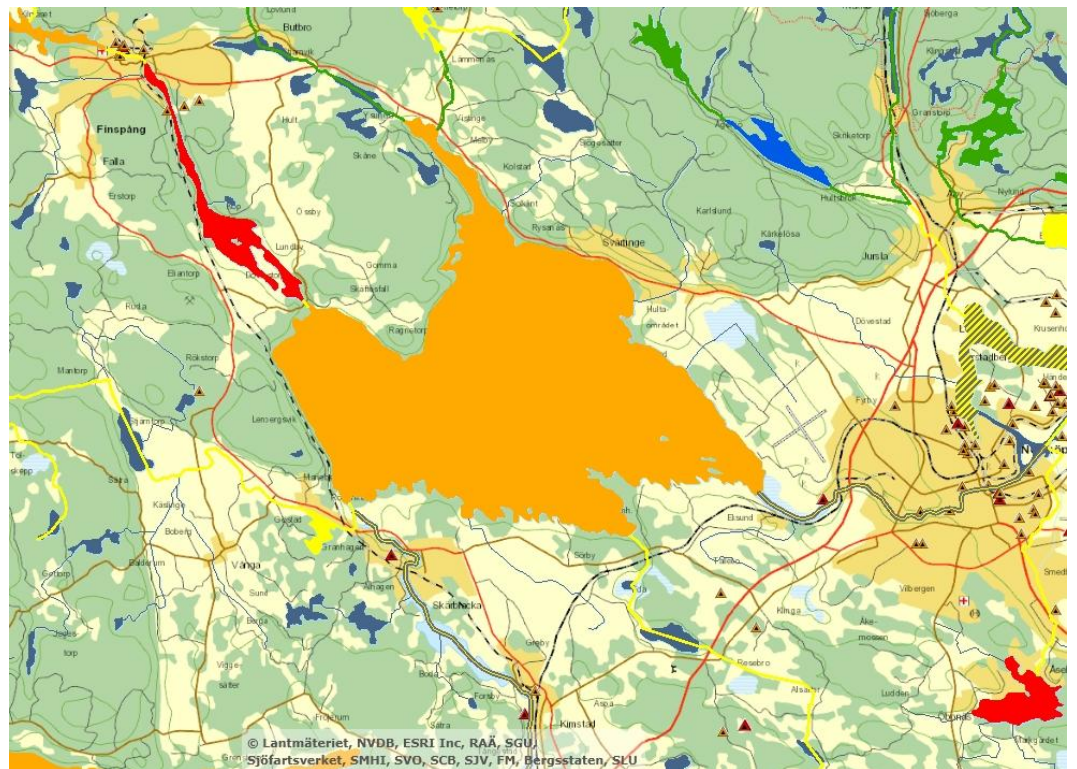


## Åtgärdsplan för sjön Glan

Norrköping Vatten AB



Rapport nr 2012-00437-A

Författare Sophie Owenius och Ebba af Petersens, WRS Uppsala

# Innehåll

Sammanfattning	4
1. Inledning	7
1.1. Syfte	8
2. Beskrivning av uppdraget	8
2.1. Målbild för att nå God ekologisk status i Glan	10
2.2. Fosfor är det begränsande ämnet	10
3. Utredningsområdet	12
3.1. Definition av utredningsområdet	12
3.2. Beskrivning av utredningsområdet	14
3.2.1. Markanvändning	14
3.2.2. Sjön Glan	15
4. Lägesbeskrivning år 2001	16
4.1. Föreslagen miljö kvalitetsnorm och belastningsminskningsbehov	16
4.1.1. Tidplan för att nå målet	18
5. Förändringar i utredningsområdet sedan det senaste sekelskiftet	18
5.1. Oförändrad markanvändning	18
5.2. Förändringar i kommunala reningsverk	19
5.2.1. Reningsverk i utredningsområdet	19
5.2.2. Reningsverk uppströms utredningsområdet	19
5.3. Enskilda avlopp	20
5.3.1. Införande av fosfatfria tvättmedel	20
5.3.2. Genomförda och planerade åtgärder av enskilda avlopp	21
5.3.3. Industri	24
5.3.4. Dagvatten	24
5.3.5. Deponier	26
5.3.6. Jordbruk	27
5.3.7. Skogsbruk	29
5.3.8. Övrigt	30
6. Lägesbeskrivning år 2011	32
6.1. Ett av de områden som göder havet mest	32
6.1.1. Brutto- och nettobelastning från Motala ströms avrinningsområde	32
6.1.2. Källfördelningsanalys - huvudavrinningsområdet	33
6.1.3. Källfördelningsanalys – utredningsområdet	34
6.2. Glan – status och miljö kvalitetsmål	36
6.3. Glan idag jämfört med målbilden 2001	37
6.3.1. Transporter av fosfor till och från Glan	37
6.3.2. Transport av kväve in och ut ur Glan	40
6.3.3. Synbara förbättringar av tillståndet i Glan	42
6.4. Status i vattenförekomster uppströms Glan	44
6.4.1. Roxen idag jämfört med målbilden från 2001	45
6.4.2. Synbara förbättringar i Roxen	46
7. Mål för framtida vattenkvalitet i sjön Glan	47
7.1. Fosforhalt som ger God ekologisk status och säkerställer vattenskydd	47
7.2. Belastningsminskningsbehov	47
7.2.1. Beräknat belastningsmål utifrån målsättningen 25 µg P/l	48
7.2.2. Uppskattning av belastningsminskningsmål för utredningsområdet	48
8. Åtgärdsprogram	49
8.1. Åtgärdsförslag – kommunala avloppsreningsverk	50

8.1.1.	Utred möjlighet att anlägga våtmark för efterbehandling av renat avloppsvatten . . . . .	50
8.1.2.	Nedläggning/omledning av Igelfors ARV . . . . .	52
8.2.	Åtgärdsförslag - enskilda avlopp . . . . .	53
8.3.	Åtgärdsförslag – industri . . . . .	53
8.3.1.	Utred möjlighet till våtmark för efterpolering av processvatten . . . . .	54
8.4.	Åtgärdsförslag – deponier och avfallsanläggningar . . . . .	55
8.4.1.	Ställ krav och planera för recipientkontroll för uppföljning . . . . .	55
8.4.2.	Riskbedömning för försämrat skydd av vattentäkt efter anläggning av våtmark vid Herrebro . . . . .	56
8.5.	Åtgärdsförslag - dagvatten . . . . .	57
8.5.1.	Information, rådgivning och kompetens . . . . .	57
8.5.2.	Kartläggning och ansvarsfördelning av kommunens vattendrag – ett utredningsförslag . . . . .	58
8.5.3.	Omvandla befintliga lösningar till LOD . . . . .	58
8.5.4.	Installera filter i rännstensbrunnar . . . . .	58
8.5.5.	Nya dagvattenanläggningar - ett utredningsförslag . . . . .	58
8.6.	Åtgärdsförslag - jordbruket . . . . .	60
8.6.1.	Behovsanpassad gödsling/effektivt näringsutnyttjande . . . . .	63
8.6.2.	Övergång från vårgrödor till höstgrödor . . . . .	64
8.6.3.	Fånggröda och sen vårplöjning . . . . .	64
8.6.4.	Kalkfilter, kalkfilterdiken och strukturkalkning . . . . .	64
8.6.5.	Skyddszoner och anpassade skyddszoner . . . . .	65
8.6.6.	Förbättrade ytvattenintag . . . . .	69
8.6.7.	Dikesåtgärder . . . . .	69
8.6.8.	Dammar för fosforretention . . . . .	70
8.6.9.	Anläggning av våtmarker . . . . .	72
8.6.10.	Se över hästverksamheten i kommunen . . . . .	77
8.7.	Åtgärdsförslag - skogsbruket . . . . .	77
8.7.1.	Utökad samverkan och Riktad rådgivning . . . . .	77
8.7.2.	Anläggning av skogsvåtmarker och sumpskogar . . . . .	78
8.7.3.	Försiktighetsåtgärder och kantzoner . . . . .	78
8.7.4.	Utökad inventering av privatägd skogsmark . . . . .	79
8.8.	Åtgärdsförslag - sjöar och vattendrag . . . . .	79
8.8.1.	Åtgärder uppströms förbättrar status nedströms . . . . .	80
8.8.2.	Slåtter av bladvass . . . . .	80
8.8.3.	Fosforfällning genom tillsatts av järn . . . . .	81
8.8.4.	Sedimentprovtagning för beräkning av internbelastning . . . . .	81
8.8.5.	Reduktionsfiske . . . . .	82
8.8.6.	Näringsreduktion genom odling av vandrarmussla i Roxen . . . . .	83
8.8.7.	Näringsreduktion via odling av signalkräfta . . . . .	84
8.8.8.	Utökad recipientkontroll . . . . .	85
8.9.	Övriga åtgärdsförslag . . . . .	87
8.9.1.	Ta fram en fiskevårdsplan för Glan. . . . .	87
8.9.2.	Minska risken för översvämning . . . . .	87
8.10.	Slutsummering och bedömning av måluppfyllelse . . . . .	88
9.	Referenser . . . . .	89
10.	Bilaga 1 . . . . .	98
	Synbara förbättringar av tillståndet i Glan . . . . .	98
11.	Bilaga 2 . . . . .	99

Synbara förbättringar av tillståndet i Roxen .....	99
12. Bilaga 3 .....	101
Hamn och båtliv .....	101

## Sammanfattning

Glans ekologiska status är enligt vattenmyndighetens klassificeringssystem otillfredsställande med kvalitetskravet att uppnå God ekologisk status år 2021. Norrköpings kommun arbetar aktivt för att förbättra Glans status och för att säkerställa dricksvattenförsörjningen bland annat genom vattenskyddsområde och skyddsföreskrifter för Glan men fler åtgärder är nödvändiga för att nå uppsatta mål. Arbetsgruppen för Glan inom Nedre Motala ströms och Bråvikens vattenråd tog initiativ till framtagandet av en åtgärdsplan för Glan och på uppdrag av Norrköping Vatten AB har WRS Uppsala AB tagit fram föreliggande *Åtgärdsplan för sjön Glan* och delavrinningsområdena närmast runt Glan. Syftet med planen är att öka den ekologiska statusen i Glan, att via åtgärder och strukturförändringar öka resurshushållning samt att bidra till det långsiktiga skyddet av Glan som vattentäkt.

En omfattande bearbetning och sammanställning av befintlig dokumentation, så som rapporter, utredningar, forskningsresultat, årsredovisningar, kartmaterial mm tillsammans med data från projektet SRK (samordnad recipientkontroll), VISS (VattenInformationsSystem Sverige), SMED (SvenskaMiljöEmissionsData) samt information från aktörer verksamma inom Norrköpings, Finspångs och Linköpings kommuner, Östergötlands länsstyrelse, Skogsstyrelsen, industri, organisationer mm, har genomförts för att få en samlad bild av nuläget i området avseende källor till näringsbelastning på Glan och fördelningen mellan dessa källor.

Glan ligger långt nedströms i ett av Sveriges största huvudavrinningsområden som omfattar flertalet tätorter, skogsbygd och delar av Östgötaslättnens högproduktiva jordbruksbygd. Den absolut största transporten av näringsämnen till Glan (80-90 % av total näringsbelastning) kommer via Roxen och Motala ström som avvattnar delar av den näringsrika Östgötaslätten och når Glan efter Skärblacka tätort. Doverns och Åmlångens utlopp i Glan utgör också betydelsefulla transportvägar för näring till Glan, om än med betydligt mindre totalmängder.

Sedan drygt 40-år har Glan dominerats av ett tillstånd där fosfor är det begränsande näringsämnet för produktion varför störst fokus, avseende analys av källor, målbild och åtgärdsförslag, har lags på cirkulationen av fosfor i utredningsområdet.

De senaste åren har Glan belastats med runt 100 ton fosfor per år varav ca 10-15 % har beräknats ha sitt ursprung i utredningsområdet. Verksamhetsområden i området runt Glan, som i dagsläget bedöms bidra med betydelsefulla mängder fosfor, är jordbruk (ca 55 %), industri (ca 20 %), kommunala avloppsreningsverk (ca 5 %), enskilda avlopp, dagvatten och skogsbruk (ca 4 % vardera).

Med utgångspunkt i målsättningen att nå God ekologisk status, öka resurshushållning samt att öka skyddet av Glan som vattentäkt, tillsammans med de mål Vattenmyndigheten formulerat avseende behovet av minskad näringsbelastning från Motala ströms avrinningsområde på södra Östersjön, har ett belastningsminskningsmål för utredningsområdet runt Glan formulerats. Det formulerade målet omfattar följande delmål:

- den genomsnittliga halten av totalfosfor i Glans vatten bör sänkas från nu rådande halt 33 µg totalfosfor per liter till 25 µg totalfosfor per liter fram till år 2021
- den årliga maxbelastningen av totalfosfor på Glan bör ej överstiga 76 ton fosfor per år
- fosforbelastningen på Glan från utredningsområdet bör snarast möjligt minska med i storleksordningen 3–4 ton totalfosfor per år

Förslag på åtgärder för att nå de uppsatta målen riktas mot både punktkällor och diffusa källor. Förslagen omfattar konkreta förslag men också behov av ytterligare utredningar för ökad kunskap och förundersökningar för att t ex undersöka genomförbarheten eller bästa lokalisering av ett åtgärdsförslag. Störst potential att åstadkomma betydande belastningsminskning inom utredningsområdet bedöms ligga inom jordbrukssektorn där åtgärdsförslagen spänner över hela verksamheten från rådgivning kring effektiviserad näringshushållning på den enskilda gården till att anlägga jordbruksvåtmarker som kan omfatta flertalet jordbruksfastigheter inom ett större avrinningsområde. Enbart genom föreslagna åtgärder inom jordbruket är det möjligt att nå belastningsminskningsmålet om 3-4 totalfosfor per år i utredningsområdet.

Betydelsefulla åtgärdsförslag inom övriga verksamhetsområden är t ex att utreda möjligheten att komplettera Axsäters reningsverk med naturnära reningsteknik, att fortsätta det redan pågående arbetet med att åtgärda enskilda avlopp, utreda möjligheten att rena processvatten från Billerud Skärblacka AB med hjälp av naturnära reningsteknik, genomföra förundersökningar för att inventera möjligheten till att utveckla dagvattenhanteringen i tätortsområden, lokalisera lämpliga lokaler för nyskapande eller återskapande av jordbruks- och skogsvåtmarker etc., se Tabellen nedan.

Om åtgärdsarbetet utförs inom samtliga verksamhetsområden görs bedömningen att det är möjligt att åstadkomma det uppsatta målet 3-4 ton minskad totalfosforbelastning på Glan, med god marginal, som på sikt kommer att leda till att halten av totalfosfor i Glans vatten stabiliseras runt 25 µg/l. Detta kommer också medföra att Glan kommer att; utvecklas till en sjö med God ekologisk status; få ett väl fungerande skydd som säkerställer långsiktigt god vattenkvalitet; fortsätta klassas som en sjö med riksvärden avseende fisket; vara en sjö med höga värden avseende biologisk mångfald samt att vara en uppskattad sjö för fritidsfiske och rekreation.

**Samlade åtgärdsförslag inom utredningsområdet som bedöms som de mest betydelsefulla för utredningsområdet baserat på möjligt resultat, genomförbarhet och kostnad.**

Åtgärd	Minskad P-belastning (kg P/år)	Minskad N-belastning (kg N/år)
<b>Anläggning av våtmark för efterbehandling</b>		
Axsättersverket , Finspång	63	14 000
Åtgärd av 1 100 enskilda avlopp i utredningsområdet	410	2 400
<b>Dagvattenanläggning för rening av dagvatten från Skärblacka tätort</b>	60	270
<b>Efterpolering av processvatten från Billerud Skärblacka AB med naturnära teknik</b>	2 500	10 000
<b>Strukturkalkning av 300 ha lerjord inom utredningsområdet</b>	240	600
<b>Skydds zoner omfattande 80 ha (ca 1 % av jordbruksarealen i utredningsområdet)</b>	40	1 900
<b>Jordbruksvåtmarker omfattande 50 ha (ca 0,6 % av jordbruksarealen i utredningsområdet)</b>	6 000	17 000
<b>Åtgärder i sjöar och vattendrag</b>		
Skörd av 5 ha vass	45	500
Våtmarker och dammar	5–20 kg/ha, år	
Meandring, terrassering, avfasn. strandbrink mm	(minskning)	(minskning)
Reduktionsfiske	7 kg/ton fisk	
<b>Summa åtgärder</b>	<b>&gt;8 000</b>	<b>&gt;30 000</b>
<b>Belastningsminskningsmål för utredningsområdet</b>	<b>3 000 – 4 000</b>	

Ej att förglömma är dock att ur ett långsiktigt stabilt perspektiv nå och bibehålla 0,25 µg totalfosfor per liter, max 76 ton fosforbelastning per år, god ekologisk status (i Glan så väl som i övriga näringspåverkade vattenförekomster i avrinningsområdet), ökad resurshushållning samt ett säkert skydd av Glan som vattentäkt krävs ett parallellt åtgärdsarbete även i resterande delar av huvudavrinningsområdet, i synnerhet i den tätbefolkade och jordbruksintensiva slättbygden.

## 1. Inledning

Glans ekologiska status har av vattenmyndigheterna bedömts som otillfredsställande (2009) med målsättningen att nå kvalitetskravet God ekologisk status år 2021. Glan är på många sätt en mycket värdefull sjö då den bland annat är den största ytvattentäkten i Norrköpings kommun och försörjer totalt cirka 116 700 personer med dricksvatten, är klassad som riksintresse för yrkesfisket, är en populär sportfiskesjö etc. Hela Motala ströms avrinningsområde, som via sjön Glan mynnar i Bråviken, är ett i nationell skala betydelsefullt avrinningsområde då även Östersjöns ekologiska status är otillfredsställande. En viktig del i det omfattande arbetet med att förbättra tillståndet i Glan och i förlängningen Östersjön är att arbeta uppströms med åtgärder i Glans och innanhavets delavrinningsområden.

Norrköpings kommun arbetar aktivt med målsättningen att förbättra den ekologiska statusen för Glan och säkerställa dricksvattenförsörjningen bland annat genom vattenskyddsområde och skyddsföreskrifter för Glan.

Fler välriktade åtgärder är dock nödvändiga för att uppnå målet att förbättra Glans vattenkvalitet. Ett omfattande underlag om Glan och dess avrinningsområde, i form av bland annat olika utredningar, provtagningsprogram, karteringar och belastningsberäkningar finns samlat från 1990-talet och framåt, så som rapporten "*Roxen och Glan - Vattenmiljö, mål och åtgärder*" från 1992, rapporter från Motala Ströms Vattenvårdsförbund och rapporten "*Fiskebestånden i Roxen och Glan. Nätprovfiske år 2010*". Inom ramen för Naturvårdsverkets arbete med att ta fram miljö kvalitetsnormer utfördes under tidigt 2000-tal även konsekvensanalyserande studier över åtgärder och kostnader för minskat fosforutsläpp från enskilda avlopp, industri mm samt fosforutlakning från jordbruksmark till sjön Glan (Underlagsrapport 5289, 5290 och 5291 till Naturvårdsverkets Rapport 5288). Detta befintliga underlag har tillsammans med nya nationella utredningar och handlingsplaner (Naturvårdsverkets BSAP; Vattenmyndigheterna; SMED; Jordbruksverkets utvärderingar etc.) utgjort en viktig utgångspunkt för beskrivning av den nuvarande situationen liksom för identifiering av kunskapsluckor. Utifrån analys av underlaget, utan vidare undersökningar, har därefter förslag på riktade åtgärder givits för att minska transporten av näringsämnen, med fokus på fosfor, samt andra föroreningar till Glan.

Glan berörs av följande direktiv och bör skyddas bland annat med utgångspunkt från dem:

1. Vattendirektivet, Uppnå God ekologisk status före 2021.
2. Ramdirektivet för vatten, Dricksvattenförekomst: yt- och grundvattentäkt
3. Fiskvattendirektivet.
4. Nitratdirektivet
5. Avloppsdirektivet avseende både fosfor och kväve

## 1.1. Syfte

Syftet är att ta fram en åtgärdsplan för Glan och avrinningsområdet runt Glan med den direkta målsättningen att öka den ekologiska statusen i Glan samt indirekt i Östersjön genom att minska näringsbelastningen. Syftet är också att via åtgärder och strukturförändringar öka resurshushållning samt att bidra till det långsiktiga skyddet av Glan som vattentäkt.

Målsättningen vid identifieringen av fortsatta utredningsbehov och framtagandet av åtgärdsförslag är att fokusera på genomförbara och kostnadseffektiva utredningar/åtgärder direkt relaterade till rådande övergödningssproblematik. Följande verksamhetsområden omfattas: bebyggelse utanför respektive innanför kommunalt ansvarsområde, kommunala avlopp/reningsverk, enskilda avlopp, dagvatten från tätbebyggt område, industri, deponi, fiske samt jord- och skogsbruk.

Stort fokus har lagts på att identifiera och formulera kompletterande utredningsbehov och (kostnadseffektiva) åtgärdsförslag på ett konkret sätt för att motivera och underlätta genomförandet.

## 2. Beskrivning av uppdraget

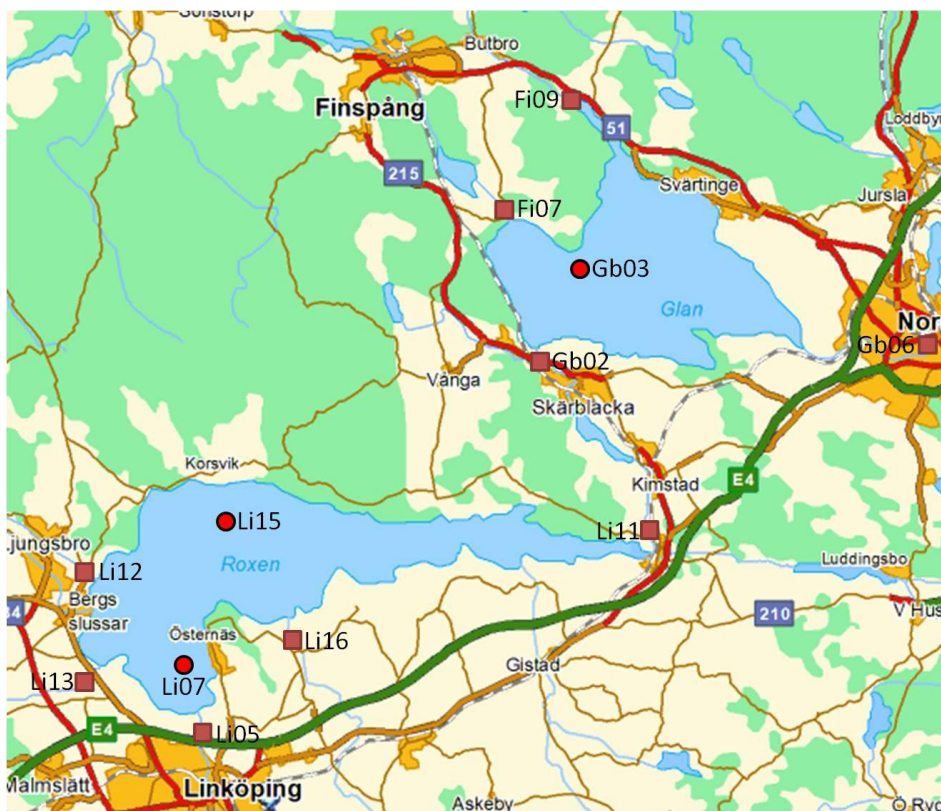
Arbetsgruppen för Glan inom Nedre Motala ströms och Bråvikens vattenråd har varit initiativtagare till framtagandet av en Åtgärdsplan för sjön Glan och har även fungerat som referensgrupp. Beställare av uppdraget var Norrköping Vatten AB där Christina Rydh varit närmsta kontaktperson. Utöver beställarens kontaktperson har från referensgruppen särskilt Hugo Andersson (sammankallande), Cecilia Ambjörn och Magnus Gullstrand deltagit. Uppdragsledare vid WRS Uppsala AB var Ebba af Petersens. Sophie Owenius har genomfört arbetet och Maja Granath har bidragit med sammanställning av data kring kommunala reningsverk och enskilda avlopp. Sten-Åke Carlsson, Vattenresurs AB samt Jonas Andersson och Peter Ridderstolpe, WRS Uppsala AB har fungerat som expertstöd. Förutom ett startmöte har även ett avstämningsmöte hållits i Norrköping tillsammans med beställaren och delar av referensgruppen.

Resultat- och lägesanalyser, flertalet grafiska figurer, bedömningar och slutsatser baseras till stor del på resultat från projektet SRK (samordnad recipientkontroll) som sedan över 40-år tillbaka pågår i vattendrag och sjöar tillhörande Motala ströms avrinningsområde. Översiktliga data har hämtats från MSV:s årsrapporter som finns publicerade på förbundets hemsida, [www.motalastrom.org](http://www.motalastrom.org). Detaljerade data har hämtats i databanken som förvaltas av Institutionen för vatten och miljö, SLU,

[http://info1.ma.slu.se/max/www\\_max.acgi\\$Project?ID=Intro&pID=-24](http://info1.ma.slu.se/max/www_max.acgi$Project?ID=Intro&pID=-24)

Figur 1 nedan illustrerar det geografiska läget av de mätstationer varifrån dataunderlag har använts och i Tabell 1 listas mätstationernas namn. Samtliga mätstationer ingår i det samordnade recipientkontrollprogrammet. Mätstationer markerade med en röd cirkel är mätstationer för sjökemiska och biologiska analyser. I Roxen finns två stationer (Li07 och Li15) och i Glan en (GB03). Mätsta-

tioner markerade med en fyrkant är placerade i tillrinnande vattendrag med mätning av kemiska halter och vattenflöden.



**Figur 1. Mätstationer i Glan och Roxen samt i tillrinnande vattendrag till de båda sjöarna vars mätresultat använts för lägesanalyser i föreliggande rapport.**

**Tabell 1. Mätstationer vars samlade kemiska och fysikaliska data använts som underlag för analys och framställning av grafer och tabeller i rapporten.**

Beteckning	Vattendrag/sjö och geografiskt läge
GB02	Motala ström efter Skärblacka
GB03	Glan
GB06	Glans utlopp i Motala ström
Fi07	Doverns utlopp
Fi09	Åmlängens utlopp
Li05	Stångån Nykvarn
Li07	Roxen södra
Li11	Roxens utlopp i Motala ström
Li12	Strömmens inlopp i Roxen
Li13	Svartån
Li15	Roxen
Li16	Sviestadsån

Information om huvudavrinningsområdet och delavrinningsområden avseende geografiska avgränsningar, markanvändning, vattenförekomster, atmosfärisk deposition, arealförluster, hydrologiska data etc. har hämtats från SMHI:s Vattenwebb (<http://vattenwebb.smhi.se/>), Svenskt vattenarkiv SVAR (<http://svarwebb.smhi.se/>) och från Sveriges rapportering till Helsingforskom-

missionens femte Pollution Load Compilation (PLC5), Svenska MiljöEmissionsData SMED (<http://www.smed.se/>).

Inga nya provtagningar eller modelleringar har utförts inom uppdraget, endast enklare beräkningar. Uppdraget fokuserar på den del av Glans avrinningsområde som ligger närmast i anslutning till Glan och inom Norrköpings kommungräns och till viss del inom Finspångs och Linköpings kommuner, se definition av utredningsområdet i avsnitt 3.1.

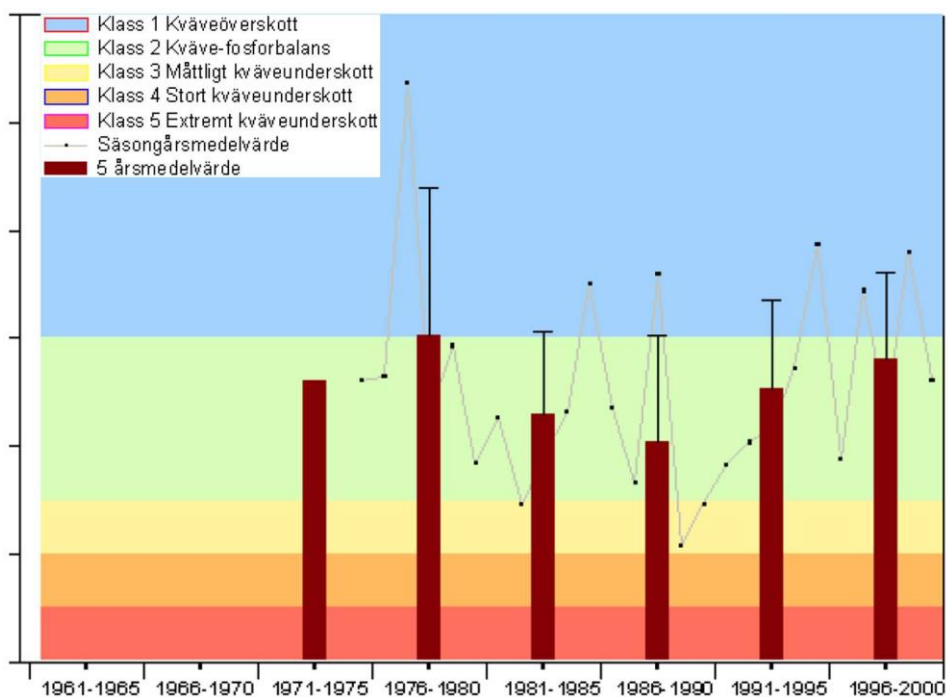
## **2.1. Målbild för att nå God ekologisk status i Glan**

Målbilden under utrednings- och analysarbetet har i första hand inte varit det låga referensvärde som vattenmyndigheten satt för Glan, dvs. 8.8 µg P/l. Vår bedömning är att detta referensvärde är orealistiskt för en sjö med sitt geografiska läge långt nedströms i ett avrinningsområde som, ur ett långt historiskt perspektiv, dominerats av ett näringsrikt lerslättslandskap. Att under dessa förutsättningar sträva efter att nå 17-18 µg P/l (2 x referensvärdet) som miljökrav för att uppnå God ekologisk status bedöms ej som genomförbart.

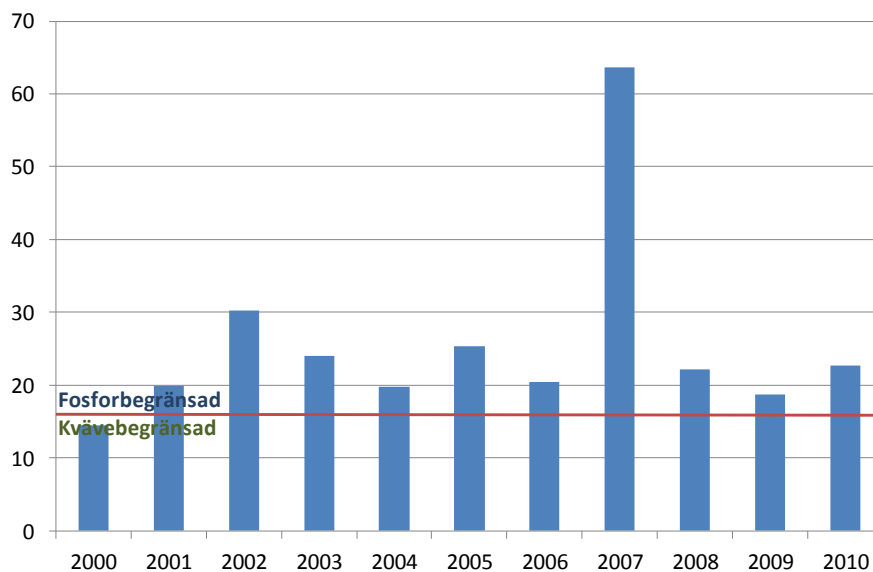
Eftersom Glan är en slättlandsjö bedöms fosforhalten 25 µg P/l vara en tillräcklig och realistisk halt att uppnå. Baserat på erfarenheter från liknande limniska system kommer halten 25 µg P/l att ge rätt förutsättningar för Glan att utvecklas till en sjö med God ekologisk status (muntl. S-Å Carlsson, Vattenresurs AB). Målbilden är en fosforhalt som generellt används som riktvärde i sjöar för att undvika tillväxt av cyanobakterier/blågrönalger vars produktion av ohälsosamma och giftiga substanser utgör ett växande hot mot vattenkvalitet (Cirkulation, 2012). Målet att nå 25 µg P/l kommer således också att bidra till ökat skydd av Glan som dricksvattentäkt.

## **2.2. Fosfor är det begränsande ämnet**

Det är allmänt accepterat att fosfor är det näringsämne som i de flesta fall styr primärproduktionen i svenska sjöar och vattendrag och att ökad fosfortillförsel kan leda till övergödningssituationer (Jordbruksverket, 2011). Det kan dock finnas situationer i kraftigt övergödda sjöar där kvävet blir det begränsande näringsämnet som beror på ökad tillförsel av fosfor till nivåer där kväveunderkott uppstår. Glan indikerar att inte enbart fosfor reglerat produktionen under de senaste fyra decennierna (Fejes m fl, 2002). Glan har haft perioder av kvävebegränsning, se Figur 2a, men kan generellt karaktäriseras som en fosforbegränsad sjö och att det därför är fosfortillförseln som måste minskas för att nå balans mellan kväve och fosfor, Figur 2a och b. Fosfor är således även den bästa indikatorn för eutrofieringsbedömningar och ligger därför i fokus i denna utredning. I de fall kvävedata finns tillgängliga tas även de med för utvärdering och åtgärdsanalys.



**Figur 2a. Kvoten mellan totalkväve och totalfosfor i Glans vatten baserat på resultat från 40-års recipientprovtagning (Fejes m fl, 2002). Kväveunderskott, eller på gränsen till kväveunderskott har förekommit i Glans vatten (orange fält). Det vanligast förekommande förhållandet har varit balans av N och P (grönt fält) eller kväveöverskott (blått fält), dvs. med fosfor som begränsande ämne.**



**Figur 2b. Förhållandet mellan total- kväve och fosfor i Glan sedan år 2000. Gränsen mellan kväve- respektive fosforbegränsat tillstånd är 16 (SCB, 2001) och markeras av den röda linjen.**

**\*Den höga stapeln 2007 hänger ihop med ovanligt hög vattenföring år 2007 (se Figur 14, avsnitt 6.3.1) i kombination med ett extremhøgt värde på totalkväve i mars månad 2007, med ett høgt årsmedelvärde av totalkväve som resultat, i förhållande till ett normalt totalfosfor årsmedelvärde. Vad som orsakat det høga kvävehalten i mars är okänt men omfattande snøsmältning är en trolig förklaring.**

## 3. Utredningsområdet

### 3.1. Definition av utredningsområdet

Glan ligger långt nedströms i Södra Östersjöns vattendistrikt inom huvudavrinningsområdet Motala ström som är ett av landets största avrinningsområden. Totalt sett omfattar hela huvudavrinningsområdet drygt 15 480 km<sup>2</sup>, vilket motsvarar nästan 70 % av hela Östergötlands län. Huvudavrinningsområdets centrala delar karaktäriseras av lerigt slättlandskap med hög andel intensivt drivna jordbruksområden och norr och söder om lerslätten domineras markanvändningen av skogsbygd, Figur 3.



**Figur 3. Hela Motala ströms huvudavrinningsområde (ID-SE 67 000, Motala ström) markerad med vit heldragen linje innanför mörkblå streckad linje.**

Vattenkvaliteten i Glan och i förlängningen även i kustvattnet påverkas således av en stor land- och sjöareal med varierad naturtyp, markanvändning och befolkningstäthet etc. I föreliggande utredning har vi valt att begränsa det studerade tillrinningsområdet till de delavrinningsområden som ligger närmast i anslutning till Glan och som avvattnas direkt till Glan. Det avgränsade utredningsområdet ligger i huvudsak inom Norrköpings och Finspångs kommungränser samt till en liten del i sydväst inom Linköpings kommungräns, se Figur 4.

Syftet med avgränsningen är att i första hand sätta fokus på belastningsproblematik och identifiering av åtgärdsbehov i Glans direkta närhet i det område som Norrköpings och Finspångs kommuner har rådighet över.

För att åstadkomma nödvändig belastningsminskning på Glan (och i förlängningen havet) för att nå God ekologisk status, säkerställa skyddet för Glan som vattentäkt och för att nå ökad resurshushållning krävs att åtgärder vidtas i hela huvudavrinningsområdet.

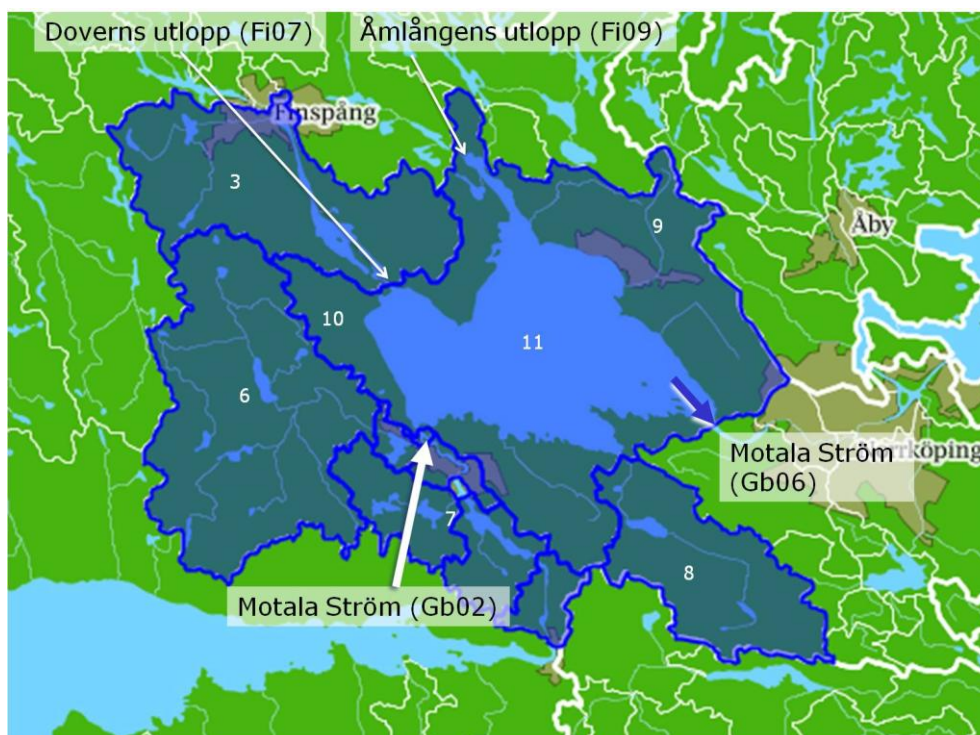
Tabell 2 nedan listar de delavrinningsområden som ingår i utredningsområdet och deras beteckning enligt vattenmyndigheten (ID-nummer), numrering från 2001-års tre underlagsrapporter (Rapport 5289-5291) samt den benämning som används i löpande text i denna rapport. Det delområde som i underlagsrapporterna från 2001 numrerades som nummer sju består egentligen av flera små delavrinningsområden (7a –f; Tabell 2) men har även i denna rapport slagits ihop till ett delområde. Delavrinningsområdet närmast Glan, som också omfattar själva sjön, delades in i tre delområden i Naturvårdsverkets underlagsrapporter från 2001, delområde nummer nio, tio och elva, men behandlas här, liksom av vattenmyndigheten, som ett delavrinningsområde (ID 649923-151156).

**Tabell 2. ID-beteckning, numrering (från underlagsrapport 5289, 5290 och 5291) och benämning av utredningsområdets delavrinningsområden.**

ID-delavrinningsområde enl. vattenmyndigh.	Numrering i underlagsrapporter (NV 2001)	Benämning i denna rapport.	Area* (km <sup>2</sup> )	Vattendrag** (km)
650452-150081	3	Runt Dovert	62,8	
649676-150209	6	Torpån	85,0	41
649645-150445	7a		0,5	4
649611-150352	7b		3,0	
649385-150573	7c		14,6	
649571-150511	7d		4,5	
649379-150629	7e		12,2	
649111-150933	7f		7,2	
	S:a delområde 7	Vånga/Skärbli/ Kimstad	42,1	4
649399-151255	8	Ålbäcken	40,3	8
649923-151156	9 + 10 + 11	Runt Glan	178	23
		<b>Områdes s:a</b>	<b>409</b>	<b>76</b>

\*SVAR Svenskt vattenarkiv, 2010

\*\*Underlagsrapport 2, 2001



**Figur 4. Kartbild över utredningsområdet omfattande de delavrinningsområden som avvattnas mer eller mindre direkt till Glan, de tre huvudinflödena (GB02, Fi07, Fi09) in till Glan samt utflödet (GB06) ut ur Glan. ID-nummer och benämning av delområdena listas i Tabell 2 ovan.**

Det studerade området omfattar delar av Östgötaslättens intensivt brukade jordbruksområden i söder, skogsbygder i norr samt tätbebyggda områden framförallt via Norrköping och Finspångs tätorter och mindre områden så som Skärblacka, Kimstad och Svärtinge.

## 3.2. Beskrivning av utredningsområdet

### 3.2.1. Markanvändning

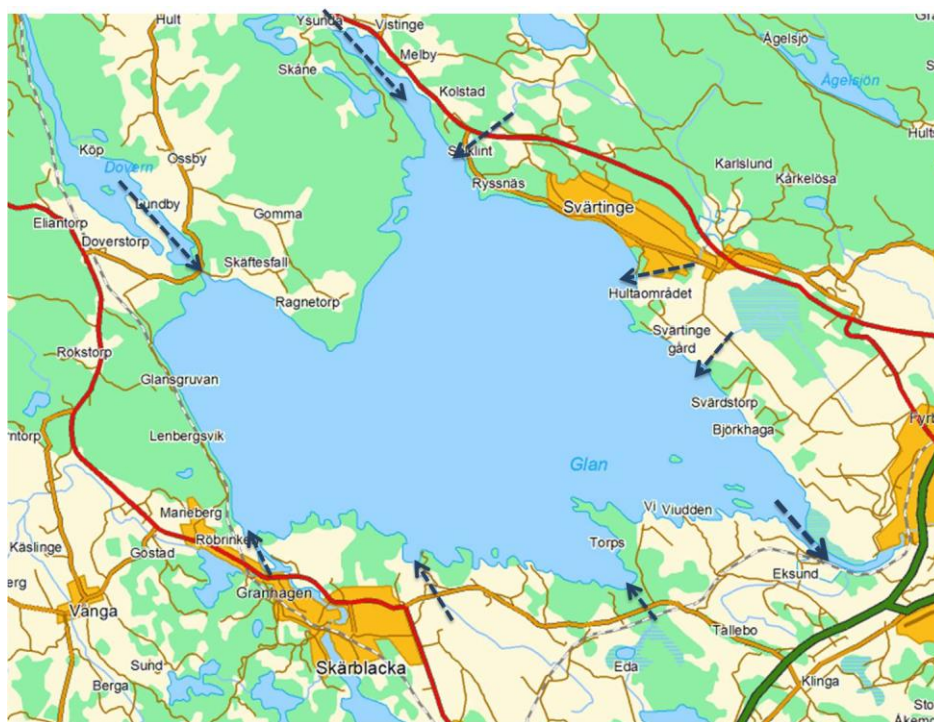
Markanvändningen i utredningsområdet redovisas i Tabell 3 nedan. Skog är den markanvändning som dominerar i utredningsområdet. Drygt 170 km<sup>2</sup>, motsvarande 42 % av den totala arean är skogsbeväxt. Själva Glan utgör också en stor del av totalarean med sina dryga 73 km<sup>2</sup>. Cirka 22 procent (80 km<sup>2</sup>) av området utgörs av jordbruksmark där landområdet runt Glan, Torpås delområde och området runt Dovern har högst andel jordbruksmark. Jordbruket domineras av odling av spannmål, potatis och jordgubbar (muntl. A. Heeb, Lst i Östergötland). Djurhållningen domineras av nöt och grisproduktion söder om Glan och norröver dominerar mjölkproduktion och fårhållning.

**Tabell 3. Fördelningen av markanvändning (km<sup>2</sup>) i respektive delavrinningsområde i utredningsområdet. (Uppgifterna är hämtade från SVAR och PLC5.)**

Delområde	S:a Area	Skog	Hygge	Öppen mark	Jord bruk	Myr	Tät-ort	Vatten
Runt Dovert	63	32	1,6	8,1	12	0	4,4	4,2
Torpån	85	53	2,5	8,7	18	0,8	0,3	2,1
Vånga/ Skärblacka/ Kimstad	42	18	1,0	5,5	9,8	0	4,1	4,0
Ålbäcken	40	21	0,5	6,8	9,9	0,8	0	1,1
Runt Glan	179	49	1,9	16	316	1,5	6,4	74
<b>S:a utredningsområdet</b>	<b>409</b>	<b>173</b>	<b>7,4</b>	<b>45</b>	<b>80</b>	<b>3,1</b>	<b>15</b>	<b>85</b>

### 3.2.2. Sjön Glan

Sjön Glan ligger längst ner i Motala Ströms avrinningsområde. I huvudsak tre dominerande biflöden förser Glan med vatten. Det största tillflödet kommer via Motala Ströms huvudfåra som avvattnar stora delar av Östgötaslättnens jordbrukslandskap. Efter utloppet i Roxen passerar strömmen bland annat Skärblacka tätort innan den mynnar i Glans sydvästra del. Stora flöden kommer också från Hällestadån/Finspångsås som har sitt utlopp via sjön Dovert i Glans nordvästra del och Lotorpsån/Ysundaån med sin mynning i Ysundaviken i den norra delen av Glan. Dessa åar avvattnar avrinningsrika skogsdominerade delar av norra Östergötlands län. Utöver dessa tre huvudtillflöden finns även ett antal mindre vattendrag som mynnar i Glan, t ex Ålbäcken, som mynnar vid Torps villasamhälle, Gåsbäcken söder om Svärtinge m fl, se Figur 5.



**Figur 5. Tillrinnande och utgående vattendrag runt Glan som syns på normalupplösta geografiska kartor (Karta från [www.hitta.se](http://www.hitta.se)).**

Sjön är som djupast i den nordvästra delen nära Storön (på kartan t.v. nedom Åmlångens inlopp i Glan). Längs stränderna finns områden med tjocka bårder av bladvass varvat med mer exponerade stränder av sten och block. Området närmast Glan karaktäriseras av ett omväxlande landskap av jordbruks- och skogsmark. Sjön är klassad som riksintresse för yrkesfisket och har även blivit populär som sportfiskesjö. I Glan kan man fiska bland annat gös, gädda, abborre och vitfisk. Glan utgör vattentäkt till Norrköping samt omgivande tätorter.

Glan avvattnas till endast ett utlopp, Motala ström i sjöns sydöstra del, som efter att först passera genom Norrköpings tätort fortsätter att transportera vattnet mot mynningen i Bråviken och Östersjön i förlängningen. Tabell 4 sammanfattar korta fakta om Glan.

**Tabell 4. Korta fakta om Glan. (Uppgifter från SVAR, VISS samt Nätprovfiske i Roxen och Glan 2010, Lst. Östergötland).**

Koordinater	649686 – 151617
ID vattenförekomst	649943-152567
Vattendistrikt	Södra Östersjöns vattendistrikt nr 4
Huvudavrinningsområde	SE 67000 Motala Ström
ID Delavrinningsområde	649923-151156
Kommuntillhörighet	Norrköping och Finspång
Sjöyta	73,3 km <sup>2</sup> eller 7 330 ha
Max- och medeldjup	23 respektive 10 meter
Omsättningstid	2,5 – 3 månader
Siktdjup	2,4 meter

## 4. Lägesbeskrivning år 2001

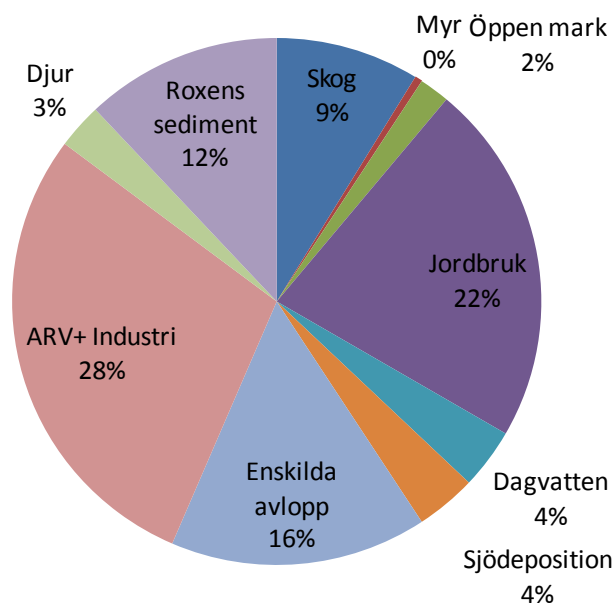
I samband med att Naturvårdsverket i slutet av 1990-talet påbörjade arbetet med att ta fram miljö kvalitetsnormer utfördes ett gediget utredningsarbete kring status, åtgärder och kostnader för minskade fosforbelastning på Glan (NV Rapport 5289; 5290 och 5291 från år 2001).

Utredningsarbetet inleddes med en identifiering av den aktuella situationen i Glan genom att analysera olika källor till fosforutsläpp och bedöma en för Glan rimlig miljö kvalitetsnorm att nå för att säkerställa god status. Därefter precisades åtgärdsbehov för att nå det uppsatta kvalitetsmålet samt en kostnads kalkyl för föreslagna åtgärder.

### 4.1. Föreslagen miljö kvalitetsnorm och belastningsminskningsbehov

Den miljö kvalitetsnorm som i utredningen sattes för Glan att nå före år 2015 blev 25 µg totalfosfor per liter vatten. Med hjälp av en dynamisk sjömodell beräknades att belastningen av fosfor på Glan måste minskas till ca 76 ton/år för att nå miljö kvalitetsnormen (NV Rapport 5290, 2001).

Fosforkällornas fördelning utreddes, mycket förenklat beskrivet, med hjälp av en beräkningsmodell som kopplade ihop diffusa fosforförluster från olika markslag, utsläpp från punktkällor och retention (i mark och sjöar) enligt avrinningsområdets hydrologiska struktur (se NV Rapport 5290 för detaljer och referenser). Internbelastningen i sjön Roxen bedömdes dessutom vara av stor betydelse för fosfortransporten till Glan varför sedimentundersökning och massbalansberäkning för Roxen genomfördes. Med utgångspunkt från dataunderlag från 1990-1999, då den totala fosforbelastningen på Glan i genomsnitt var 108 ton fosfor per år, resulterade källfördelningsanalysen i cirkeldiagrammet i Figur 6 nedan.



**Figur 6. Källfördelningen av totalt 108 ton fosfor som årligen belastade Glan under perioden 1990 - 1999.**

Kommunala avloppsreningsverk tillsammans med Billeruds pappersbruks reningsverk bidrog med högst belastning (28 % motsvarande 30 ton P/år) följt av jordbruk (22 % motsvarande 24 ton P/år) och enskilda avlopp (16 % motsvarande 17 ton P/år), Figur 6. Roxen bidrog också med en väsentlig belastning under den aktuella perioden genom läckande fosfor från sedimenten (12 % motsvarande 13 ton P/år).

Baserat på resultatet från undersökningen av Roxens sediment beräknades också att sedimenten inom några år (sett från 2001) kommer att sluta läcka fosfor, tack vare planerade och redan genomförda åtgärder högre uppströms i huvudavrinningsområdet. Prognosen ställdes att vatten och sediment i Roxen runt 2008-2010 skulle nå jämvikt och att sjösystemet skulle övergå till nettoretention av fosfor om ca 4 ton/år. Vidare beräknades att Roxens vatten kommer att stabiliseras på en nivå om ca 26 µg P/l runt 2015.

Den beräknade kommande belastningsminskningen från Roxens sediment, motsvarande ca 10 ton P, samt en kraftfull reduktion av utsläppen från Billeruds pappersbruk, motsvarande ca 16 ton P i och med installation av nytt reningsverk 1998, medförde att det beräknade åtgärdsbehovet\* för att nå maxbelastningen 76 ton och i förlängningen den uppsatta miljö kvalitetsnormen 25 µg/l nå lämnas

de kvar 6 ton fosfor per år.

\* 108 ton P – 10 ton minskat P-sedimentsläpp från Roxen – 16 ton minskat P-utsläpp från Billerud Skärblacka AB – 76 ton maxbelastning = 6 ton överskott

#### 4.1.1. Tidplan för att nå målet

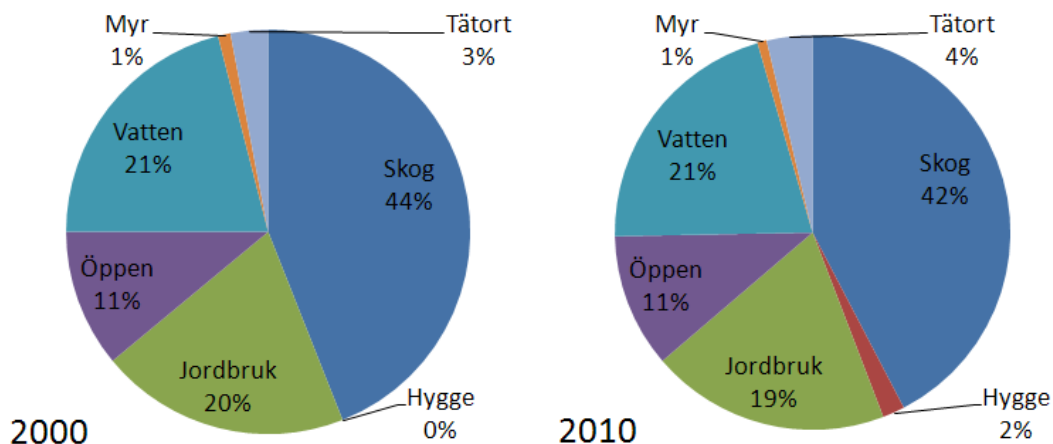
En intern belastningsstudie genomfördes även för Glan (NV Rapport 5290) och resultatet gav insikt om att en momentan belastningsminskning motsvarande 38 % skulle krävas för att nå 25 µg/l före 2015. Slutsatsen baserades på förväntad fördröjningseffekt med fortsatt fosforläckage från Glans sediment innan ny jämvikt inställer sig mellan fosforhalt i sediment och vattenmassa efter avlastning via vidtagna åtgärder. Modellberäkningen visade att den utbytbara fosforpoolen i sedimenten avklingar i sådan takt att ny jämvikt i Glan skulle kunna förväntas uppstå efter 10-15 år. Med en momentan strypning av minst 38 % av fosforbelastningen bedömdes nettoretentionen av fosfor i Glan vara noll runt år 2010 och om ytterligare fem år ca 4 ton nettoreduktion per år.

Efter denna tillbakablick är det intressant att undersöka hur läget ser ut idag, när vi har delar av facit i handen. Hur ser dagens belastning och källfördelning ut, vilken status har vattnet i Glan och vattenförekomster i Glans närhet och vilka åtgärder krävs för att nå dagens uppsatta miljö kvalitetskrav? Och kanske den viktigaste frågan – är det möjligt att nå vattenmyndighetens uppsatta miljö kvalitetskrav för Glan?

## 5. Förändringar i utredningsområdet sedan det senaste sekelskiftet

### 5.1. Oförändrad markanvändning

En jämförelse mellan markanvändningen vid det senaste sekelskiftet, dvs. tidpunkten för de tre underlagsrapporter som använts som bakgrundsmaterial, med markanvändningen som den såg ut år 2010 är förändringarna mycket marginella, Figur 7. Således kan större belastningsförändringar orsakade av förändrad markanvändning inom utredningsområdet i det närmaste uteslutas.



Figur 7. Markanvändning i utredningsområdet år 2000 i cirkeldiagrammet t.v. (Underlagsrapport 1-3, 2001) jämfört med markanvändningen år 2010 t.h. (SVAR, uppdaterad 2010-10-18).

## 5.2. Förändringar i kommunala reningsverk

### 5.2.1. Reningsverk i utredningsområdet

Antalet reningsverk uppströms Glan har minskat under årens lopp då dåligt fungerande reningsverk lagts ned och avloppsvattnet överförs till ett annat reningsverk. Dessutom har drift och teknik i de flesta reningsverk förbättrats. Några exempel på konkreta positiva förändringar i olika avloppsreningsverk presenteras nedan. Utsläppsmängder av kväve och fosfor under 2010/11 från de olika reningsverken redovisas i Tabell 5.

#### **Skärblacka ARV, Norrköpings kommun**

Reningsverket i Skärblacka belastades med processavloppsvatten från Arla Foods (torrmjölproduktion) i Kimstad, fram till första kvartalet 2005 då verksamheten avvecklades och flyttade till Vimmerby. I februari 2010 avvecklades Skärblacka ARV och avloppsvattnet pumpas nu istället till Slottshagens ARV i Norrköping med utsläpp i Bråviken. Skärblacka stod för nästan 10 % av utsläppen från reningsverk i Glans åtgärdsområde.

#### **Vånga ARV, Norrköpings kommun**

Avloppsreningsverket i Vånga kommer att anslutas till Slottshagen ARV i september 2012. Enligt uppgift från Norrköping Vatten kan problem att uppnå utsläppskraven vid Vånga ARV idag uppstå vid kraftig snösmältning, annars fungerar processen bra. Vånga släppte 2010 ut 36 kg fosfor.

#### **Axsätters ARV, Finspångs kommun**

Axsätters ARV har sedan 2001 installerat ett för-denitrifikationssteg och 2008 installerades en SBR-anläggning. SBR-anläggningen har inte haft den effekt som förväntades. Därför kommer man under 2012 installera en dosering av kolkälla i biosteget för att ytterligare reducera kvävemängden. I dagsläget uppstår periodvis problem med att klara gränsvärdet för kväveutsläpp från Axsäter. En förstudie har startats upp för att eventuellt anlägga en överföringsledning från Grytgöls reningsverk till Axsäter ARV, om det blir verklighet kommer Grytgöls reningsverk så småningom att avvecklas.

### 5.2.2. Reningsverk uppströms utredningsområdet

#### **Grytgöl ARV, Finspångs kommun**

Finspångs Tekniska Verk har tagit fram en ny åtgärdsplan för anläggningar, ledningsnät och pumpstationer tillhörande Axsätters avloppsreningsverk. Kommunen har budgeterat att inom ca en 5-årsperiod överleda avloppsvattnet från Grytgöl ARV, som belastas med ca 250 personekvivalenter (pe) per dag, till Axsäter som är dimensionerat för betydligt högre belastning är i dag. Grytgöl har ingen utbyggd kväverening och en lägre fosforreduktion än Axsäter, vilket gör att överledningen kommer bidra till en minskad belastning på Glan (retentionen ej inräknad).

I Finspångs kommun, uppströms utredningsområdet, finns fler kommunala avloppsreningsverk, såsom t ex **Igelfors ARV** (belastning motsvarande ca 300 pe) som avseende teknik och reningsresultat liknar Grytgöl, som på längre sikt även kan komma att överledas alternativt teknikoimeras.

### **Karshults ARV, Motala kommun**

Karshults reningsverk i Motala har haft problem med att klara utsläppskraven för kväve. Där uppgraderades det biologiska kvävereningssteget 2009-2010 och från och med andra kvartalet 2010 har det biologiska reningssteget fungerat tillfredsställande och visar numera stabila resultat. I övrigt har inga förändringar gjorts i reningsverken inom Motalas kommun.

### **Hallsberg ARV, Hallsbergs kommun**

I Hallsbergs kommun finns fem avloppsreningsverk varav det största ligger i Hallsberg som förutom avloppsvatten från tätorterna Hallsberg och Östansjö emottar brunnslam från privata fastigheter i kommunen. Reningsverket i Hallsberg ligger ofta nära eller överskrider riktvärden för utsläpp av fosfor. I 2010 års miljörapport föreslogs det att orsaken bör undersökas.

### **Mjölkulla ARV, Mjölby kommun**

Sedan 2001 har försedimenteringen optimerats i Mjölkulla ARV i Mjölby och en termofil rötkammare håller på att installeras. En avveckling av Gudhem ARV planeras vara klar till 2013 och då kommer allt avloppsvatten pumpas till Mjölkulla.

**Tabell 5. Utsläpp av kväve och fosfor från några kommunala reningsverk. Axsäter ligger inom utredningsområdet, övriga verk ligger i kommuner längre uppströms i huvudavrinningsområdet (Data hämtade från kommunernas miljörapporter från 2010 och 2011).**

Reningsverk	Utsläpp kg N/år	Utsläpp kg P/år
Axsäter	47 000	90
Grytgöl*	656	4,1
Igelfors*	6 272	2,3
Skärblacka	(Nedlagt)	
Vånga*	597	36
Karshult	51 000	800
Mjölkulla	33 000	436
Nykvarn	194 000	3 450

\*Uppgifter från 2010. Övriga uppgifter är från 2011

## **5.3. Enskilda avlopp**

### **5.3.1. Införande av fosfatfria tvättmedel**

Ett riksomfattande förbud mot fosfat i tvättmedel samt försäljning av tvättmedel som tillverkats innan den nya förordningen började gälla infördes 2008. Sedan i fjol, 2011 omfattas hela EU av förordningen om fosfatfria tvättmedel och i samband med det förbjöds även fosfat i maskindiskmedel i Sverige. Effekten från åtgärden i Motala ströms avrinningsområde bedöms som en fosforreduktion motsvarande ca 665 kg P/år (Vattenmyndigheten, 2009) och kommer att bli märkbar under de kommande åren.

### 5.3.2. Genomförda och planerade åtgärder av enskilda avlopp

Norrköpings kommun arbetar aktivt med att lösa problem med bristfällig VA-försörjning i bebyggelsegrupper. I kommunens VA-grupp ingår Norrköping Vatten AB, Bygg och miljökontoret och Stadsbyggnadskontoret, och åtgärderna består antingen av anslutning till en allmän VA-anläggning eller anordning/förbättring av gemensamma eller enskilda lösningar med hjälp av VA-rådgivning från kommunen. Under perioden 2001-2009 har VA-situationen fått en lösning för över 900 hushåll i kommunen.

Inom utredningsområdet för Glan har 305 enskilda avlopp åtgärdats sedan 2001, se Tabell 6, och Figur 8, framförallt genom anslutning till det kommunala VA-nätet.

**Tabell 6. Bebyggelsegrupper belägna närmast Glan som fått ordnad VA-lösning sedan 2001.**

Område	Antal hus	Typ av lösning
Restad-Göstad	30	Utvidgning av det allmänna VA-verksamhetsområdet
Skärlöta-Ringstad Mo	60	Utvidgning av det allmänna VA-verksamhetsområdet
Strandhugget	110	Gemensamhetsanläggning – gemensamt ägt nät som anslutits i en punkt till allmänna VA-nätet
Stubbetorp-Grändalen (delar)	75 av totalt 150	Hälften anslutet till allmänna VA-nätet, andra hälften ansluts hösten 2012
Ryssnäs	30	Anslutning till allmänna VA-nätet (2011)
<b>Totalt</b>	<b>305</b>	



**Figur 8. Bebyggelseområden i sjön Glans närhet. (Norrköpings kommun, VA-gruppen. Lägesrapport 2010).**

De förbättringar som gjorts på de enskilda avloppen sedan början på 2000-talet beräknas ha minskat belastningen på sjön Glan med 180 kg fosfor per år.

Norrköpings kommun arbetar vidare med att åtgärda VA-problem i bebyggelseområden runt om i kommunen enligt en VA-plan som tas fram av VA-gruppen under styrning av kommunens ledningsgrupp för vattenfrågor. VA-planen baseras på kommunens riktlinjer för vatten och avlopp i bebyggelsegrupper i Norrköpings kommun som, efter en revidering, antogs av kommunstyrelsen 2011. För flera områden i närheten av Glan pågår anslutning till det kommunala nätet, se Tabell 7, nedan, och Figur 8, ovan.

**Tabell 7. Pågående och planerade åtgärder för bostadsområden i Glans närhet.**

Område	Antal hus	Typ av lösning	Tidpunkt för planerad åtgärd
Viudden	32	Anslutning till allmänna VA-nätet	Anslutning börjar 2013, projekteras nu.
Stubbetorp-Gröndalen (delar)	75 (av totalt 150)	Anslutning till allmänna VA-nätet	Hälften redan anslutet, återstående ansluts hösten 2012
Skärlöta-Ringstad Mo	38	Anslutning till allmänna VA-nätet	Anslutning planeras att starta 2014
Torps villasamhälle	23	Anslutning till allmänna VA-nätet	Utredning pågår
Odensåker	23	Gemensamhetsanläggning, ev till allmänna VA-nätet	Utredning pågår, inga WC i området
Kullerstads Kyrkby	17	Gemensamhetsanläggning, ev till allmänna VA-nätet	VA-rådgivning pågår
Vånga Sund	42	Anslutning till allmänna VA-nätet	Utbyggnad startar 2014
Hyttebacke	45	En del löst enskilt. Ev. en del till kommunalt	VA-rådgivning pågår
Glansgruvan	28	Enskilda avlopp (ev WC till sluten tank)	Utredning pågår
<b>Summa</b>	<b>323</b>		

I Finspångs kommun har samtliga enskilda avlopp inventerats. I kommunen finns totalt drygt 2000 enskilda avlopp och vid inventering ställdes krav på förbättring på ca 1000 anläggningar där de flesta har åtgärdats. Av de återstående ligger ett 50-tal inom Glans avrinningsområde, där ca hälften kommer att anslutas till det kommunala nätet och hälften kommer lösas enskilt.

Inom utredningsområdet för Glan finns således ett pågående arbete med att åtgärda dåliga enskilda avlopp, både genom att ansluta områden till det allmänna VA-nätet och genom att förbättra de enskilda avloppen lokalt eller gemensamt. Dessa åtgärder beräknas inom de närmaste åren att ge en minskning av fosforutsläppen till Glan med cirka 180 kg fosfor per år.

### Beräkning av belastningen från enskilda avlopp

För beräkning av belastning från enskilda avlopp på Glan, och belastningsminskning vid åtgärdande av avlopp, har ett antal antaganden gjorts. Dessa antaganden är i huvudsak samma som gjordes i beräkningarna i NV Rapport 5290 (2001) bl. a för att kunna jämföra med 2001 års situation avseende de enskilda avloppen.

Ingående mängder till avloppsanläggningarna har beräknats utifrån de schablonsiffror på innehåll i avloppsvatten som anges i de allmänna råden för små avloppsanläggningar (NFS 2006:7), Tabell 8.

**Tabell 8. Schablonsiffror på innehåll av fosfor och kväve i orenat avloppsvatten (NFS 2006:7).**

	BDT (kg/person och år)	Toalett (kg/person och år)
<b>Total P</b>	0,05*	0,55
<b>Total N</b>	0,51	4,6

\*Hänsyn taget till förbud mot fosfater i tvätt- och diskmedel.

Antalet boende i varje fastighet har antagits vara 2,6 personer, vilket baseras på en mindre inventering i området (Larsson, 1994). Andelen permanentboende har antagits vara 59 % och andelen fritidshus 41 %, vilket var fördelningen i området 2001. Eftersom de flesta människor tillbringar viss tid av dagen utanför hemmet, t ex då de arbetar, har hemmavaron antagits vara 90 % för permanentboende. I avrinningsområdet bör generellt sett nyttjandegraden vara hög på grund av den stora andelen jordbruksfastigheter där många arbetar hemma. För fritidshusen har nyttjandegraden satts till 30 % i genomsnitt över året, se Tabell 9. Standarden i fritidshus är generellt lägre än vid permanentboende. Till exempel är torra toalettlösningar vanligt förekommande och mängden bad-, disk- och tvättvatten (BDT) lägre eftersom tvätt- och diskmaskiner ofta saknas. Detta gör att påverkan av dessa avloppsanläggningar på Glan är relativt låg än så länge.

**Tabell 9. Andel permanent- och fritidshus samt i vilken grad de nyttjas.**

	Permanent	Fritid
<b>Andel av avloppen i området</b>	59 %	41 %
<b>Nyttjandegrad</b>	90 %	30 %

Retentionen, dvs. avskiljning på väg till recipienten, sätts till 20 % i genomsnitt. Beräknade mängder har därför multiplicerats med 0,80.

Den utsläppta mängden per hushåll har beräknats enligt följande:

Fosforutsläpp per år =  $2,6 (P_{BDT} \times RF_{anläggningstyp} + P_{toalett} \times RF_{anläggningstyp}) \times RF_{nyttjandegrad} \times RF_{lokal\ retention}$

### 5.3.3. Industri

Den egentligen enda stora punktkällan är Billerud Skärblacka AB. Sedan det nya reningsverket installerades 1998 har optimering av drift och teknik skett steg för steg med resultatet att utsläppet av näringsämnen reducerats med 70-80 procent. Bedömningen görs att det inte går att reducera utsläppsnivån av fosfor mer utan risk för att den mikrobiella reningsfunktionen i reningsverket kommer i obalans med ett försämrat reningsresultat som följd (muntl. L. Johansson, Miljöingenjör Billerud Skärblacka AB).

I nuläget pendlar utsläppsvärdena runt 10 kg fosfor per dygn och 100 kg kväve per dygn vilket resulterar i ett årligt medelutsläpp till Glan motsvarande 3,65 ton P och 36,5 ton N per år (Verksamhets- och miljöbeskrivning 2010; muntl. L. Johansson, Billerud Skärblacka AB).

Vid full tillståndsgiven produktion har Billerud Skärblacka AB angett att ett beräknat långtidsmedelvärde för fosfor kommer att vara cirka 13 kg P per dygn och för kväve cirka 130 kg N per dygn vilket jämfört med dagens situation beräknas ge en ökning av totalbelastningen för Glan med cirka 1 ton fosfor och 10 ton kväve per år.

### 5.3.4. Dagvatten

Belastning från dagvatten har ur ett generellt perspektiv ökat under det gångna decenniet på grund av ökad trafikbelastning, växande tätorter, förtätning, större andel hårdjord yta etc. Underlag saknas dock för att göra en bedömning av förändringens magnitud i utredningsområdet.

#### Dagvattenpolicy

Redan 1999 antogs ett *Dagvattenprogram för Norrköpings kommun 2000 – 2004* som 2009 ersattes av handlingen *Riktlinjer för dagvattenhantering i Norrköpings kommun*. Dokumentet beskriver kommunens antagna riktlinjer och mål för dagvattenhantering. Problemområden har identifierats och strategier för åtgärder formulerats. Även Finspångs kommun arbetar aktivt med dagvattenproblematiken och har sökt LOVA-pengar för att utföra en VA-plan som kommer att inkludera en dagvattenpolicy (muntl. Miljöingenjör, Maria Grimert, Finspångs Tekniska verk).

En viktig strukturförändring är att nyexploateringar inte skall generera ökad belastning via dagvatten och att krav ställs att på tidigt planeringsstadium redovisa hur hantering och behandling av dagvatten skall ske innan det släpps till recipient. Aktuella nyexploateringar runt Glan i nuläget är Östra Eneby 1:1, Svärtinge 1:6, Gröndalen, Östra Eneby och Kimstad 78:1 vars planbeskrivningar redovisar olika lokala lösningar för omhändertagande av dagvatten (Detaljplaner i Norrköpings kommun: <http://www.norrkoping.se/bo-miljo/stadsutveckling/detaljplaner/> ).

För att uppmuntra till och underlätta omvandling av befintliga dagvattenlösningar kan bidrag erhållas efter ansökan hos Norrköping Vatten vid bortkoppling av stuprör och dränering från dagvattennätet.

Förslaget till skyddsföreskrifter för att skydda vattentäkten reglerar också dagvattenhanteringen då inga nya dagvattenutsläpp till vattentäkten tillåts utan föregående rening. Inom ramen för arbetet med att säkerställa vattenskyddet ingår också en påbörjad åtgärdsplan för dagvattenutsläpp som i dag finns både inom primär, sekundär och tertiär skyddszon.

### **Nya dagvattenanläggningar**

Nya dagvattendammar har anlagts både i Norrköping och Finspång. Som exempel kan nämnas en dagvattendamm vid Tråbrunna i Norrköping och en anläggning vid Hårstorp, Finspång, för att bland annat skydda Ölstadsjön som är ett Natura 2000 område. Finspångs Tekniska Verk har också utfört en funktionsuppföljning av dagvattensystemen vid Viberga (Byström och Gunnarsson, 2010). En restaureringsplan omfattande bland annat rensning av anläggningarna har påbörjats för att säkerställa långsiktig funktion.

### **Bedömning av dagvattenbelastningen på Glan**

De flesta dagvattenutsläpp från Norrköpings tätort sker utanför utredningsområdet och beaktas därför inte närmare i denna utredning. Ett undantag är dock dagvatten från Skarphagen, delar av Ektorps, Kättsäter och Klockaretorget som via pumpstationen i Eksund släpps ut i Norsån som mynnar i Motala ström inom vattenskyddat område.

Dagvattenutsläpp som idag via mindre recipienter belastar Glan redovisas i Figur 9. Uppgifterna, som är beräknade med hjälp av StormTac version 2007-5, är hämtade ur dokumentet *Riktlinjer för dagvattenhantering i Norrköpings kommun* (2009). Motsvarande uppgifter över belastningen från Finspångs tätort har tyvärr ej funnits att tillgå. Två mindre dagvattenutsläpp sker också vid Viudden men även där saknas utsläppsuppgifter.

Störst belastning har beräknats komma från Skärblacka tätort med 100 kg fosfor och 670 kg kväve per år vilket motsvarar 77 % av den kända belastningen via dagvatten på Glan. Anledningen till att Skärblacka sticker ut i denna jämförelse är dels för att alla belastningskällor ej är kända, t ex belastningen från Finspångs tätort, dels då Skärblacka är, näst efter Norrköpings tätort, ett av tre större områden i Norrköpings kommun som genererar dagvattenutsläpp (övriga två områden på runt 3 km<sup>2</sup> är Åby och Jursla som dock ej belastar Glan). Dessutom utgörs drygt 22 % av ytan i Skärblackaområdet av industrimark som i StormTac bedöms generera hög avrinning och höga förluster av fosfor och kväve. Om dagvattenutsläppen från Skärblacka sätts i relation till de totala dagvattenutsläppen från Norrköpings kommun (där det mesta ej belastar Glan) motsvarar utsläppen från Skärblacka endast 5 % (Dagvattengruppen, 2009).



**Figur 9. Kända dagvattenutsläpp till Glan beräknade med hjälp av StormTac (version 2007-5, Norrköpings kommun, 2009).**

Belastningen från Norsån är osäker men bedöms bidra med mellan 500 och 1000 kg P/år (enkel schablonberäkning baserad på markanvändningsdata, genomsnittligt fosforläckage från jordbruksmark samt flödesdata från SMHI:s vattenwebb). Även om denna utsläppspunkt ligger utanför utredningsområdet är det viktigt att beakta då den ligger inom skyddsområdet för vattentäkt och att en del av vattnet kommer att utgöras av behandlat lakvatten från Herrebro f.d. avfallsdeponi via ”Herrebro våtmark”. Våtmarken skall byggas under året 2012 med avledning till Motala ström via Norsån. Förutom hög näringsbelastning finns oro för att våtmarken kan komma att belasta vattentäkten med andra oönskade föroreningar från Herrebro f.d. avfallsdeponi.

### 5.3.5. Deponier

#### Häradsuddens avfallsanläggning

Lakvatten från Häradsudden avfallsanläggning har tidigare letts till Norrköpings reningsverk Slottshagen för behandling. Efter erhållet tillstånd från miljödomstolen (2009-03-18 M198-08) att behandla och släppa ut behandlat lakvatten från deponin till lokal recipient har en lokal lakvattenbehandlingsanläggning anlagts och tagits i drift. Det behandlade lakvattnet släpps därefter ut till Borlejasjön som via Ålbäcken rinner ut i Glan. Lakvattenanläggningen består av flera komponenter och Econova Biotec AB, som driver och ansvarar både för Häradsudden och Herrebro f.d. avfallsdeponi, började med att anlägga ett förbehandlingssteg i form av en lakvattendamm med luftning samt en bevattningsanläggning (översilning) omfattande ca 5 hektar på avslutade äldre täckta och gräsbevuxna deponiytor. Därefter har en våtmark anlagts i dalgången nedströms deponin samt en översilningsyta för att möta ställda reningskrav fullt ut (Stråe och Ridderstolpe, 2010).

För att minimera risker är anläggningen försedd med larm samt regelbundna tillsyns- och skötselrutiner. En osäkerhet finns dock kring anläggningens kapacitet att nå kravet att understiga 0,5 mg total-P per liter och om det visar sig nödvändigt kommer anläggningen i efterhand att kompletteras med ytterligare reningssteg för fosforavskiljning.

Utsläppsvillkor för den lokala lakvattenbehandlingen är årsmedelvärden om max 50 mg/l NH<sub>4</sub>-N och 0,5 mg/l total-P som i årsmängder motsvarar ca 50 kg fosfor och 5 000 kg kväve.

### **Herrebro f.d. avfallsdeponi**

Hanteringen av yt- och lakvatten från Herrebro f.d. avfallsdeponi kommer under året att förändras från att tidigare ha letts till Slottshagens ARV till att behandlas lokalt i en anlagd våtmark. Våtmarksanläggningen kommer på sätt och vis att återställa delar av området till den naturtyp som fanns innan Herrebrokärrens invallningsföretag och utdikning 1946 (Stråe, 2011) med potential att återerbjuda en gynnsam miljö för ökad biologisk mångfald. Våtmarken kommer att utformas för att på bästa sätt uppnå ställda krav avseende rening av såväl föroreningar från deponin via lakvattnet men också för att kunna ta emot och rena tillrinnande vatten från Norsåns avrinningsområde som är både näringsbelastat och dagvattenpåverkat, som redan nämnts i avsnitt 5.3.4.

### **Sjömansängs f.d. deponi**

Ingen deponering sker längre vid Sjömansängs återvinningscentral i Finspång. Lakvatten från den f.d. deponin leds i dag till Axsäters reningsverk. Ansökan har dock gjorts om att även där utforma lokalt omhändertagande av lakvattnet. Våtmarksanläggningens utformning kommer att anpassas för att skapa goda förutsättningar för lång uppehållstid av vattnet, hög näringsretention och effektiv nedbrytning av svårnedbrytbart organiskt material (MiljöInvest, 2011). Våtmarken kommer dock att bidra till ytterligare ett nytt utsläpp i recipienten.

## **5.3.6. Jordbruk**

### **Högre krav på näringshushållning i nitratkänsliga områden**

Östergötland ingår i nitratdirektivets förteckning över speciellt nitratkänsliga områden som påverkas negativt av jordbruksmark och därför har behäftats med utökade krav om miljöhänsyn i jordbruket (SJVFS 2004:62). Alla nitratkänsliga områden skall ta fram och följa åtgärdsprogram som skall kontrolleras och utvärderas för att säkerställa att direktivets mål uppfylls eller om justeringar måste vidtagas och området utökas. Tillämpningen av nitratdirektivet kommer framöver att ge synliga resultat avseende minskad belastning av framför allt kväve men även fosfor.

### **Greppa näringen**

Greppa näringen, som drivs i samarbete mellan Jordbruksverket, LRF, länsstyrelsen samt företag i lantbruksbranschen, har sedan start 2005 utvecklat en omfattande verksamhet i Östergötland och många delprojekt pågår för fullt i länet med fokus på fortsatt rådgivning kring gödsling mm. I hela länet är ca 520 lantbrukare och över 900 rådgivningsbesök har utförts. Dock är endast 300 av länets 1 300 lantbrukare med över 50 ha åker med i rådgivningsprogrammet. I utredningsområdet runt Glan är majoriteten av lantbrukarna kopplade till Grep-

pa näringen (muntl. A Heeb, Lst i Östergötland) och har tagit del av växtnäring- och/eller utfodringsrådgivning. Det är dock stor variation från gård till gård hur långt man kommit med sitt miljöarbete.

Greppa näringen har sedan 2006 drivit projektet ”Greppa fosfor” där ett utav försöksområdena, E23, ligger i Östergötland. De första resultaten från projektet har nu utvärderats och redovisas i delrapporten *Åtgärder mot fosforförluster från jordbruksmark – möjligheter och hinder i praktiken* (2010). Fältförsök visar bland annat att det är möjligt att halvera fosforförlusterna men samtidigt nå en skördeökning på 15 %. Mer översiktliga resultat är t ex att det framförallt är gårdsnära enkelt genomförbara åtgärder som varit direkt lönsamma för den enskilde lantbrukaren som vidtagits, t ex minskad användning av mineralgödsel, medan större åtgärder inte haft samma genomslag. Lantbrukarna har generellt sett avvaktat med stora och kostsamma åtgärder så som våtmarker, dammar, dikesåtgärder, täckdikning, dräneringsåtgärder etc. som oftast kräver någon form av tillstånd. Inte heller skydds-zoner har anlagts i större omfattning då miljöstödsersättningen för anläggning av nya skydds-zoner togs bort 2010. Nu planeras dock att återinföra stöd även för nya skydds-zonsåtaganden förhoppningsvis från 2013. Många lantbrukare avvaktar också forskarnas resultat och råd om ”Bästa åtgärd på Bästa plats”. En slutsats som kan dras av detta är att det är av stor vikt att fortsätta ge lantbrukarna stöd i form av rådgivning väl förankrad i aktuella forskningsresultat och att hjälpa till med genomförandet av större åtgärder med långsiktigt betydelsefulla effekter.

Greppa näringen driver flertalet projekt, delvis i samarbete med andra aktörer, som i förlängningen kommer att ge positiva konsekvenser för näringshushållningen inom jordbruket i Östergötland. Några exempel är t ex forskningsprojekt om fosfortransporter i samarbete med SLU, Linköpings universitet, SMHI och JTI; strukturkalkningsprojekt i samarbete med LRF, WWF och SMAMineral, försök med kalkfilterdiken i hästhage, tvåstegsdiken, anpassade skydds-zoner etc. Vidare har LRF och WWF beviljats pengar från Havsmiljöanslaget för att driva ett fullskaleprojekt för att följa upp och omvandla effektiva åtgärder för minskade P- och N-förluster identifierade i försöksområdet E23 till större skala.

### **MÖTA – Miljösamverkan i Östergötland**

I MÖTA:s regi har projektet ”Tillsyn växtodlare med fokus på växtnäring” genomförts (MÖTA Slutrapport, 2011). Projektet omfattade både utbildning och tillsyn och totalt deltog 12 kommuner samt länsstyrelsen. Resultatet från de 125 inspektioner som utfördes visade att brister i lagringen av gödsel är vanligast förekommande (läckage från gödselplatta, bristande täckning av gödselbrunn, för liten lagringskapacitet mm) följt av brister kring gödselspridning (bristande växtodlingsplan, dokumentation av gödselleveranser, spridningsareal mm). Slutsatsen är att lagefterlevnaden är bristfällig i länet och att fortsatt tillsyn inom området växtnäring bör prioriteras för att kunna nå målet *Ingen övergödning*.

### **Effektiv näring**

Under året 2012 kommer Jordbruksverket driva ett tillsynsprojekt inom växtnäringens område. Projektet kallas *Effektiv näring* och riktar sig till de kommuner som arbetar med lantbrukstillsyn inom växtnäringens område. Projektet har tagit

fram vägledningsmaterial till kommunerna. Kommuner i Östergötland som anmält medverkan är Ydre, Kinda, Åtvidaberg, Valdemarsvik, Linköping, Norrköping, Motala och Mjölby.

### **Anlagda våtmarker i länet**

I Östergötland sattes målet att arealen våtmark skulle ökas med minst 750 ha jämfört med vad som fanns år 2000. Fram till och med 2005 hade man lyckats med att nyskapa eller återskapa ca 500 hektar våtmark i länet med stor betydelse för ökad näringsretention. Men utrymme finns fortfarande att skapa ytterligare minst 250 ha våtmarksyta innan man når det sedan tidigare uppsatta målet för länet som helhet. Något som kan komma att öppna nya möjligheter med koppling till våtmarksanläggningar är EU:s nya CAP-förslag att ge 30 % höjd miljöersättning till ”grupper” av lantbrukare, t ex om en grupp lantbrukare inom ett avrinningsområde går samman för att vidtaga miljöåtgärder och t ex anlägga en retentionsvåtmark.

På uppdrag av Tekniska kontoret, Norrköpings kommun genomfördes i fjol en förstudie med syfte att kartlägga och föreslå lämpliga platser inom kommunens åkermarksinnehav där våtmarker kan anläggas och/eller återställas bland annat för att uppnå stor närsaltreduktion (Andersson och Stråe, 2011). Förstudiens förslag på våtmarkslägen som geografiskt ligger i utredningsområdet runt Glan presenteras kortfattat i avsnitt 8.3.5, om åtgärdsförslag inom jordbruket.

### **Borttagen skatt på mineralgödsel**

En förändring med, än så länge okänd men, befarad negativ konsekvens är det faktum att skatten på mineralgödsel har avvecklats vilket sannolikt kommer att öka användningen av mineralgödsel och således även näringsförlusterna. I vilken omfattning är för tidigt att säga.

### **5.3.7. Skogsbruk**

Sedan 20 år tillbaka har åtgärdsarbetet inom skogsbruket främst varit inriktat mot markförsurning men på senare tid har miljörisker vid skogsgödsling, utlakning av kväve och kvicksilver, näringsretention i skärmställningar och kantzoner mm fått mer fokus (Hjerpe och Olsson, 2008). Skogsstyrelsen har reviderat sin vattenpolicy i enlighet med kraven från EU:s vattendirektiv med syftet att öka kvaliteten i arbetet med frågor som rör skogsbruk och vatten.

Utlakning av fosfor från normalt brukad skogsmark är ungefär lika stor var man än befinner sig i landet. Halten av totalfosfor i skogsvattendrag är i genomsnitt generellt låga, < 20 µg tot-P/l respektive < 3 µg PO<sub>4</sub>-P/l (Ugglå och Westling, 2003). De närmast följande åren efter avverkning indikeras dock förhöjda värden och arealförluster av fosfor som ett resultat av erosion orsakat av körskador, terrängtransporter, markberedning, skyddsdikning, dikesresning etc.

I Östergötland driver Skogsstyrelsen sedan 2011 det rikstäckande landsbygdsprogrammet ”Skogsbruk och vatten” som kommer att pågå till och med 2013. Programmet syftar till att bevara och utveckla miljövärden i och i anslutning till skogslandskapets vattensystem och bidra till att skogsmarkens långsiktiga produktionsförmåga bibehålls. Under året som gått har utbildningar genomförts

som framför allt har riktat sig till Holmens personal som i hög grad är verksam i området runt Glan (muntl. B-E Holm, Skogskonsulent, Skogsstyrelsen i Östergötland). Men även andra markägare, tjänstemän och övriga verksamma i skogsbruket hör till målgruppen för programmet. Utbildningen omfattar tre utvalda teman; 1) dikesrensning och skyddsdikning; 2) körskador och terrängtransport och 3) miljöhänsyn vid vatten. Under våren fortsätter utbildningen i samarbete med länsstyrelsen med riktad rådgivning runt utvalda vattenmiljöer. Förra året genomfördes fältvandringar i utvalda skogs- och avverkningsområden med syftet att nå ut med riktad rådgivning till skogsägare och fältpersonal från skogsbolag vars skog ligger nära vatten/känsliga vatten. I år skall ytterligare tolv fältvandringar genomföras varav tre stycken ligger inom Glans avrinningsområde.

Skogsgödsling har inte skett i större omfattning i utredningsområdet, men ett ökat intresse från skogsägare för skogsgödsling har noterats sedan en tid tillbaka (muntl. B-E Holm, Skogsstyrelsen). För att få en bild av storleken och aktualiteten av intresset för att i förebyggande syfte ta fram information, regler och rekommendationer och förhållningssätt kring gödslingsteknik skall 2 000 skogsägare i länet slumpvis väljas ut för medverkan i en enkätundersökning.

Precisa uppgifter om avverkning, skyddsdikning, dikesrensning, nya skogsvägar etc. med ökad erosion och förluster av näringsämnen som följd har ej funnits att tillgå vilket begränsar möjligheten att bedöma om näringsläckaget från skogsbruket har minskat eller ökat sedan det senaste sekelskiftet.

### **5.3.8. Övrigt**

#### **Vattenskyddsområde**

Förslag på föreskrifter för skydd av vattentäkt har framarbetats i tre nivåer, primär, sekundär och tertiär skyddszon. Föreskrifterna omfattar allmän hänsyn, dvs. alla som bedriver verksamhet inom området måste skaffa sig rätt kunskap om vilka skyddskrav och begränsningar som råder inom området, hur olyckor skall larmas etc. samt särskilda begränsningar av verksamheter omfattande petroleumprodukter, bekämpningsmedel, växtnäringsämnen, djurhållning, skogsbruk, arbetsfordon, avlopps- och dagvatten, miljöfarlig verksamhet, täktverksamhet, anläggningsarbeten, energianläggningar, transport av farligt gods, båt och sjöfart, väghållning och ny bebyggelse.

All verksamhet som berörs av föreskrifterna kräver anmälan och/eller tillstånd som prövas och utfärdas av tillsynsmyndigheten i Norrköping eller Finspångs kommun som också ansvarar för löpande tillsyn av prövad och godkänd verksamhet inom skyddsområdet.

#### **Torvbrytning i Ringstad mosse**

Ringstad mosse ligger nordväst om Norrköping på Glans östra sida. Fram till och med 40-talet bröt man torv i mossen som nu har vuxit igen och idag är området kommunens största sammanhängande lövskog och hyser ett rikt fågelliv. Econova AB, som är en av landets största företag inom torvbranchen, har väckt liv i möjligheten att återuppta torvbrytning då mossen beräknas kunna försörja företaget med torv i ca 20 år framåt. Först måste verksamheten tillståndsprövas och miljökonsekvensutredas avseende brytningens påverkan på områdets rå-

dande höga naturvärden, risk för näringsläckage, behov och möjligheter till förebyggande åtgärder etc. Länsstyrelsens miljöprövningsdelegation beslutar om eventuellt tillstånd.

### **Fiske**

Mer eller mindre standardiserade provfisken har utförts i Glan vid tre tillfällen, 1) Björk (1990) *Fisk i Roxen och Glan 1990*; 2) Dahlberg och Engström (2002) *Roxen och Glan - Utvärdering av standardiserade provfisken sommaren 2001* och nu senast *Nätprovfisken i Roxen och Glan 2010*. Ambitionen är att i och med det senaste nätprovfisket, som också omfattade provtagning och analys av ålder av vissa utvalda arter, inleda en mer fördjupad och återkommande miljöövervakning av sjöarna.

Det övergripande resultatet från nätprovfisket i Glan 2001 visade på god status medan resultatet från 2010 års nätprovfiske visade att den viktmissiga fångsten var mindre jämfört med 2001 års fångst. Främst var det mörten som minskat i viktandel i fångsten. Även gers och benlöja hade minskat med statistiskt signifikant resultat. Abborre och gös bedömdes ha ökat i storlek men samtidigt som de antalsmässigt hade blivit färre. Den slutliga bedömningen av Glans ekologiska status bedömdes även 2010 enligt bedömningsgrunderna som god (Nätprovfisken i Roxen och Glan, 2010).

### **Översvämningskartering**

På uppdrag av Linköpings och Norrköpings kommuner utförde SMHI 2008 en kartering av översvämningsriskerna längs Motala ströms sträckning från Roxen via Glan till mynningen i Bråviken (Björn m fl. 2008). Syftet var att ta fram underlag för kommunernas fortsatta fysiska planering, räddningstjänstens insatsplanering samt som ett verktyg för att kunna göra olika scenarioräkningar. Översvämningsproblematiken i Roxen och Glan har också belyst i ett examensarbete utfört vid Linköpings universitet med hjälp av GIS-modellering (Vaghani, 2005).

Inom ramen för SMHI:s kartering byggdes en hydraulisk datamodell över vattendragen i området baserad på indata från en speciellt framtagen höjdmödel, ekolodning av Motala ström, uppgifter om broar och dammar. Vattenstånd och översvämningsrisk för tre olika flödesscenarier (100-årsflöde, 1000-årsflöde samt beräknat högsta flöde) i kombination med dagslägets 100-årsvattenstånd samt förväntat 100-årsvattenstånd enligt framtida klimatscenarier beräknades.

Resultatet visade att de landområden som i störst omfattning drabbas av översvämning är områdena runt Glans utlopp samt vid Mota ströms utlopp i Bråviken. Tack vare att strömfåran skär ner djupt i terrängen beräknas övriga sträckor översvämmas relativt lite. Längs sträckan mellan Roxen och Glan, som ligger inom utredningsområdet, kommer slussporten vid Norsholm och dammen vid Skärblacka att översvämmas vid 1000-års flöden och vid beräknat högsta flöde.

Risken för uppstuvning, dvs. snedställning av vattenytan i Roxen och Glan vid kraftig vind, bedöms i medel förekomma en gång vart hundra år med tillfälligt förhöjd vattennivå i inre vindutsatta lägen som resultat. Även här bedöms Norsholm drabbas med max ca 0,5 m tillfällig uppstuvning. Effekterna i Glan

bedöms drabba området vid Leonardsberg/Fiskeby som ligger utanför utredningsområdet. Även om det finns stora osäkerheter i beräkningarna pekar resultatet på att risken för extrema flöden i området kommer att minska i och med framtida klimatförändringar.

## 6. Lägesbeskrivning år 2011

### 6.1. Ett av de områden som göder havet mest

Motala ström har av vattenmyndigheterna utpekats som ett av de huvudavrinningsområden i södra Östersjöns vattendistrikt som belastar havet med mest kväve och fosfor (Vattenmyndigheterna, 2009). Bedömningen grundar sig på en integrering av PLC5:s belastningsdata som omfattar data till och med 2006 (SMED:s webbsida med tillgängliga miljöemissionsdata- Vatten: [www.smed.se/vatten/data/plc5](http://www.smed.se/vatten/data/plc5)).

Av de 30 delavrinningsområden i Östersjöns södra vattendistrikt som genererar högst ytrelaterad diffus antropogen fosforbelastning på havet ligger åtta stycken i Motala ströms avrinningsområde och flera av dessa ligger i direkt anslutning till eller nära Glan (Vattenmyndigheterna, 2009). Det är också Glans utlopp som står för den största transporten av näring till Östersjön jämfört med avrinningsområdets övriga mynningar i havet. Under 2010 transporterades vid Glans utlopp 122 ton fosfor till Östersjön, medan de två näst största utloppen, Storåns utlopp och Vindåns utlopp transporterade 9,8 respektive 3,4 ton vardera.

#### 6.1.1. Brutto- och nettobelastning från Motala ströms avrinningsområde

Det är framförallt på grund av huvudavrinningsområdets storlek som det bidrar till så stora årliga bruttotransporter av fosfor och kväve till havet (ca 220 ton fosfor respektive 9 500 ton kväve). En stor del av avrinningsområdets vatten passerar dock genom Vättern, med lång omsättningstid och hög kapacitet till näringsretention, med resultatet att retentionen av både fosfor och kväve i Vättern blir hög. Retentionen i Vättern mer än halverar den slutliga nettotransporten av näring från området till havet. Detta faktum bedömdes och togs hänsyn till redan i 2001-års belastningsanalys (NV Rapport 5289-5291) i vilka författarna exkluderade delavrinningsområdena runt Vättern då dessa bedömdes fungera som näringssänka och beräkningen landade slutligen på en belastning av 108 ton fosfor på Glan. Motsvarande nettoresultat, med PLC5-metodik, landar på en förlust om 103 ton fosfor och 2 465 ton kväve per år. Tio till tjugoprocent av fosfor når Östersjön via Slätbaken och andra tillflöden till havet söder om Glan (enligt data från samordnat recipientkontrollprogram) vilket betyder att 80-90 ton fosfor per år går via Glan. Underlag från såväl PLC5-modellering och 2001-års beräkning används parallellt vid utvärdering och analys av utredningsområdets nulägesstatus.

### 6.1.2. Källfördelningsanalys - huvudavrinningsområdet

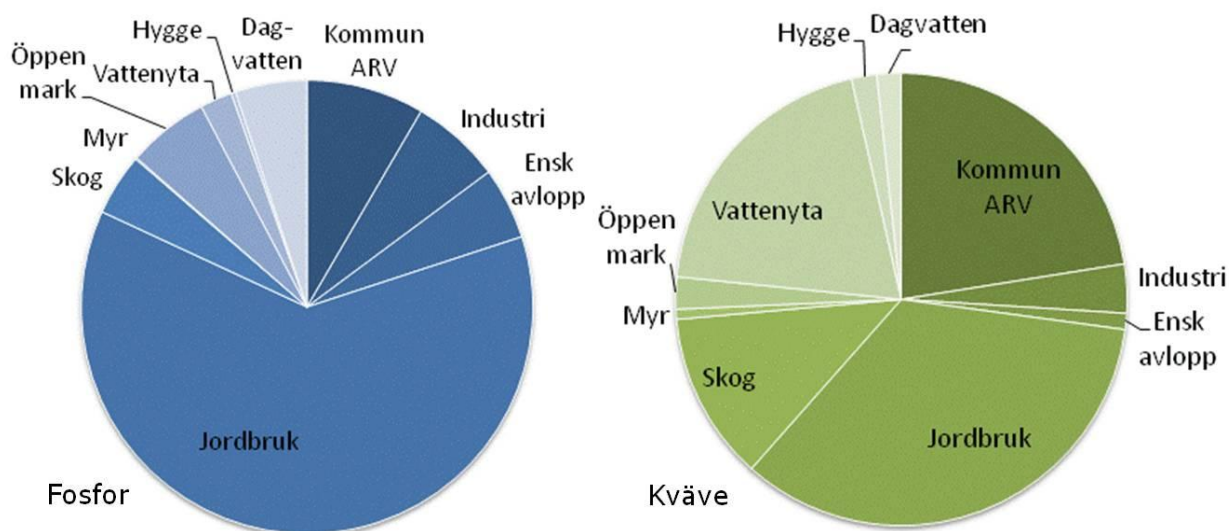
De antropogena källor som orsakar störst näringsförlust till havet per ytenhet är jordbruk, dagvattenutsläpp, enskilda avlopp, industri och reningsverk (Vattenmyndigheten, 2009). Även om det geografiska området inte stämmer helt överens är det intressant att göra en jämförelse mellan källfördelningen i huvudavrinningsområdet baserad på PLC5-data och den som togs fram i 2001-års utredning som ett led i analysen av hur läget och källfördelningen i utredningsområdet ser ut idag.

Källfördelningen av fosfor från 2001-års utredning redovisades i avsnitt 4.1, Figur 6. Den tydligaste skillnaden mellan analyserna är att jordbruket är den absolut största antropogena källan till fosfor enligt PLC5-analysen. Drygt 60 % av fosforförlusten bedöms komma från jordbruk, se Tabell 10 och Figur 10, till skillnad från 2001-års källfördelningsanalys där drygt 20 % av fosfor bedömdes komma från jordbruk. Den stora skillnaden orsakas antagligen av att en del av de dryga 60 procenten i Vattenmyndighetens analys, baserad på PLC5-data, kommer från Östgötaslättnens intensiva jordbruksområden som avvattnas till havet utan att först belasta Glan. PLC5-data indikerar att jordbruket är en mycket stor källa till fosforbelastning i området.

Källfördelningen över kväveförluster från huvudavrinningsområdet till havet sprider sig något mer än för fosfor och jordbruket dominerar inte lika mycket. De tre största kvävekällorna är jordbruk (35 %), kommunala reningsverk (22 %) och atmosfärisk deposition på vatten (20 %), Tabell 10 och Figur 10.

**Tabell 10. Nettobelastning av kväve och fosfor i huvudavrinningsområde SE 67 000 (Motala ström) uttryckt i kg/år (totalt och från olika källor) samt i procent. (Data från PLC5 omfattande data t.o.m. 2006, <http://www.smed.se/vatten/data/plc5>).**

Källa	Fosfor (kg/år)	Fosfor (%)	Kväve (kg/år)	Kväve (%)
Kommun ARV	8 677	8	554 499	22
Industri	6 616	6	86 133	3
Ensk. Avlopp	5 273	5	28 323	1
Jordbruk	63 674	62	848 433	34
Skog	4 536	4	296 890	12
Myr	114	0	17 596	1
Öppen mark	6 009	6	56 758	2
Vattenyta (atm. dep.)	2 367	2	489 376	20
Hygge	330	0	44 434	2
Dagvatten	5 277	5	42 911	2
<b>Summa</b>	<b>102 873</b>		<b>2 465 353</b>	



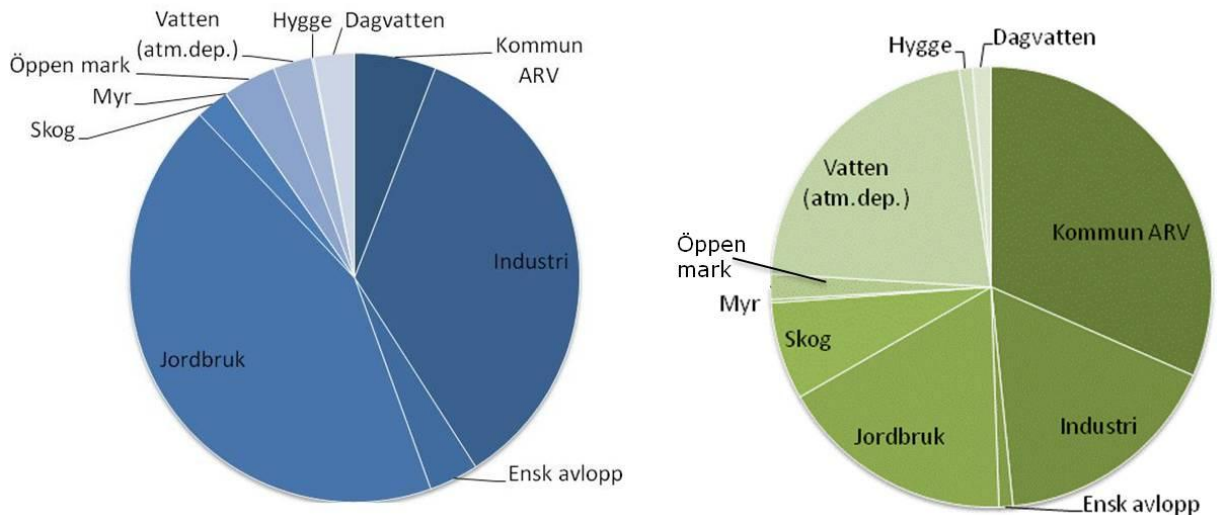
**Figur 10. Källfördelning i % av totalt 103 ton fosfor (t.v.) och 2 465 ton kväve (t.h.) i nettoförlust (efter naturlig retention i sjöar och vattendrag) från hela Motala ströms avrinningsområde till Östersjön. Data hämtat från PLC5 för huvudavrinningsområde SE67000, Motala Ström (<http://www.smed.se/vatten/data/plc5>) baserade på data t.o.m. 2006. För mängder och procentuell fördelning i huvudavrinningsområdet, se Tabell 10.**

### 6.1.3. Källfördelningsanalys – utredningsområdet

En sammanställning av källfördelningen i de delavrinningsområden som ingår i utredningsområdet (Tabell 2 och Figur 4 i avsnitt 3.1) modellerad med PLC5-metodik baserat på data t.o.m. 2006, visar att den totala näringsbelastningen från utredningsområdet motsvarar ca 11,7 ton fosfor och 219 ton kväve. Jordbruket i området tillsammans med industri står för 43 respektive 35 % av fosforbelastningen medan kvävet kommer från avloppsreningsverk, atmosfärisk deposition på vattenytor, jordbruk, industri och skog i fallande storleksordning, se Tabell 11 och Figur 11.

**Tabell 11. Nettobelastning av fosfor och kväve i utredningsområdet uttryckt i kg/år (från olika källor och totalt) samt i procent. (Data från PLC5 som omfattar data t.o.m. 2006, <http://www.smed.se/vatten/data/plc5>).**

Källa	Fosfor (kg/år)	Fosfor (%)	Kväve (kg/år)	Kväve (%)
Kommun ARV	686	6	69 148	32
Industri	4 112	35	36 859	17
Ensk. Avlopp	416	4	2 215	1
Jordbruk	5 087	43	37 747	17
Skog	277	2	15 681	7
Myr	4	0	540	0
Öppen mark	449	4	4 050	2
Vattenyta (atm. dep.)	327	3	47 558	22
Hygge	150	0	2 112	1
Dagvatten	343	3	2 978	1
<b>Summa</b>	<b>11 716</b>		<b>218 888</b>	

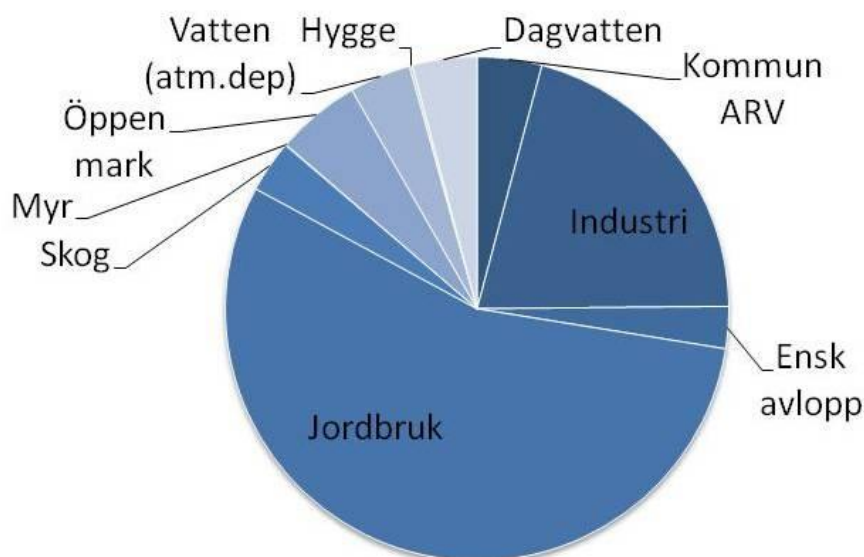


**Figur 11. Källfördelning i % av totalt 11,7 ton fosfor (t.v.) och 219 ton kväve (t.h.) i nettoförlust (efter naturlig retention) från utredningsområdet. Data hämtat från PLC5 för de delavrinningsområden som ingår i utredningsområdet (<http://www.smed.se/vatten/data/plc5>) omfattande data t.o.m. 2006. För mängder och procentuell fördelning i utredningsområdet, se Tabell 11.**

Om källfördelningsdata i Tabell 11 som baseras på data t.o.m. 2006 justeras avseende den minskning av fosforförlust till omgivningen som åstadkommit genom olika vidtagna åtgärder inom industri, reningsverk, enskilda avlopp etc. som redovisats i avsnitt 5 kan det sägas spegla dagens läge på ett mer korrekt sätt. Efter justeringen erhöles källfördelning av fosforbelastningen i utredningsområdet enligt Tabell 12 och Figur 12. Resultatet bör betraktas med försiktighet och i huvudsak för att se vilken/vilka källor till fosfor som dominerar och således bör ligga i fokus för fortsatt åtgärdsarbete.

**Tabell 12. Nettobelastning av fosfor och kväve i utredningsområdet uttryckt i kg/år (från olika källor och totalt) samt i procent efter justering avseende vidtagna åtgärder i reningsverk, industri etc. som genererat minskad fosforförlust från utredningsområdet.**

Källa	Fosfor (kg/år)	Fosfor (%)
Kommunala ARV	343	4
Industri	1 712	21
Enskilda avlopp	223	3
Jordbruk	4 578	55
Skog	277	3
Myr	4	0
Öppen mark	449	5
Vattenyta (atmosfärisk deposition)	327	4
Hygge	150	0
Dagvatten	343	4
<b>Summa</b>	<b>8 271</b>	



**Figur 12. Källfördelning i % av totalt 8,2 ton fosfor i nettoförlust (efter naturlig retention) från utredningsområdet efter justering av 2006-års PLC5-data efter kända åtgärder som minskat fosforförlusten i området. För mängder och procentuell fördelning, se Tabell 12 ovan.**

## 6.2. Glan – status och miljö kvalitetsmål

Den ekologiska statusen i Glan fastställdes som otillfredsställande av Vattenmyndigheten vid utgången av 2009. Ljusförhållandet bedöms som måttligt och syrgasförhållandet som dåligt. Glan är drabbad av övergödningsproblematik av sådan grad att bedömningen gjorts att det är tekniskt omöjligt att vidtaga tillräckliga åtgärder för att nå god ekologisk status före 2015 varför en tidsfrist till 2021 har utfärdats. Bedömningen baseras dels på data från MSV:s recipientkontroll mellan åren 2004-2006 och dels på resultat från olika studier av växtplankton och bottenfauna som indikerar tydliga negativa effekter orsakade av allt för hög näringsbelastning (VISS, 2009a). Under åren 2004-2006 var fosforkoncentrationen i Glans vatten 33,7 µg/l och beräknade referensvärdet för fosfor, dvs. det tillstånd som råder om ett vatten är relativt opåverkat av mänskliga verksamheter och enligt vattendirektivet betraktas som hög status, m.a.o. ett vatten i nästan "naturtillstånd", var är 8,8 µg/l. Den ekologiska kvoten, dvs. förhållandet mellan rådande status och "naturtillstånd", baserad på dessa data är 0,29.

De senaste årsrapporterna från Motala ströms Vattenvårdsförbund (MSV Årsrapport 2007 till 2010) redovisar att fosforhalten i Glans vatten legat kvar på samma nivå, dvs. strax över 30 µg totalfosfor per liter. Miljö kvalitetsnormen, så som den formulerades i NV Rapport 5289-5291 (2001) att nå halten 25 µg/l år 2010, har således inte uppnåtts.

Även resultat från provfiske (Dahlberg och Engström, 2001) ligger till grund för den ekologiska statusklassningen och bedöms som god 2009. Sedan dess har dock ett nytt standardiserat nätprovfiske genomförts (*Nätprovfiske i Roxen och Glan 2010*) vilket visar ett något sämre resultat avseende fångstmängd av vissa arter och antalet arter. Nätprovfisket visade på en hög biomassa och ett rikt antal individer per nät, typiskt för näringsrika sjöar, vilket tyder på att fiskbeståndet

det i Glan är påverkat av eutrofiering. Trots detta bedömdes dock Glan vara i balans avseende kvoten abborre/karpfisk, som används som en indikator på övergödningspåverkan, samt avseende en hög andel fångad abborre.

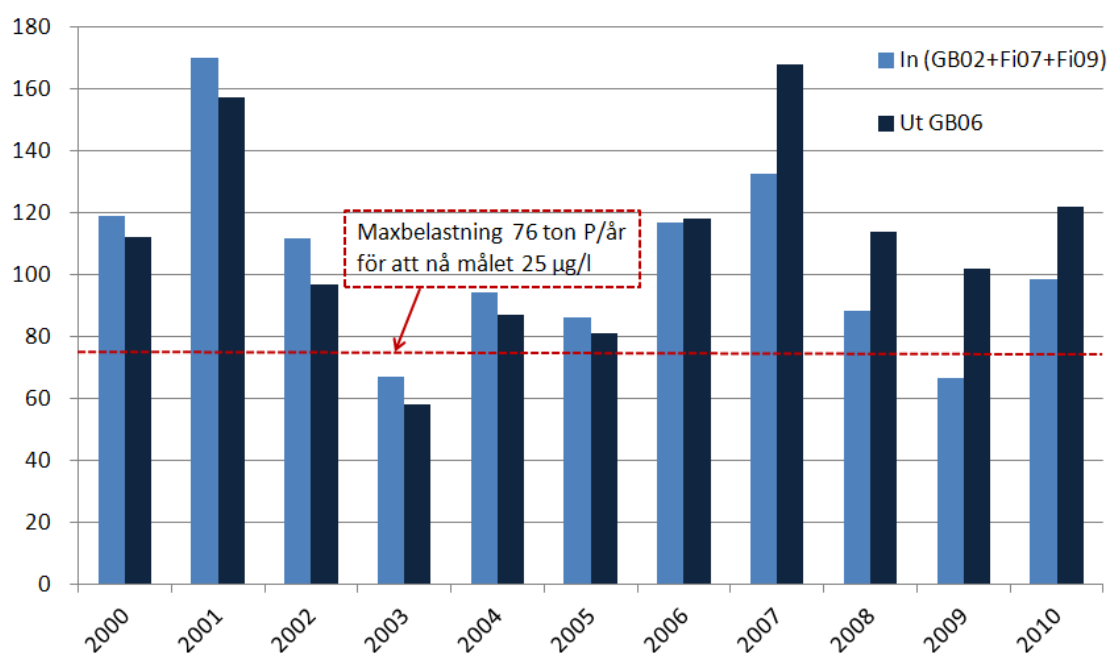
(Glan uppfyller inte heller kvalitetskravet för kemisk ytvattenstatus avseende kvicksilver och kvicksilverföreningar men detta behandlas inte vidare i denna utredning.)

### 6.3. Glan idag jämfört med målbilden 2001

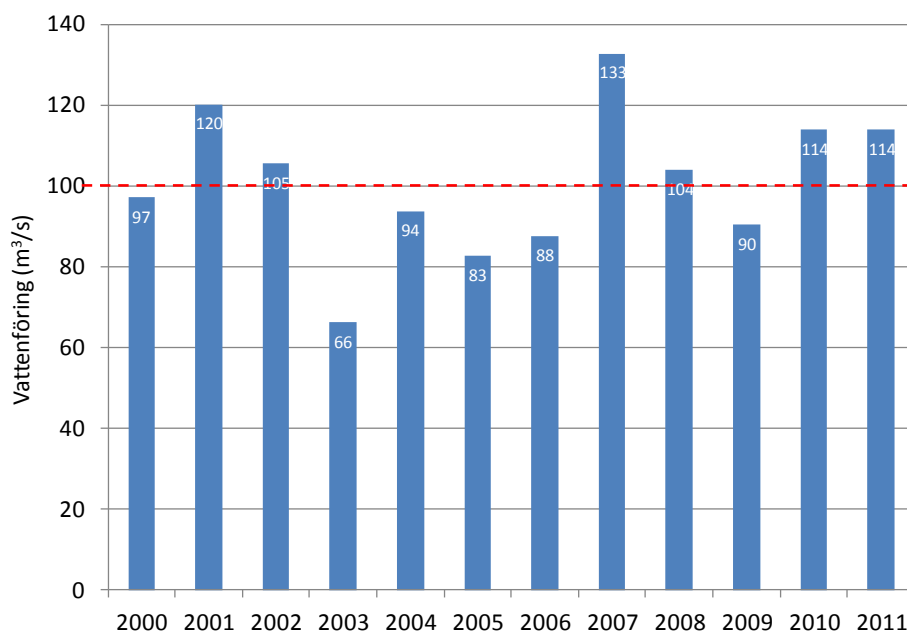
#### 6.3.1. Transporter av fosfor till och från Glan

Den sammanlagda transporten av fosfor till Glan beräknat som summan av de tre största tillflödena Motala ström (GB02), Doverns utlopp (Fi07) och Åmlångens utlopp (Fi09) samt fosfortransporten ut från Glan via Motala ström (GB06) mellan åren 2000 och 2010 redovisas i Figur 13 nedan.

Behovet att mer eller mindre momentant minska den årliga fosforbelastningen till max 76 ton/år som formulerades 2001 som krav för att nå miljökvalitetsnormen 25 µg P/l i Glans vatten har inte uppnåtts, röd linje i Figur 13, med undantag från år 2003 och 2009 som båda (i synnerhet 2003) var år med förhållandevis låg vattenföring, se Figur 14. Vattenföringsmätningar utförda vid Glans utlopp (serie 67-50087) finns från 1935 och det hittills högsta flödet inträffade 1966 (357 m<sup>3</sup>/s) (Björn m fl, 2008) med en statistisk återkomsttid på cirka 65 år.

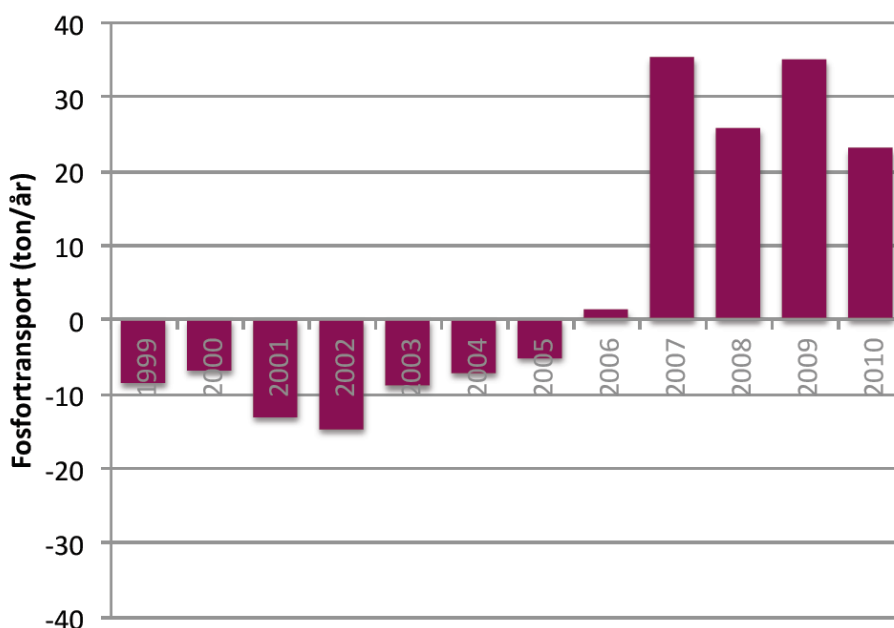


Figur 13. Transport av fosfor till Glan, beräknat som summan av de tre största tillflödena (GB02+Fi07+Fi09), och ut från Glan (GB06) i antal ton totalfosfor per år. (Data från MSV:s årsrapporter).



**Figur 14. Årsmedelvattenföring i Motala ström vid mätstation nr 2445 Holmen, efter utloppet i Glan. Data hämtade från SMHI:s mätdata över vattenföringen i vattendrag 67, Motala ström, tillgängliga via VattenWebb (<http://vattenweb.smhi.se/>; 120515). Den röda linjen markerar vattenföringsmedelvärdet under hela perioden 2000-2010.**

Fram till och med år 2005 är transporten av fosfor in till Glan större än uttransporten, men från och med år 2006 blir förhållandet det omvända. Detta syns tydligare i Figur 15 nedan som redovisar förändringen i massbalans av fosfor i Glan beräknad för åren 1999 till 2010. Balansen är beräknad som skillnaden mellan fosfortransporten till Glan (GB02+Fi07+Fi09) och transporten från Glan (GB06). Negativ massbalans tyder på att fosfor fastläggs i sedimenten och positiv att det frisläpps från sedimenten (MSV Årsrapport, 2010).

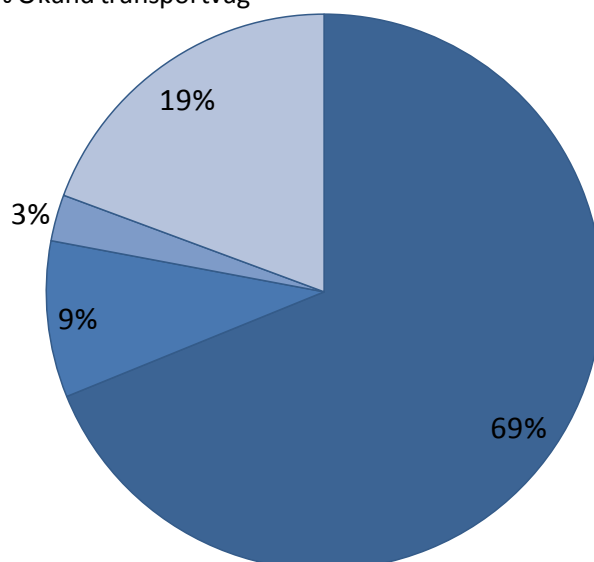


**Figur 15. Förändringen i massbalans av fosfor i Glan mellan åren 1999 och 2010. Skillnaden i fosfortransport mellan Glans utlopp i Motala ström (GB06) och summan av Glans tre huvudinlopp, Motala ström (GB02), Doverns utlopp (Fi07) och Ämlångens utlopp (Fi09). Negativ massbalans tyder på att fosfor**

**fastläggs i sedimenten och positiv att det frisläpps från sedimenten (MSV Årsrapport, 2010).**

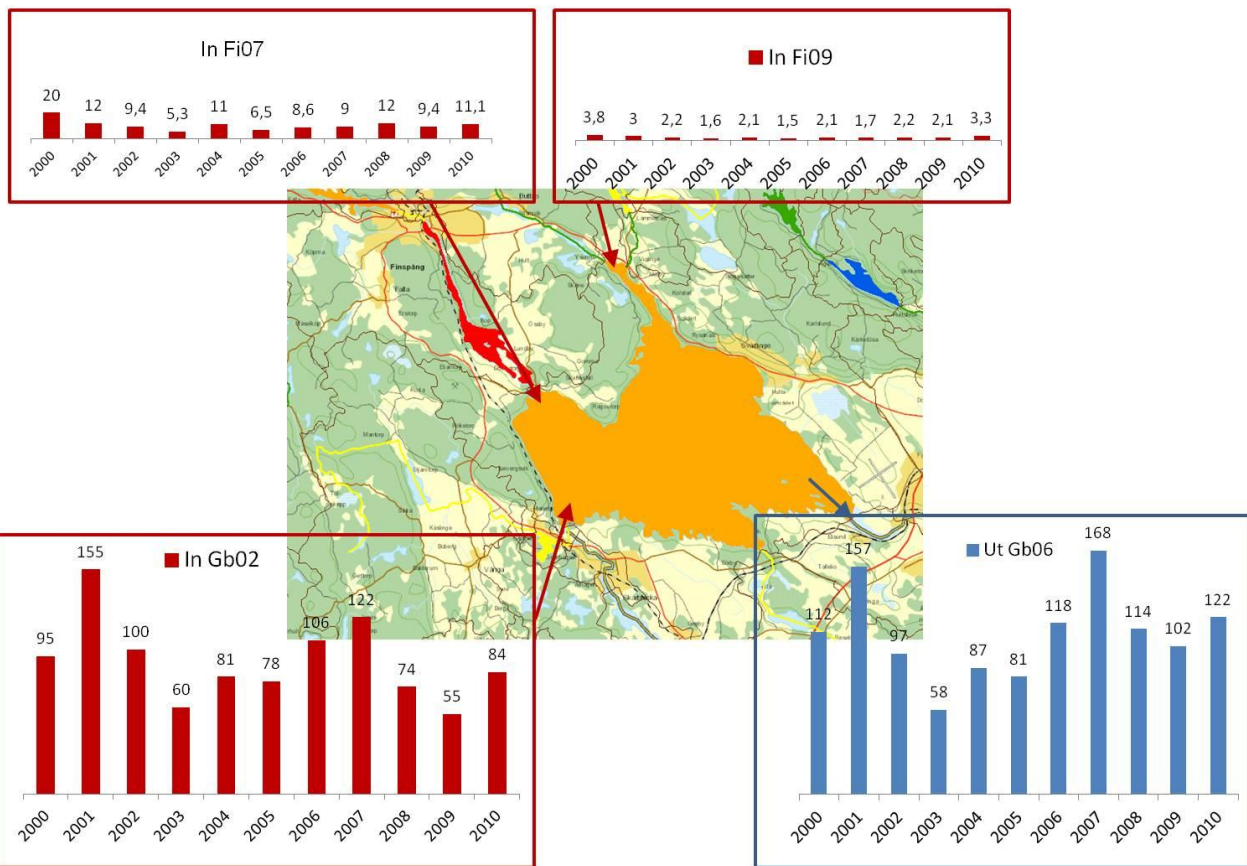
Från och med 2006 pekar resultatet på att Glan, från att tidigare ha fastlagt fosfor i sedimenten, har övergått till att släppa fosfor från sedimenten. Om massbalansen från 2010 tas som exempel så belastades Glan med sammanlagt 98,4 ton fosfor från Motala Ström (84 ton), Dovers utlopp (11,1 ton) och Åmlångens utlopp (3,3 ton). Ut ur Glan transporterades dock så mycket som 122 ton fosfor (MSV Årsrapport 2010). Det betyder att hela avrinningsområdet fram till Glan endast förklarar 81 % av den totala transporten till Bråviken via Glan. Skillnaden (19 %) kan delvis förklaras av näringstransporter från omgivande marker och vattendrag som ej fångas upp av recipientprovtagningsprogrammet så som det är utformat idag och därför är okända, Figur 16a. Tänkbart, och troligt, är också att obalans råder mellan vatten och sediment i Glan och att fosfor frigörs från sedimenten.

- 69 % In via Motala ström efter Skärblacka (GB02)
- 9 % In via Dovers utlopp (Fi07)
- 3 % In via Åmlångens utlopp (Fi09)
- 19 % Okänd transportväg



**Figur 16a. Den totala uttransporten av fosfor från Glan år 2010 var 122 ton och 81 procent av dessa 122 ton kan förklaras genom intransport från Motala ström samt Dovers och Åmlångens respektive utlopp. Resterande 19 %, motsvarande 24 ton P, är av okänt ursprung.**

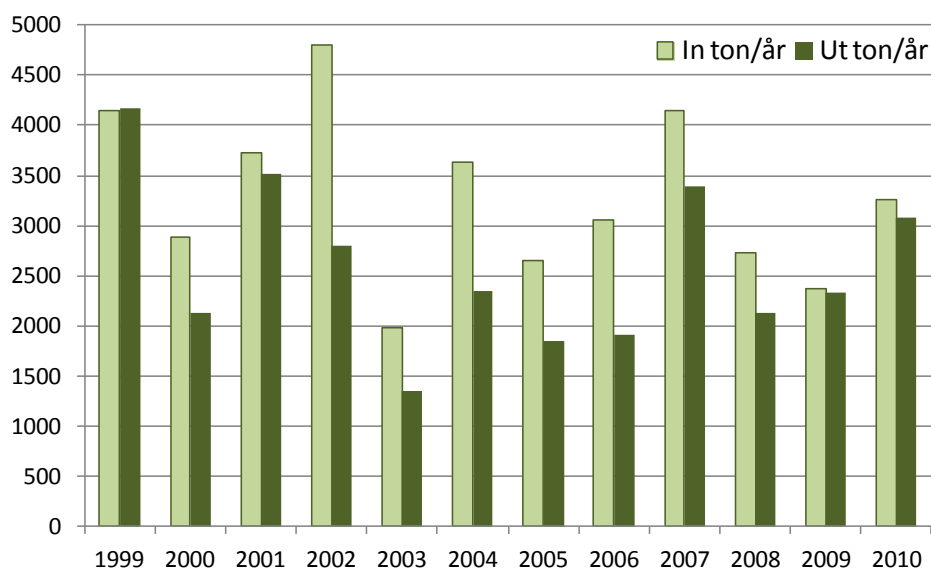
De tre tillflödenas individuella bidrag till fosforbelastningen i ton/år har sammanställts i Figur 16b. Det som tydligast speglas av denna figur är att belastningen från Motala ström totalt dominerar. Under det senaste decenniet har i genomsnitt 88 % av den årliga fosforbelastningen på Glan transporterats in via Motala ström (10 % via Dovers utlopp och 2 % via Åmlångens utlopp). För att åstadkomma störst genomslagskraft avseende minskade näringstransporter till Glan är det således området uppströms Roxen som i första hand bör ligga i fokus för åtgärdsinsatser.



**Figur 16b. Transport av fosfor (ton/år) från Motala Ström (GB02), Doverns utlopp (Fi07) och Åmlångens utlopp (Fi09) samt ut ur Glan (GB06) mellan åren 2000 och 2010. Belastningen från Motala Ström dominerar tydligt.**

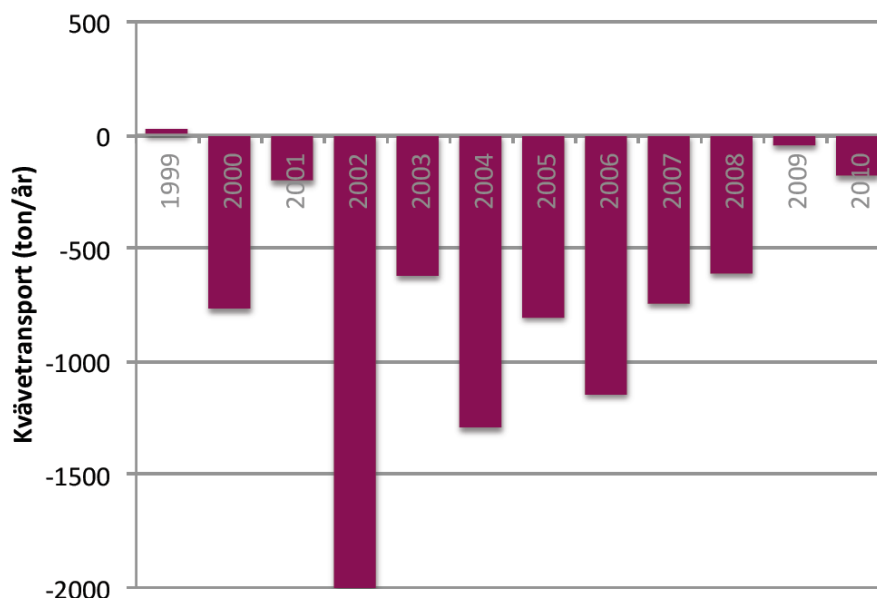
### 6.3.2. Transport av kväve in och ut ur Glan

Den sammanlagda transporten av kväve till Glan beräknat som summan av de tre största tillflödena Motala ström (GB02), Doverns utlopp (Fi07) och Ysundaåns utlopp (Fi09) samt kvävetransporten ut från Glan via Motala ström (GB06) mellan åren 2000 och 2010 redovisas i Figur 17 nedan.



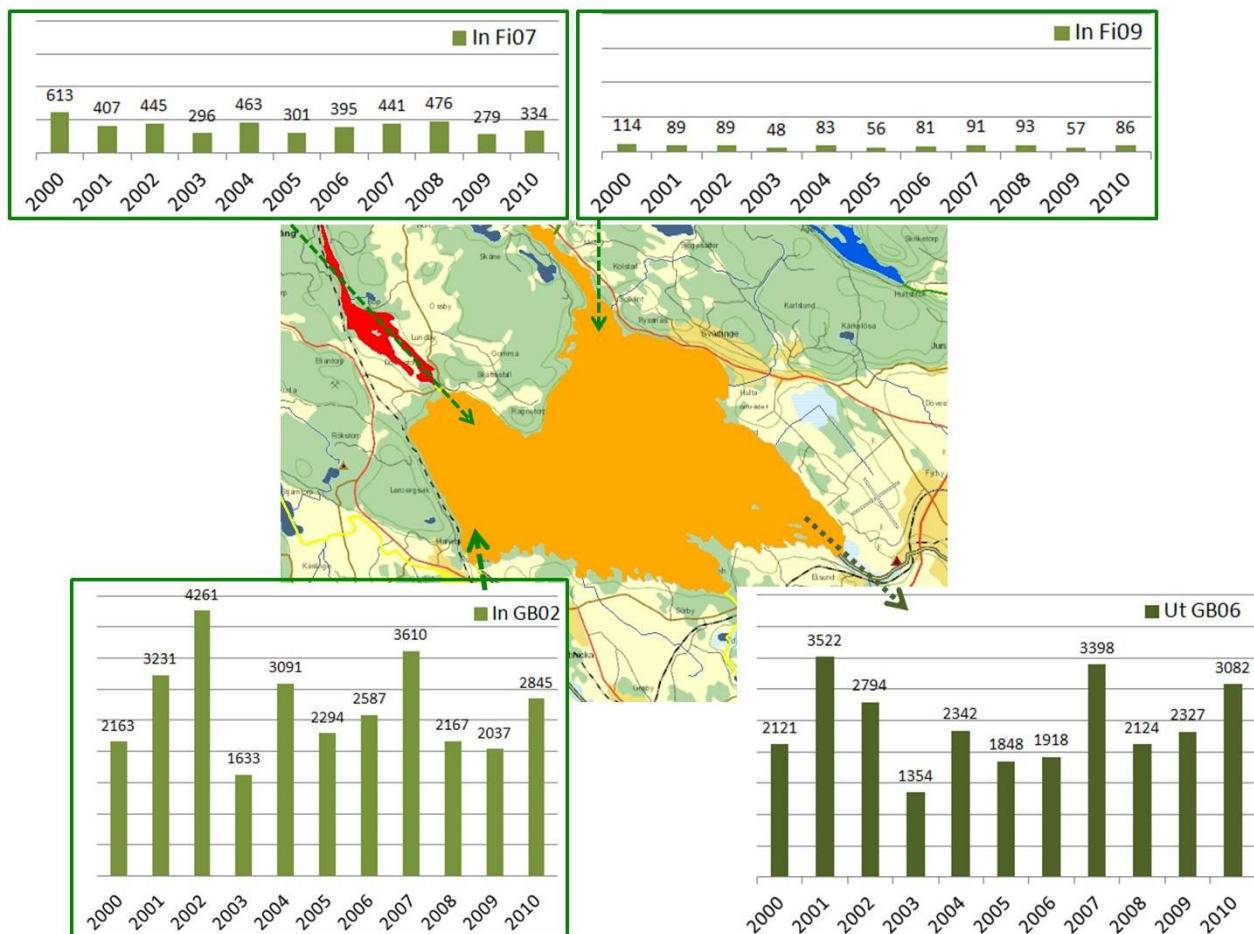
**Figur 17. Transport av kväve till Glan, beräknat som summan av de tre största tillflödena (GB02+Fi07+Fi09), och ut från Glan (GB06) i antal ton totalkväve per år. (Data från MSV:s årsrapporter).**

Massbalansberäkningen över kvävetransport i Figur 18 nedan, visar från år 2000 ett negativt resultat vilket betyder att en mindre mängd kväve transporteras ut ur än in till Glan. Resultatet tyder på att Glan fyller en viktig funktion för de biogeokemiska processer som omvandlar nitrat till kvävgas. Men trenden ser dock ut att förändras då det negativa nettoresultatet inte varit lika övertygande de senaste två åren.



**Figur 18. Förändringen i massbalans av kväve i Glan mellan åren 1999 och 2010. Skillnaden i kvävetransport mellan Glans utlopp i Motala ström (GB06) och summan av Glans tre huvudinloppspunkter, Motala ström (GB02), Doverns utlopp (Fi07) och Åmlångens utlopp (Fi09). Negativ massbalans tyder på att kväve fastläggs i sedimenten och/eller avgår till atmosfären. Positiv massbalans att utförseln är större än vad sjön kan ta hand om (Bild från MSV Årsrapport, 2010).**

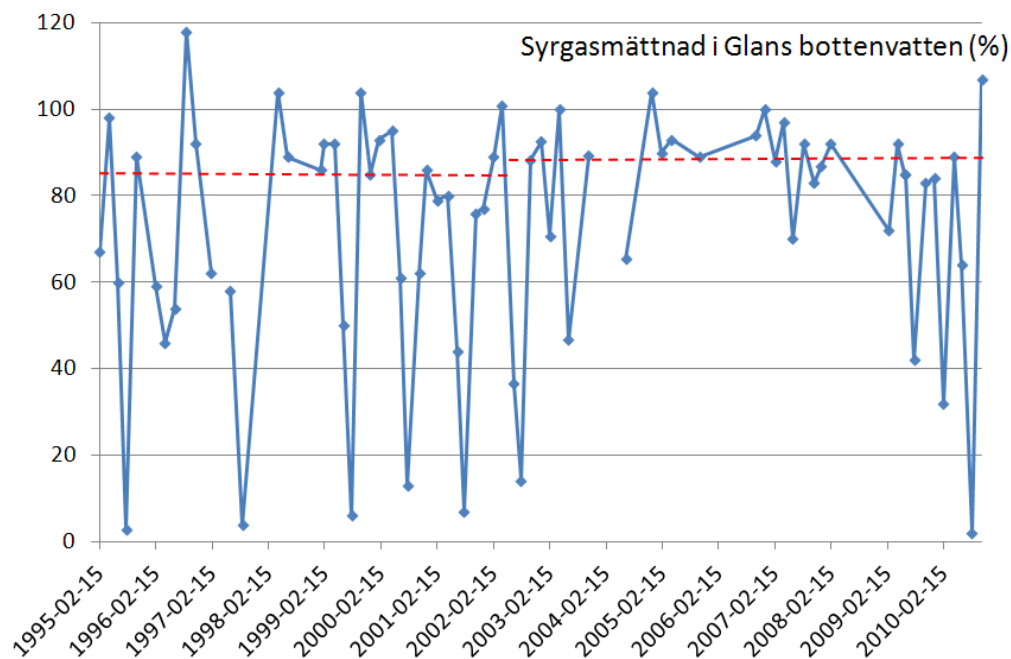
I likhet med transporten av fosfor till Glan härrör även den absolut största transporten av kväve till Glan från de delar av avrinningsområdet som avvattnas till Motala ström och når Glan vid inloppet efter Skärblacka tätort (mätstation GB02), Figur 19. Under perioden har mellan 75 och 89 % av inkommande kväve transporterats in via Motala ström.



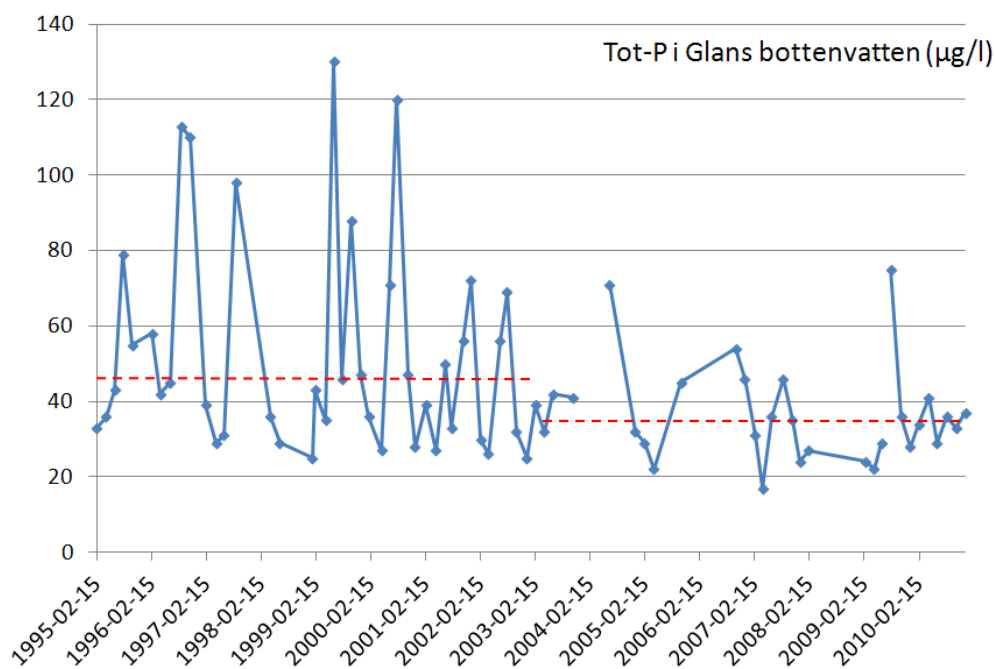
Figur 19. Transport av kväve (ton/år) från Motala Ström (GB02), Doverns utlopp (Fi07) och Åmlångens utlopp (Fi09) samt ut ur Glan (GB06) mellan åren 2000 och 2010. Belastningen från Motala Ström dominerar tydligt.

### 6.3.3. Synbara förbättringar av tillståndet i Glan

En mer fördjupad studie av bland annat förändringen av syrgashalt och fosforhalt i Glans bottenvatten indikerar dock ett svagt förbättrat tillstånd. Både syrgasmättnaden och halterna av totalfosfor i Glans bottenvatten har förbättrats under senare år, se Figur 20 för syrgasmättnad och Figur 21 för totalfosforhalt.



**Figur 20. Syrgasmättnaden, angiven i %, i Glans bottenvatten (18 meters djup, mätstation GB03) har förbättrats under de senaste åren. Under den första halvan av perioden ligger medelvärdet, markerat med streckad röd linje, på 84 % och under den senare halvan har medelvärdet stigit till 88 % syrgasmättnad.**



**Figur 21. Halten av totalfosfor i bottenvattnet (mätstation GB03) har samtidigt sjunkit. Den streckade röda linjen illustrerar att medelvärdet sjunkit från 46 µg/l under den första halvan av perioden till 34 µg/l under den senare halvan.**

Förklaringen till dessa synbara förbättringar i Glans bottenvatten är sannolikt en sammantagen effekt av flera faktorer. Dels kan milda vintrar före 2009, utan isläggning och därmed mer gynnsamma syreförhållanden, ha bidragit. Dels visar en mer fördjupad studie av situationen i Roxen att även Roxen påvisar förbättrad status i bottenvattnet med ett minskat läckage från bottensedimenten som följd, troligtvis som ett positivt resultat från genomförda åtgärder upp-

ströms för att minska fosforbelastningen, mer om detta i avsnitt 5.2 nedan. I och med bättre förhållanden i Roxen har belastningen från Roxen till Glan minskat och positiva effekter har nu börjat synas i Glan.

Sjunkande fosforhalter är också synliga i vattnet i Glans inlopp vid mätstationen efter Skärblacka (GB02) och utlopp i Motala ström (GB06). Se Figur 22 respektive Figur 23 bifogade i Bilaga 1.

Slutsatsen av analysen av Glans situation är att den positiva trenden sannolikt kommer att hålla i sig, den interna omsättningen mellan vatten och sediment kommer att nå ett jämviktsläge och då bör halten av totalfosfor i Glans vatten, uppmätt i mätstation GB03, närma sig 25 µg/l inom den närmaste 10–20 årsperioden.

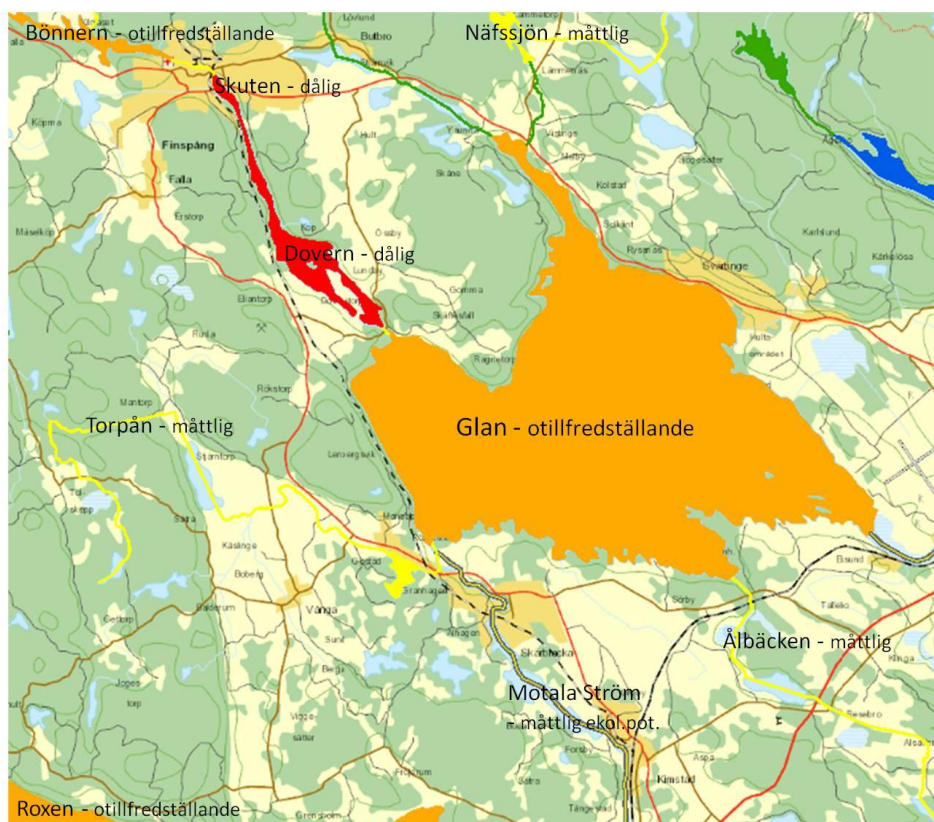
Men detta är under förutsättning att fortsatta åtgärder görs uppströms, framför allt i Roxens tillflödesområde, för att eliminera och/eller minska näringskällorna samt att inga nya källor tillkommer.

#### **Minskad mängd fosfor ger minskad fiskbiomassa**

En minskad mängd fosfor ger minskad produktion av växtplankton följt av minskad produktion av djurplankton osv. som till slut ger mindre fiskbiomassa. Baserat på de tre provfiskeundersökningar som utförts sedan början av 1990-talet finns tecken på att fiskbiomassan har minskat. Sedan 2001 års provfiske har fiskbiomassan minskat med ca 20 % i Glan och med ca 15 % i Roxen (*Nätprovfiske i Roxen och Glan*, 2010). Det går dock ej att med säkerhet säga att fiskbiomassan minskat som en konsekvens av minskande närsalter.

### **6.4. Status i vattenförekomster uppströms Glan**

Många vattendrag och sjöar vars vatten belastar Glan har statusklassats som havande måttlig till dålig ekologisk status. I Figur 24 är de vattenförekomster uppströms Glan som har dokumenterade övergödningsproblem markerats ut. Tillflöden från norr med övergödningsproblem är Bönern, Skuten, Dovern och Näfssjön. I området som avvattnas av Finspångsåarna, utanför ramen för utredningsområdet, råder en generell övergödningsproblematik (*Lokalt vattenvårdsprogram Finspångsåarna*. Länsstyrelsen i Östergötland). Nio sjöar och fjorton vattendrag i Finspångs kommun är drabbade av övergödningsproblem på grund av näringsförluster från kommunala avloppsreningsverk, enskilda avlopp och jordbruk och delvis skogsbruk. Stora problem med fosforförluster från jordbruk råder i trakterna kring Tjällmo, Borggård, Hällestad och Sonstorp och övergödningsproblematiken är tydlig i Hällestadsån och dess tillflöden. Från söder tillrinner näringsrikt vatten från Ålbäcken och Roxen, via Motala Ström och från väster kommer måttligt klassat vatten från Torpån.

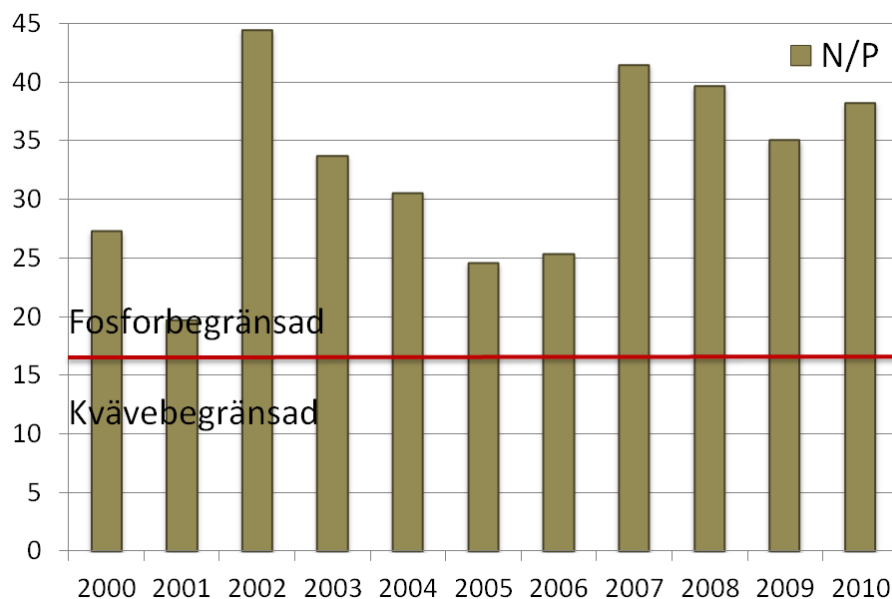


**Figur 24. Vattendrag och sjöar högre uppströms Glan med dokumenterat och klassad måttlig till dålig ekologisk status med negativ påverkan på Glans vattentillstånd.**

#### 6.4.1. Roxen idag jämfört med målbilden från 2001

##### Roxen är fosforbegränsad

Kvoten mellan kväve och fosfor i Roxen under det senaste decenniet indikerar att fosfor är det begränsande ämnet, Figur 25, varför fokus bör ligga på åtgärder som minskar transporten av fosfor till Roxen.



**Figur 25. Kvoten mellan kväve och fosfor i Roxens vatten (station Li15) mellan åren 2000 och 2010. En kvot över 16 används som schablongräns för att avgöra om en sjö är fosfor- eller kvävebegränsad (Data från MSV:s recipientkontroll lagrad i SLU:s databas).**

Enligt vattenmyndighetens bedömning klassas Roxen som ekologiskt otillfredsställande med tydlig övergödningsproblematik framförallt sammankopplat till att Roxen avvattnar ett område som till stora delar utgörs av intensiv jordbruksdrift. Roxen visar även indikationer på miljögiftspåverkan (VISS, 2009b). Rådande miljö kvalitetskrav är att uppnå god ekologisk status före år 2021. Bedömningen baseras på data från år 2004-2006 (MSV) då fosforkoncentrationen i genomsnitt var 37,3 µg/l. Det beräknade referensvärde för ”naturligt” fosfortillstånd i Roxen är 8,6 µg/l vilket vid klassificeringen gav en ekologisk kvot på 0,34.

Sedan 2007 har dock fosforhalten i Roxen legat under 25 µg/l (MSV, 2010) vilket stämmer överens med bedömningen från 2001-års utredning att Roxens vatten skulle stabiliseras på ca 26 µg/l runt 2008-2010 (NV Rapport 5290, 2001). Bedömningen att jämvikt mellan vatten och sediment med övergång till nettoretention av fosfor i Roxen runt 2010 som 2001-års utredning redovisade som trolig har dock inte nått ända fram. Relativt stora mängder fosfor frigörs fortfarande från sedimenten, Figur 26, och transporteras vidare genom Motala ström förbi Skärblacka och därefter som belastning på Glan.

Med undantag från år 2009 transporteras mer fosfor ut ur Roxen än vad som tillförs. Belastningen från Sviestadsån saknas dock i summeringen av inkommande belastning före år 2009 då punkten inte ingick i recipientprovtagningsprogrammet. Tillskottet från Sviestadsån förändrar dock ej helhetsresultatet eftersom det rör sig om förhållandevis liten belastning som 2009 och 2010 varierade mellan 3,2 respektive 3,3 ton totalfosfor.

#### **6.4.2. Synbara förbättringar i Roxen**

Vid en närmare studie av Roxen syns flera tecken som tyder på att situationen har börjat förbättras under den senare perioden. Syrgasförhållandena i Roxens bottenvatten, mätt som procent syrgasmättnad, har sakta men säkert ökat samtidigt som halten totalfosfor har sjunkit (se Figurserien 27–29 i Bilaga 2). De senaste årens förbättrade syrgasförhållanden har resulterat i en minskande totalfosforhalt i bottenvattnet samt ett minskat läckage från Roxens botten (se Bilaga 2).

Även här är det flera olika faktorer som kan ligga bakom de synbara tecknen på förbättring. Som redan nämnts i samband med lägesanalysen av Glan i avsnittet ovan kan de milda vintrarna före 2009 utan isläggning och mer gynnsamma syrgasförhållanden ha bidragit. Men troligt är att redan genomförda åtgärder uppströms Roxen med syfte att minska förlusterna av fosfor har gett resultat. En annan tänkbar bidragande faktor som diskuteras mer i avsnitt 8.3.6 är det faktum att vandarmussla etablerat sig starkt i Roxen (muntl. S-Å Carlsson, Vattenresurs AB) med positiva effekter på fastläggning av näringsämnen och ett ökat siktdjup.

## 7. Mål för framtida vattenkvalitet i sjön Glan

### 7.1. Fosforhalt som ger God ekologisk status och säkerställer vattenskydd

Vattenmyndighetens referensvärde 8,8 µg P/l för Glan (och 8,6 för Roxen) är orimligt lågt satta. Ett rimligt och trovärdigt referensvärde baserat på sjöarnas läge i ett näringsrikt slättlandskap är snarare 12-15 µg total P/l rimligt och trovärdigt (S-Å Carlsson, Vattenresurs AB; E Årnfelt, Länsstyrelsen i Östergötland). En översyn och justering av referensvärden och rådande klassificering skall utföras och i samband med översynen skall en alternativ europeisk klassningsmodell anpassad för slättsjöar användas för jämförelse (muntl. E Årnfelt, Lst).

Ett referensvärde för Glan på runt 12-15 skulle betyda att den uppsatta målbilden på 25 µg P/l är i rätt nivå för att uppnå God ekologisk status.

### 7.2. Belastningsminskningsbehov

Som en uppföljning till utredningen ”*Finn de områden som göder havet mest*” har Vattenmyndigheten tagit fram ett förslag till åtgärdsprogram där belastningsminskningsbehov från varje utpekade avrinningsområde anges, *Förslag till åtgärdsprogram för Södra Östersjöns vattendistrikt* (Vattenmyndigheten, 2009). Enligt beräkningarna behövs en minskning på mellan drygt 10 till nästan 17 ton totalfosfor per år för att uppnå god status i hela området, dvs. Motala ströms huvudavrinningsområde. Vattenmyndigheterna tar i förslaget fasta vid den undre gränsen, dvs. drygt 10 ton totalfosfor som målsättning. Därefter justeras minskningsbehovet efter uppskattad effekt av redan genomförda åtgärder i området med det slutliga resultatet att målet för åtgärdsprogrammet är en belastningsminskning av totalfosfor med ca 9,4 ton (9 345 kg) totalfosfor per år.

Som redan nämnts är den årliga nettobelastningen på havet från Motala ströms huvudavrinningsområde 103 ton fosfor (Vattenmyndigheten, 2009). Det betyder att målet är att sänka belastningen till 93,6 ton totalfosfor per år ( $103 - 9,4 = 93,6$  ton) för att uppnå god status i hela avrinningsområdet.

Baserat på resultaten från MSV:s recipientprovtagningsprogram står Glans utlopp (GB06) för den största transporten av fosfor till havet (MSV, 2010). Enligt resultatet från recipientprovtagningen var den totala fosfortransporten till havet från Motala ströms avrinningsområde 135 ton (2010 var ett år med höga flöden, se Figur 14, vilket gav höga transporter). Av dessa 135 ton transporterades 90 % till havet via Glans utlopp och endast 7 respektive 2,5 % via Storåns utlopp (Sö04) och Vindåns utlopp (Va12).

Om vattenmyndighetens mål fördelas över dessa tre huvud mynningar skulle det betyda att belastningen från Glans utlopp kan antas stå för ca 90 % av 93,6 ton, dvs. cirka 84 ton totalfosfor per år.

År 2010 transporterades 99 ton fosfor till Glan via Motala ström, Doverns och Åmlångens utlopp, men 122 ton transporterades ut genom Glans utlopp, dvs.

19 procent mer än vad som transporteras till Glan, som redan presenterats i Figur 16a. Vad som orsakar denna differens och ökat fosforflöde ut ur Glan är inte klarlagt. Som tidigare nämnts härrör skillnaden troligtvis från fosforförluster från omgivande marker och vattendrag som ej omfattas av recipientkontrollen och därför är okända, men antagligen också av fosforsläpp från Glans sediment.

### **7.2.1. Beräknat belastningsmål utifrån målsättningen 25 µg P/l**

Medelvattenföringen ut ur Glan (GB06) har under perioden 1994 – 2010 varit 101 m<sup>3</sup>/s (MSV, 2010). Med en medelhalt på 25 µg P/l motsvarar det en årlig uttransport på 79,6 ton totalfosfor vilket är jämförbart med beräknad maxtransport via Glans utlopp baserad på Vattenmyndigheternas belastningsminskningsförslag i kombination med resultatet från MSV:s recipientprovtagning, som landade på max 84 ton totalfosfor via Glans utlopp till havet.

Bedömningen från 2001-års utredningsarbete (NV Rapport 5290) om maxbelastning på Glan motsvarande 76 ton totalfosfor/år är fortfarande relevant och behålls därför som målbild även i denna utredning.

### **7.2.2. Uppskattning av belastningsminskningsmål för utredningsområdet**

För att uppskatta hur stor del av belastningsminskningen som bör åstadkommas genom åtgärder inom det avgränsade utredningsområdet har data över fosforutsläpp redovisade per delavrinningsområde från PLC5-metodik (se avsnitt 6.1.2 och 6.1.3, sid 29-31 ) använts. Summan av fosforutsläpp från de delavrinningsområden som ingår i utredningsområdet har ställts mot summan av fosforsläpp från hela avrinningsområdet och resultatet visar att utredningsområdet står för runt 15 % av fosforutsläppen. Omvandlat till belastningsminskningsmål för utredningsområdet betyder det att 15 % av det totala belastningsminskningsmålet för hela avrinningsområdet bör åstadkommas genom åtgärder i utredningsområdet.

I siffror blir detta baserat på:

1. Vattenmyndighetens åtgärdsförslag:  
15 % av 9,4 ton P/år = 1,4 ton P/år
2. Minskingsbehovet 23 ton baserat på maxbelastning 76 ton /år i relation till 2010-års belastning på Glan, dvs. 99 ton P:  
15 % av 23 ton = 3,5 ton P/år.

Med dessa schablonberäkningar som utgångspunkt blir målet att genom att tillämpa lämpliga åtgärder i utredningsområdet uppnå minskade fosforförluster i spannet 1,5 till 3,5 ton P/år med betoning på den övre delen av spannet, dvs. 4 ton P/år avrundat till hela ton.

Uppskattningen är grov och bör ses som sådan men den ger dock en fingervisning om vilket krav på fosforreduktion som borde vara rimlig att ställa i det avgränsade utredningsområdet.

## 8. Åtgärdsprogram

En övergripande sammanfattning av läget är att åtgärder har vidtagits, om än i olika omfattning och med olika stor genomslagskraft, inom samtliga betydelsefulla verksamhetsområdet under det senaste decenniet. Resultatet av åtgärdsinsatserna har dock hittills endast gett blygsamma resultat sett som en svag belastningsminskning på Glan. Positiva tecken på förbättrade syrgashalter och sjunkande totalfosforhalter är synbara i Roxens bottenvatten med en sjunkande belastning på Glan som följd. Positiva förändringar i Glans bottenvatten avseende syrgas och totalfosforhalter börjar också skönjas.

Men förändrings- och självläkningsprocessen tar tid och för snabbare resultat med målet att nå God ekologisk status (25 µg/l och max 76 ton P-belastning) före år 2021 krävs en snabbare och kraftigare belastningsminskning som bara kan åstadkommas genom ett än mer omfattande åtgärdsarbete. Åtgärdsarbetet bör riktas mot åtgärder som:

- eliminerar eller minskar belastningen från punktkällor (för att eliminera påverkan och orsak till påverkan). Undvik symtombehandlande åtgärder och restaureringsinsatser som endast ger tillfällig mildring av negativ effekt från påverkan.
- minskar diffus belastning
- ökar hushållningen av/effektiviserar användning av näringsämnen

Om näringsbelastningen som når Glan via Roxens utlopp, dvs. den samlade nettobelastningen från avrinningsområdet uppströms Roxen, sätts som en punktkälla är det utan tvekan den punktkälla som borde få högsta prioriteringsnivå vad gäller åtgärdsinsatser. I relation till belastningen via Motala Ström är belastningen från områdena norr om Glan, som i huvudsak kommer via Doverns och Åmlångens utlopp, liten men eftersom både sjöar och vattendrag i detta område är drabbade av övergödningsproblematik med indirekt negativa följder för Glan är åtgärdsinsatser nödvändiga även där. Dessutom genomsyras lokalt arbete allt mer av den övergripande målsättningen att i förlängningen bidra till minskad belastning på Östersjön och att nå God statusnivå i hela avrinningsområdet vilket motiverar att inget område kan sättas åt sidan och att åtgärdsinsatser krävs i hela avrinningsområdet.

Som tidigare diskuterats är det jordbruket som utan tvekan utgör den dominerande källan till fosforförluster (SMED, 2011) följt av avloppsreningsverk, industri, enskilda avlopp och dagvatten varför fokus bör läggas inom dessa områden.

Åtgärdsförslagen nedan presenteras på olika detaljnivå. Vissa förslag är av mer generell karaktär med fokus på förändringar i strategiskt tänkande och förhållningssätt och lyfter fram utvecklingsmöjligheter och risker att undvika. Andra förslag är mer konkreta och riktar sig specifikt mot t ex en verksamhet eller ett

begränsat geografiskt område. Kostnadseffektiva åtgärdsförslag lyfts fram i största möjliga mån där det varit möjligt att bedöma.

## **8.1. Åtgärdsförslag – kommunala avloppsreningsverk**

När Vånga ARV läggs ned hösten 2012, och Vånga istället ansluts till Slottshagens ARV kommer Axsäters avloppsreningsverk vara det enda kommunala reningsverk som ligger inom utredningsområdet. Axsäter har en hög fosforreduktion, 97,5 % av inkommande fosfor skiljdes av i verket under den senaste femårsperioden (Finspångs Tekniska verk, 2010). Kvävereduktionen fungerar inte lika bra då den relativt nya SBR-anläggningen har haft inkörningsproblem. Årsmedelvärdet för 2010 klarade visserligen EU-krav på 15 mg N/l, men periodvis har verket svårt med att klara riktvärdet för kväveutsläpp och man jobbar därför vidare mot att trimma anläggningen ytterligare för att få större marginal. Att även öka fosforavskiljningen ytterligare i Axsätersverket är naturligtvis möjligt, men framförallt är det kväveavskiljningen som är problematisk.

Vårt åtgärdsförslag för Axsäters avloppsreningsverk är därför istället att utreda möjligheterna till att komplettera verket med efterbehandling av renat avloppsvatten i en anlagd våtmark, för att på så sätt minska de totala utsläppen av både fosfor och kväve till Glan, se vidare i avsnittet nedan.

Sett ur ett större perspektiv än utredningsområdet är kanske en mer kostnadseffektiv åtgärd att utreda möjligheten att komplettera Linköpings kommunala reningsverk, Nykvarn, med en våtmark för efterpolering av renat avloppsvatten. Det årliga utsläppet av fosfor och kväve från Nykvarns reningsverk är av betydande storlek, 3 450 kg P/år respektive 194 ton N/år (Tekniska Verken i Linköping, 2011).

Ännu lite högre uppströms i avrinningsområdet är Karshults avloppsreningsverk i Motala liksom Mjölkkulla avloppsreningsverk i Mjölby exempel på två reningsverk om skulle kunna kompletteras med en efterföljande våtmark för ökad näringsretention då båda verken släpper ut förhållandevis stora mängder av både fosfor och kväve. Karshult 800 kg P och 51 ton N per år och Mjölkkulla 436 kg P och 33 ton N per år (muntl. H Gottås, processingenjör Motala kommun resp. A Ekman, VA- och avfallschef, Mjölby kommun).

### **8.1.1. Utred möjlighet att anlägga våtmark för efterbehandling av renat avloppsvatten**

Anlagda våtmarker för efterbehandling av avloppsvatten finns på flera platser i landet där Våtmark Alhagen i Nynäshamns kommun är ett bra exempel, Figur 30. En våtmark ger ökad avskiljning av kväve, fosfor, BOD, smittämnen, läkemedelsrester mm. Våtmarken fungerar också som en buffert som minskar utsläppen vid eventuella driftstörningar i reningsverket, och som en utjämningsvolym i samband med kraftig nederbörd. För reningsverk med kväverening genom SBR-teknik kan en stor del av denitrifikationsprocessen ske i våtmarken.



**Figur 30. Flygfoto över Alhagens våtmark som efterpolerar behandlat avloppsvatten i Nynäshamns kommun. (Foto WRS)**

Utöver förbättrad rening bidrar en våtmark även till ökad biologisk mångfald samt kan ge mervärden för kommunen och kommunens boende, t ex genom rekreation, utbildning, ökad miljömedvetenhet etc.

Sammanställningar av reningsresultat från svenska våtmarker för efterbehandling av avloppsvatten (Andersson och Kallner 2002; Flyckt 2010) visar att reduktionen av fosfor och kväve varierar bland annat beroende på belastning, utformning, driftsteknik etc. Den relativa avskiljningen av fosfor har i genomsnitt legat runt 70 %, motsvarande 46 kg P/ha och år och avskiljningen av kväve runt 30 %, motsvarande 1 230 kg N/ha och år. Erfarenheterna visar att en högre fosforbelastning ger en högre fosforavskiljning i våtmarken.

Utgående halter av totalfosfor ligger mellan 0,06 – 0,2 mg P/l, vilket är lägre än de 0,3 - 0,5 mg/l som är riktvärdet i de flesta reningsverk. Flera av våtmarkerna emottager vatten som genomgått både biologisk och kemisk rening, men även i dessa fall reduceras fosfornivåerna i vattnet ytterligare.

Investeringskostnaden för en våtmark är beroende av en rad faktorer så som storlek, markköp, utformning, tekniska krav, tryckledning, skötselbehov och pumpkostnader. För de sju studerade efterpoleringsvåtmarkerna varierade investeringskostnaden mellan 5 och 16 miljoner kronor. Årlig driftkostnad varierade mellan 100 000 och 400 000 kronor exklusive kostnad för eventuell pumpning.

I Tabell 14 redovisas en sammanställning av relativ och kvantitativ avskiljning av kväve och fosfor samt årskostnad per kg renad fosfor resp. kväve beräknat med antingen 20 eller 30 års avskrivningstid på våtmarksanläggningen.

**Tabell 14. Avskiljning av kväve och fosfor i totalt sex svenska våtmarker för efterpolering av behandlat avloppsvatten uttryckt som kg/ha och år och som relativ avskiljning i %. I nedre delen av tabellen redovisas avskiljningskostnaden per kg kväve resp. fosfor sett ur ett 20 och 30 års perspektiv (Flyckt 2010).**

	Min	Medel	Max
<b>N-avskiljning</b>			
kg/ha och år	530	1 230	1 625
%	20	30	65
<b>P-avskiljning</b>			
kg ha och år	10	46	100
%	15	70	86
<b>Årlig kostnad (kr/kg avskiljd N)</b>			
20 års avskrivning	30	95	190
30 års avskrivning	20	73	150
<b>Årlig kostnad (kr/kg avskiljd P)</b>			
20 års avskrivning	0	1 688	4 700
30 års avskrivning	0	1 397	3 670

**Axsätters avloppsreningsverk** släppte totalt ut 90 kg fosfor och 47 ton kväve under 2011. Genom att komplettera verket med en våtmark för efterbehandling finns förutsättningar minska utsläppet av fosfor med 70 %, vilket i detta fall motsvarar 63 kg P/år, och 30 % av kvävet, dvs. 14 ton N/år (Tabell 15). Detta förutsätter naturligtvis att ytor finns för anläggande av en våtmark inom rimligt avstånd från reningsverket.

**Nykvarns avloppsreningsverk** släppte 2011 ut cirka 3 450 kg fosfor och 194 ton N. Med 70 % P-reduktion och 30 % N-reduktion via anläggning av en våtmark för efterpolering skulle utsläppen kunna minskas med 2 415 kg P och 58 ton N per år med direkt positiva konsekvenser för Roxen och i förlängningen även för Glan, Tabell 15. I tabellen redovisas också möjlig utsläppsminskning genom anläggning av våtmark vid Karshult respektive Mjölkkulla ARV även om även dessa ligger utanför utredningsområdet.

**Tabell 15. Möjlig belastningsminskning via ökad reduktion av kväve och fosfor genom anläggning av våtmark som efterpolerande naturnära reningssteg.**

	Minskad P-belastning (kg P/år)	Minskad N-belastning (ton N/år)
<b>Axsätters ARV, Finspång</b>	-63	-14
<b>Nykvarns ARV*, Linköping</b>	-2 415	-58
<b>Karshult ARV**, Motala</b>	-560	-15
<b>Mjölkkulla ARV***, Mjölby</b>	-305	-10

\*Via Roxen. \*\* Via Boren och Roxen. \*\*\* Via Svartån och Roxen.

### 8.1.2. Nedläggning/omledning av Igelfors ARV

Igelfors ARV i Finspångs kommun är av samma typ och ungefär samma storlek (300 pe) som Grytgöl. Genom att på sikt även förbereda för överledning av vattnet från Igelfors till Axsäter elimineras ytterligare ett punktutsläpp uppströms Glan.

## 8.2. Åtgärdsförslag - enskilda avlopp

Inom utredningsområdet för Glan finns som nämnts tidigare ett pågående arbete med att åtgärda dåliga enskilda avlopp, både genom att ansluta områden till det allmänna VA-nätet och genom att förbättra de enskilda avloppen lokalt eller gemensamt. Dessa åtgärder beräknas inom de närmaste åren att ge en minskning av fosforutsläppen till Glan med cirka 180 kg fosfor per år.

När planerade åtgärder är genomförda återstår drygt 700 enskilda avlopp inom utredningsområdet som fortfarande inte har inventerats och åtgärdas. De flesta av resterande enskilda avlopp ligger sannolikt i spridd bebyggelse och antas ha en standard enligt ungefär samma fördelning som i området kring Jonsbergsån, som inventerades 2007 (se Tabell 16).

**Tabell 16. Fördelning av avloppstyper i Jonsbergsvikens avrinningsområde (Miljö- och hälsoskyddskontoret, Norrköpings kommun. Inventering av enskilda avlopp i Jonsbergsvikens avrinningsområde. Avlopp 2007:1).**

	Andel (%) av 210 enskilda avlopp
Endast slamavskiljare	49
Godkänd markbädd/infiltration	11
Ej godkänd markbädd/infiltration	16
Låg VA-standard	13
Ej vatten	10

Resterande enskilda avlopp beräknas släppa ut nära 400 kg fosfor per år till Glan. Om de avlopp som idag har endast slamavskiljare eller en icke godkänd äldre anläggning åtgärdas till motsvarande normal skyddsnivå, vilket innebär en fosforreduktion på 70 %, kan fosforutsläppen från resterande enskilda avlopp i utredningsområdet minskas med ytterligare ca 230 kg fosfor per år, Tabell 17.

**Tabell 17. Förväntad belastningsminskning som ett resultat av fortsatt åtgärdsarbete av enskilda avlopp i utredningsområdet.**

	Minskad P-belastning (kg P/år)	Minskad N-belastning (kg N/år)
Åtgärd av 1 100 enskilda avlopp	410	2 400

## 8.3. Åtgärdsförslag – industri

Pappersbruket Billerud Skärblacka AB är fortfarande den största enskilda punktkällan till fosforbelastning på Glan. Omfattande åtgärder har redan vidtagits genom åren vilket har haft stort genomslag för minskad mängd närsaltbelastning (ca 70-80 % minskning sedan slutet av 90-talet). Brukets utsläppsnivåer ligger idag i den lägsta delen av ICCP-direktivets BAT-intervall (bästa tillgängliga teknik) både för fosfor och för kväve. Miljöingenjör L. Johansson, Billerud Skärblacka AB, ser möjligheten till ytterligare fosforreduktion i reningsverket som mycket svårt utan att riskera obalans i de mikrobiella reningsprocesserna med försämrad rening som slutresultat.

Om det ej går att uppnå ytterligare rening via befintlig teknik är nästa steg att undersöka möjligheten att komplettera Billeruds reningsverk med naturnära teknik för efterpolering. Tänkbara lösningar skulle kunna vara en våtmark och/eller bevattning/översilning för produktion av fleråriga energigrödor eller dyl. Sådana kompletteringar skulle även skapa förutsättningar för ökat kretslopp av näringsämnen, resurshushållning av vatten samt produktion av förnyelsebar energi.

### **8.3.1. Utred möjlighet till våtmark för efterpolering av processvattnet**

Erfarenheter från våtmarker för efterbehandling i Sverige (Flyckt, 2010) visar att en hög belastning av fosfor generellt ger en hög procentuell avskiljning och att en belastningsnivå motsvarande ca 150 kg P/ha våtmark och år är att önska. Baserat på 2011 års utsläppsmängder via processvattnet från Billerud Skärblacka AB betyder det att en våtmark motsvarande drygt 20 ha skulle krävas. Denna yta är helt jämförbar med Brännäs våtmark i Oxelösunds kommun och Våtmark Alhagen i Nynäshamns kommun.

Om våtmarken designas för att på bästa sätt skapa gynnsamma förutsättningar för näringsretention kan resultatet motsvara ca 50-80 % fosforreduktion. Det skulle betyda en i genomsnitt 70 procentig belastningsminskning från pappersbruket på Glan motsvarande ca 3 200 kg fosfor/år (inkl. produktionsutbyggnad), Tabell 18. Det årliga utsläppet från den tänkta efterbehandlingsvåtmarken till Glan skulle hamna runt 1 380 kg P per år.

Idéskissen ovan bygger dock helt på att Billerud Skärblacka AB:s processanläggning, utsläppsflöden och dess näringskoncentrationer går att anpassa till eller kombinera med en våtmark. Detta måste utredas vidare först. Sedan kommer utmaningen att hitta mark lämpad för omvandling till våtmark/ översilning. Om det är ogörligt att hitta och avsätta tillräckligt stora ytor kan en alternativ lösning vara att endast efterpolera delar av processvattnet i en mindre anläggning.

En våtmarksanläggning av denna dignitet ger kommunen mervärden i form av ökad utjämningsvolym som kan buffra mot översvämning vid högvattenstånd/kraftig nederbörd, möjligheter att anpassa våtmarken för att ta emot ytvattnet från Skärblacka tätort/dagvatten (ca 100 kg P/år), reningseffekter även avseende kväve och andra ev. föroreningar, resurshushållning, biologisk mångfald, rekreation, div. mervärden för kommunen och närboende, produktion av biobränsle (om anläggningen utformas delvis för produktion av energigrödor) etc.

För att gå vidare med detta åtgärdsförslag föreslås följande:

1. Undersök om Billerud Skärblacka AB:s processanläggning är av sådan utformning att det är möjligt att leda det utgående processvattnet till en ”extern” naturnära reningsanläggning för efterpolering.
2. Föreslå att Billerud Skärblacka AB avsätter medel för att låta genomföra en mer konkret förstudie om möjligheten att anlägga naturnära teknik i någon form för kompletterande rening av delar av eller allt vatten.

**Tabell 18. Potentiell belastningsminskning som ett resultat av anläggning av naturnära teknik av någon form som kompletterande reningssteg för processvatten från Billerud Skärblacka AB.**

	Minskad P-belastning (kg P/år)	Minskad N-belastning (ton N/år)
Kompletterande naturnära reningsteknik t ex våtmark, översilning/bevattning	2 300 – 3 300	10 – 12

#### 8.4. Åtgärdsförslag – deponier och avfallsanläggningar

Åtgärder för rening av lakvatten från **Häradsuddens avfallsanläggning** har redan genomförts och under året kommer hanteringen av lakvatten från den avslutade deponin vid **Herrebro** omformas till lokalt omhändertagande i en anlagd våtmark.

Båda anläggningarna har föregåtts med detaljerade förstudier för att på bästa sätt optimera förhållandena för goda reningsresultat och minimera risker så som oönskat läckage av vatten via vallbrott, översvämning, erosionsskador etc. (Stråe och Ridderstolpe, 2010; Stråe, 2011). Tydliga riktlinjer för drift, skötsel och uppföljning av resultatet har också formulerats och planerats för. Baserat på detta görs bedömningen att de nya utsläppspunkter som dessa två lakvattenvåtmarker kommer att medföra (Häradsuddens lakvattenvåtmark mynnar i Borlejasjön och når Glan via Ålbäcken medan Herrebro våtmark kommer att mynna i Norsån som leder vattnet till Motala Ström i vattenskyddat område strax uppströms vattenverkets plats för vattenuttag) inte kommer att bidra till ett försämrat läge för Glan.

Bedömningen är snarare tvärt om, nämligen att de mervärden dessa våtmarksanläggningar kommer att medföra (speciellt Herrebro våtmark) som utjämnande vattenmagasin, reningseffekt på ytvatten från Norsåns tillrinningsområde som delvis utgörs av förorenat dagvatten från Skarphagen, delar av Ektorps, Kättsäter och Klockartorpet kommer att ge ett ur flera perspektiv positivt nettoresultat.

Även vid den nedlagda deponin vid Sjömansäng, Finspångs kommun, har en ansökan gjorts för tillstånd av en behandlingsanläggning bland annat omfattande en våtmark för lokalt omhändertagande av deponins lakvatten (MiljöInvest AB på uppdrag av Finspångs Tekniska Verk AB, 2011). Ett befintligt naturligt vattensjukt område planeras att omvandlas till en ca 4 ha stor våtmark med kapacitet att lagra ca 30 000 m<sup>3</sup> vatten vilket medför att lakvattnets uppehållstid i våtmarken kommer att bli mycket lång, vilket är gynnsamt ur vattenreningssynpunkt. Dock befaras att behandlingsanläggningen inte riktigt kommer att ge lika hög fosforreduktion som Axsäters reningsverk, där det behandlas idag, med följderna att det kan komma att bli ett ökat fosforutsläpp till recipienten Skutbosjön.

##### 8.4.1. Ställ krav och planera för recipientkontroll för uppföljning

Ställ krav på att utformningen av den planerade våtmarken vid Herrebro samt den på längre sikt planerade våtmarken vid Sjömansäng görs för att optimera reduktionen av fosfor genom att tillskapa väl tilltagna volymer för lång uppe-

hållstid, områden som gynnar sedimentation, filtrering, vegetationsupptag, barriärer och hinder som skapar förutsättning för hög hydraulisk effektivitet (kontakt i tid och rum mellan vatten och våtmarksytor). Om önskad fosforretention ej uppnås kan anläggningen kompletteras med ytterligare fosforreningsteg, t ex aktiv fosforfällning via filtrering genom material med hög affinitet för fosfor eller dyl. En sådan komplettering kan göras i efterhand.

Planera för recipientkontroll för uppföljning av ev. förändring i recipienten. För att se effekten från den nya utsläppspunkten bör mätningar utföras både uppströms och nedströms utsläppspunkten.

**Tabell 19. Förväntad fosforbelastning och möjlig belastningsminskning genom anläggning av våtmark för hantering och rening av förbehandlat lakvatten från Häradsudden, Herrebro och Sjömansäng.**

	Beräknat utsläpp (kg P/år)	Pot. belastnings- minskning med kom- pletterande P-filter (kg P/år)
Häradsudden	ca 50 kg	35 kg
Herrebro	?	70 %
Sjömansäng	?	70 %

#### 8.4.2. Riskbedömning för försämrat skydd av vattentäkt efter anläggning av våtmark vid Herrebro

Som redan nämnts kommer det att under året 2012 att anläggas en våtmark i Norsåns tillrinningsområde för lokal behandling av ytvatten samt lakvatten från Herrebro f.d. avfallsupplag. Lakvattnet kommer efter behandling i våtmarken att släppas ut i Norsån som nedströms mynnar i Motala ström i planerat vattenskyddsområde uppströms kommunens vattenverk.

Baserat på beskrivningen av utformning, funktion och skötsel av våtmarksanläggningen (Stråe, 2011) bedöms att risken för negativ påverkan på vattnet i Motala ström och vattenskyddsområdet är liten. Anläggningen bedöms snarare skapa möjligheten för ökat skydd av vattentäkten då erfarenheter från olika typer av våtmarksanläggningar har visat bred reningsfunktion avseende en bred variation av föroreningar så som suspenderat material, BOD, näringsämnen, smittämnen, tungmetaller, läkemedelsrester och andra organiska miljögifter (Davidsson, 2003; Flyckt, 2010; Persson, 2010; Andersson m fl, 2012; Näslund, 2010; Alm m fl, 2010; Byström och Gunnarsson, 2010).

Våtmarken kommer att dimensioneras och designas specifikt för rening av yt/lakvattnet från deponin för att under en provotid på tre år nå riktvärden (kvar-talsmedelvärden) avseende rening av näringsämnen, partiklar, tungmetaller som oljerester och bens(a)pyren i enlighet med tillståndskrav. Förebyggande säkerhetsåtgärder för att t ex minimera risken för läckage eller översvämning som skulle kunna orsakas av vallbrott, erosionsskador, dämning av isproppar, grenar etc. är planerade liksom förslag på regelbunden skötsel, driftkontroll samt ett kontrollprogram för kemisk provtagning av utgående vatten under en provotid om tre år för fortsatt intrimning av anläggningen och bestämning av utsläppsvärden.

Planen för anläggningen är även att ta emot och rena Norsåns redan näringsrika vatten. Förutom belastning från jordbruksmark, enskilda avlopp etc, belastas Norsån även av föroreningar via dagvatten från närliggande stadsdelar och våtmarksanläggningen bedöms ha goda förutsättningar för att rena även Norsåns vatten och på så sätt förbättra vattenkvaliteten och öka skyddet av vattentäkten.

Viktigt är dock att följa upp förändringen via recipientprovtagning för att kunna utvärdera dess konsekvenser, se vidare i avsnitt 8.3.8 om Förslag till utökad recipientkontroll.

## **8.5. Åtgärdsförslag - dagvatten**

De riktlinjer för dagvattenhantering som 2009 antagits i Norrköpings kommun utgör ett värdefullt verktyg för kommunens fortlöpande arbete med förbättring av befintlig dagvattenhantering samt vid nyexploatering. I Finspångs kommun pågår arbetet med att ta fram ett motsvarande verktyg.

Högst ställda krav på planering av utrymme för dagvattenhantering vid nyexploatering i tidigt planarbete som visar att exploateringen ej kommer att medföra belastningsökning på recipienten är mycket viktig. En bristande planering av dagvattenhantering kan vid en tillståndgranskning ge avslag hos länsstyrelsen med motiveringen att planerad nyexploatering bedöms komma att försämra förutsättningarna att nå det uppsatta vattenmiljökvalitetsmålet för den aktuella recipienten, t ex God ekologisk status 2021. Vattenmyndighetens miljökvalitetsmål för enskilda recipienter är därför nödvändiga att beakta dels i varje enskilt planarbete, dels vid framtagande av riktlinjer för dagvattenhantering.

### **8.5.1. Information, rådgivning och kompetens**

Kunskapen om dagvatten och dess miljöpåverkan och vilka alternativ som finns att följa riktlinjer och mål kan i många fall vara bristfällig. Speciellt hos enskilda fastighetsägare, olika verksamhetsutövare med ansvar för sitt lokala dagvatten, jordbruksfastighetsägare, men även hos kommunens egen personal och andra som arbetar mer direkt med dagvattenfrågor. En satsning på den egna kompetenshöjningen om t ex alternativa material för byggnation och anläggningar, tekniker att fördröja, infiltrera, avdunsta, sprida, återanvända vatten, grönytor, etc. för att i nästa steg kunna sprida kunskap, riktlinjer och mål via rådgivning till berörda har på längre sikt stor betydelse för framtida föroreningsbelastning på recipienter.

Göteborgs Stad har tagit fram en handbok för dagvattenhantering ”*Dagvattenhandboken*” som kan ge tips och inspiration till nya effektiva arbetsmetoder, idéer som förenklar och effektiviserar samverkan, uppslag till åtgärdsarbete etc. Handbokens syfte är förutom att ge stöd för personer som planerar för dagvatten eller förvaltar och sköter befintliga vattendrag/anläggningar som tar emot dagvatten även att visa hur ansvaret fördelas mellan allmänna och enskilda fastighetsägare för nya områden när det gäller dagvatten. Dagvattenhandboken finns tillgänglig som pdf hos [www.goteborg.se](http://www.goteborg.se) och rekommenderas att ta del av och inspireras av.

### **8.5.2. Kartläggning och ansvarsfördelning av kommunens vattendrag – ett utredningsförslag**

För att underlätta hela kedjan kring arbetet med dagvatten är det en stor fördel att alla bäckar, vattendrag och vattenbärande diken i kommunen är kartlagda och beläggs med förvaltningsansvar/myndighetsansvar. Inventeringsresultatet kan sammanställas i en geografisk områdesindelad förteckning över mindre vattendrag, diken, våtmarker och nödutlopps diken, recipient, dikesförvaltare, kategorisering av typ av vatten, intagsförvaltare, VA-adress intag etc. En sådan förteckning skulle dessutom vara mycket användbar även för vattenskyddande åtgärder inom jord- och skogsbruk.

### **8.5.3. Omvandla befintliga lösningar till LOD**

Förstärk arbetsinsatsen med att omvandla redan befintliga dagvattenlösningar till lokalt omhändertagande av dagvatten, LOD, och mer miljöanpassade lösningar. Exempel på omvandlingsåtgärder finns samlade och beskrivna i t ex P105 från Svenskt Vatten (SVU, 2011) men ett axplock är att t ex byta ut material och ytbeläggningar som avger föroreningar mot mer miljövänliga alternativ, öppna upp kulverterade diken för att öka avdunstning och skapa kontaktytor mellan mark, vatten och vegetation vilket ökar infiltration och växtupptag av näringsämnen och föroreningar, byta ut asfalt under cykelparkeringar, promenadstråk, torgytor etc. mot genomsläppliga alternativ, omforma befintliga tak till gröna ”sedumtak” eller tak med struktur som gynnar avdunstning, plantera träd med positiva effekter både på luft, vatten, buller, hälsa, biologisk mångfald etc., omforma övriga hårdgjorda ytor till genomsläppliga genom planteringar, gräsytor, gröna refuger, grusytor etc.

Planera för förstudier för att identifiera stadsdelar och området i mindre tätorter med behov av och/eller god potential för omvandling till mer miljöanpassad och lokal dagvattenhantering. Därefter kan mer detaljerat utredningsarbete föreslå skraddarsydda lösningar för specifika stadsdelar eller ytor som identifierats i förstudierna.

### **8.5.4. Installera filter i rännstensbrunnar**

De dagvattenbrunnar som saknar filter som fångar upp det förorenade dagvattnet bör förses med sådana. I första hand kan de områden som bedöms som hårt belastade eller områden nära en känslig recipient prioriteras. Framför allt renar filtren dagvattnet från partikelbundna föroreningar så som fosfor, kväve, metaller, PAH och oljerester associerade med antingen mineraliska eller organiska partiklar. För bästa funktion bör filtren bytas ut regelbundet, ca 2-3 ggr per år vid hård belastning.

Dagvattenbrunnar inom primär skyddszon kan utrustas med gummerade tätslutande säkerhetslock som kan stänga av dagvattensystemet vid en föroreningsolycka. Detta rekommenderas framförallt inom områden där föroreningar hantearas och inte som en generell åtgärd för att minska näringstransport.

### **8.5.5. Nya dagvattenanläggningar - ett utredningsförslag**

I ett tidigare handlingsprogram för dagvattnet i Norrköpings kommun 2002 – 2004 (Antagandehandling 1999-04-20) presenteras en rad projektidéer med

uppslag till dagvattenanläggningar baserat på behov och tänkbar tillgänglig yta som kan vara värda att se över igen.

Andersson och Stråe (2011) nämner i sin inventering av våtmarkslägen inom kommunens ägor ett par tätortsnära områden som eventuellt skulle kunna ha potential för anläggning av dagvattenvåtmarker. Två exempel är vid Klockartorpet längs E4 och Motala Ström och vid Skärlunda-Eksund som ligger i Norsås tillrinningsområde.

Hur mycket dagvatten från tätorterna som avrinner eller går att pumpa till dessa områden eller ej bör utredas närmare för att bedöma områdenas potential att nyttjas för ändamålet eller om kostsam och ej motiverbar pumpning och/eller ledning av dagvatten skulle krävas. Norrköpings tätort och dessa förslag till våtmarksområden omfattas dock ej av utredningsområdet varför vi lämnar det som ett förslag att undersöka vidare.

Belastningen på dagvattendammar har stor betydelse för hur effektivt dammarna avskiljer (Petersson, 1999; Andersson m fl 2012). I synnerhet avseende avskiljningen av fosfor finns ett mycket starkt samband mellan fosforbelastning och avskiljning,  $R^2 = 0,962$  (Andersson m fl, 2012).

Avskiljningen av näringsämnen i dagvattendammar kan variera stort, se Tabell 20. I en studie av fem dagvattendammar norr om Stockholm varierade avskiljningen av fosfor mellan 25–260 kg fosfor per hektar och år, vilket motsvarade 6–66 % avskiljningsgrad. För kvävet varierade resultatet mellan 85 och 2 260 kilogram kväve per hektar och år, motsvarande 5 – 47 % avskiljningsgrad (Andersson m fl., 2012). Förutom belastning bedömdes utformningen, vattnets uppehållstid och inte minst vegetationen (i synnerhet mängden flytbladsvegetation i vattenvolymen) ha stor betydelse för resultatet.

Erfarenheter från genomförda dagvattenanläggningar har visat att investeringskostnaderna kan variera stort, från 300 000 kr till 2 000 000 kr (Andersson m fl, 2012). I de fall då de områdesspecifika förutsättningarna är gynnsamma hålls kostnaderna förhållandevis låga. I de fall driften kräver pumpning, teknikkrävande lösningar för nivåreglering, dämmen etc. kan investeringskostnaderna bli betydligt högre. Således är det av stor vikt att hitta en plats som har bästa tänkbara naturliga förutsättningar för en dagvattendamm. Låga investeringskostnader medför dessutom generellt lägre kostnader per reducerad mängd näring, se Tabell 20.

**Tabell 20. Avskiljning av fosfor och kväve i fem dagvattenanläggningar norr om Stockholm uttryckt i kg/ha och år och som relativ avskiljning i % av total belastning. Avskiljningskostnad per kg fosfor respektive kväve redovisas längst ner i tabellen (Anderson m fl 2012).**

	kg/ha och år	Relativ avskiljning (%)
P-avskiljning	25 - 260	6 – 66
N-avskiljning	85 – 2 260	5 - 47
<b>Avskiljningskostnad</b>		
kr/kg P	364 – 33 042	
kr/kg N	62 – 5 257	

### **Idéskiss – Våtmark för rening av dagvatten från Skärblacka tätort**

I dag belastas Glan av minst 130 kg P/år via dagvattenutsläpp. Det största utsläppet på 100 kg P/år (och 667 kg N/år) härrör från Skärblacka tätort. Enligt uppgifter hämtade ur Riktlinjer för dagvattenhantering i Norrköpings kommun (2009) avrinner årligen 435 000 m<sup>3</sup> vatten från en hårdgjord yta omfattande ca 2,1 km<sup>2</sup>. En plats med naturligt goda förutsättningar för anläggning av en dagvattenvåtmark lokaliseras i utkanten av Skärblacka tätort och en våtmarksanläggning med omväxlande miljöer (djupområden och trösklar som gynnar sedimentering och vissa biokemiska processer, grunda partier med vegetation för filtrering, växtupptag och andra biokemiska processer etc.) omfattande ca 1 ha. Det förväntade resultatet är en årlig fosforreduktion på ca 60 % av belastningen, dvs. 60 kg fosfor och en årlig kvävereduktion på ca 40 %, dvs. runt 270 kg kväve.

**Tabell 21. Bedömning av belastningsminskning med hjälp av dagvattenåtgärder.**

Åtgärd	Belastningsförändring	Kommentar
Kompetenshöjning och Rådgivning	minskning	Nödvärdigt för fortsatt utveckling
Dagvattenpolicy vid nyexploatering	+/-0	Regelbunden och behovsanpassad uppdatering
Byte till filterbrunnar	minskning	
Omvandling av befintlig hantering till LOD	minskning	Stor förbättringspotential med mervärden
Nya dagvattenanläggningar	minskning	Stor investering men god potential med mervärden
Exemplet Skärblacka	-60 kg P -270 kg N	

## **8.6. Åtgärdsförslag - jordbruket**

För att knyta åtgärdsförslagen riktade till utredningsområdet runt Glan till välgrundade och utarbetade regionala strategier och mål för jordbruket har bland annat Naturvårdsverkets Baltic Sea Action Plan (Naturvårdsverket, 2009). Sveriges åtagande i Baltic Sea Action Plan - Förslag till nationell åtgärdsplan. Rapport nr 5985) och Jordbruksverkets handlingsplan för jordbruket att minska sina växtnäring förluster till 2016 (Rapport 2010:10) använts som utgångspunkt.

De åtgärder som föreslås kan och bör vidtas inom jordbruket i hela utredningsområdet oberoende av jordbrukets produktionsinriktning och omfattning, Figur 31. Delavrinningsområden med mest jordbruksmark är området runt Dovern, Torpån och området närmast runt Glan (se Markanvändningstabell, Tabell 3 sidan 15 ).



**Figur 31. Jordbrukstäta områden inom utredningsområdet som i första hand bör sättas i fokus vid genomförande av åtgärder.**

### **Åtgärder med god potential att minska näringsförluster**

Den primära målsättningen med åtgärder inom jordbruket är att hushålla med växtnäringsresurserna genom att behålla växtnäringen på åkern där den gör nytta för växande och kommande grödor. Att förlora växtnäring är också en ekonomisk förlust och ju längre från åkermarken den förloras, desto dyrare blir det att återföra näringen till kretsloppet. En välriktad och kvalitativ rådgivning har stor potential att hjälpa lantbrukare att hitta outnyttjade potentialer att hushålla med såväl näring som pengar på just sin gård med sina platsspecifika förutsättningar. Rådgivning via Greppa näringen har under den senaste 10-årsperioden haft stor betydelse för den faktiska minskningen av kväve- och fosforhalt i jordbruksvattendrag som indikerats (Fölster *m fl*, 2012). En översikt av olika åtgärder för att minska fosforförlusterna, var de är tillämpbara, vilken övergripande effekt de förväntas ha, genomförbarhet, styrmedel mm listas i Tabell 22 nedan. I avsnitten som följer beskrivs några av åtgärdsförslagen mer utförligt.

**Tabell 22. Exempel på åtgärder mot fosforförluster som kan åstadkommas med hjälp av rådgivning, ibland i kombination med regelverk (Fölster m fl, 2012; Jordbruksverket Rapport 2010:10 Bilaga 2; Malgeryd m fl, 2008; Ulén m fl, 2008).**

Åtgärd	Passar/ tillämpbar på	Ef- fekt	Kostnad	Genomförbarhet	Styrssystem
Lagring/ hantering av gödsel	På djurgårdar	God	Ja, men på sikt ekonomisk vinst	Kan kräva nyinvestering/ ombyggnation	Rådgivning och Lagstiftning
Behovsanpassad P-gödsling*	Överallt	God	Vinst	Störst behov och effekt i djurtäta områden	Rådgivning och Lagstiftning
Övergå från vår- till höstgrödor**	Överallt	God	Vinst	God	Rådgivning
Minskad markpackning	Överallt, särskilt lerjordar	God	Vinst	Allt vanligare med stora tunga maskiner och svårt att undvika markpackning	Rådgivning
Jordbearbetning vid rätt tidpunkt	Överallt, särskilt lerjordar	God	Vinst	Kan dock medföra ökad risk för N-läckage	Rådgivning
Anpassad utfodring	På djurgårdar i djurtäta områden	God	Vinst	Gör störst nytta i djurtäta områden	Rådgivning
Djurtäthet	I djurtäta områden. Glöm ej hästar!	God	Ja, kort-siktigt.	Kan ta tid, långsiktig strukturförändring	Rådgivning
Arrondering (rotation av bete på större arealer)	I djurtäta områden, nära vattendrag.	God	Ja. Stängsling	God. Ger högre näringseffektivitet.	Rådgivning
Teknikanvändning	Överallt, särskilt stora gårdar	God	Ja, för nyinvesteringar, men på sikt ekonomisk vinst.	Kräver ofta nyinvesteringar vilket kan bromsa. Ny teknik med syfte att minska förluster förväntas växa!	Rådgivning.
Fånggrödor	Överallt	God	Vinst	Tillämpa sen vårplöjning och skyddande kantzon av ogödslad träda.	Rådgivning. (Ekonomiska styrmedel förslag från JV)
<b>Fortsättning på nästa sida.</b>					

**Tabell 22. Fortsättning: Exempel på åtgärder mot fosforförluster från jordbruket.**

Åtgärd	Passar/ tillämpbar på	Effekt	Kostnad	Genomförbarhet	Styrsystem
<b>Kalkfilter/kalkfilterdiken</b>	Längs vattendrag/dike.	God	Ja.	Kortsiktig effekt. Filtermaterialet måste bytas ut regelbundet men möjliggör kretslopp. Bäst effekt på erosionskänslig jord med högt P-läckage.	Rådgivning (förslag till styrmedel diskuteras, JV)
<b>Strukturkalkning</b>	På lerjordar, hela åkern, skydds-zoner, vändtegar	God	Ja, men vägs upp av andra vinster.	Måste upprepas med jämna mellanrum för bibehållen effekt.	Rådgivning.
<b>Skydds-zoner Anpassade skydds-zoner</b>	Längs vattendrag	God	Ja, skördebortfall	God. Medför många mervärden!	Fortsatt styrmedel även för nyanslutning diskuteras.
<b>Dikesåtgärder</b>	I och längs diken	God	Ja, gräv/schakt	Medför mervärden.	Styrmedel diskuteras.
<b>Dammar som samlar fosfor</b>	Uppströms nära källan i/längs med jordbruksdike	God	Ja	God. Möjliggör kretslopp och mervärden.	Rådgivning Miljöersättning för anläggning
<b>Våtmark</b>	Nedströms nära recipient, i/längsmed vattendrag/dike.	God	Ja	God. Möjliggör kretslopp och höga mervärden.	Rådgivning, Miljöersättning för anläggning /restaurering, skötsel, rensning.

### 8.6.1. Behovsanpassad gödsling/effektivt näringsutnyttjande

Ett effektivt näringsutnyttjande kan åstadkommas genom att gödsla med hjälp av en markkarta över växttillgängligt fosfor och ”skräddarsy” gödslingsgivan efter grödans behov. På så sätt undviks också uppbyggnad av överskottsfosfor i marken. Behovsanpassad gödsling har framför allt god effekt på episodiska fosforförluster via makroporflöde och ytavrinning (Jordbruksverket 2010:10; Malgeryd m fl 2008; Ulén m fl, 2008). Åtgärden ger störst effekt vid odling av t ex potatis, en vanlig gröda i utredningsområdet, som i regel gödslas med mycket fosfor. Denna gödslingsstrategi bör tillämpas både vid användning av mineralgödsel och av stallgödsel.

### 8.6.2. Övergång från vårgrödor till höstgrödor

Att övergå från att odla vårgrödor såsom vårspannmål och våroljeväxter, till höstgrödor är den jordbruksåtgärd som visat sig bäst förklara minskad halt totalfosfor i jordbruksvattendrag (Fölster m fl, 2012).

### 8.6.3. Fånggröda och sen vårplöjning

Fånggrödor odlas mellan två huvudgrödor och täcker marken under hösten och vintern istället för att den annars ligger exponerad för väder och vind. Fånggrödorna hjälper till att hålla kvar näringen i rotzonen och skyddar jorden mot erosion genom att risken för ytavrinning minskar och markens infiltration ökar. Fånggrödor har positiva effekter både avseende minskade kväve- och fosforförluster. För att minska risken för fosforförluster bör dock så sen brytning av marken på våren som möjligt tillämpas och gärna i kombination med strategiskt placerade kantzoner i form av ogödslad träda i nedre delen av fältet (Ulén m fl, 2008; Ulén m fl, 2012; Aronsson och Ulén, 2012; Fölster m fl, 2012).

### 8.6.4. Kalkfilter, kalkfilterdiken och strukturkalkning

Genom att låta dräneringsvatten eller ytvatten med höga halter av fosfor passera genom ett kalkfilter preparerat med ett filtermaterial med hög kapacitet att binda till sig fosfor kan fosforhalten i vattnet minskas (Ekstrand m fl, 2011). Filtret kan konstrueras som en sedimentationsdamm, en fördjupad sektion bredvid/längsmed ett befintligt dike, i vilken cementbrunnar med kassetter med filtermaterial grävs ned och förankras. Dikesvattnet leds därefter genom sedimentationsdammarna och cementbrunnarna med filtermaterialet. Kalkfiltrets möjlighet att binda fosfor beror på materialets specifika yta, struktur, partikelstorlek, porositet, pH, mängden reaktiva grupper samt den hydrauliska effektiviteten i filtret, dvs. kontakten i tid och rum mellan filtret och vattnet. Kalkfilter är en relativt kostsam och teknikkrävande åtgärds metod och är i första hand aktuellt vid extremt högt fosforläckage från en begränsad areal. Erhållna resultat visar att så mycket som 90-100 % av fosfor avskiljdes vid lång uppehållstid (timmar) i systemet medan en kortare uppehållstid på 20-30 minuter resulterade i 20-30 % rening (Persson, 2009).

Kalkfilterdiken är en metod som istället bygger på att osläckt kalk (CaO) blandas in i jorden, företrädesvis lerjord, för att skapa ett fosforadsorberande infiltrationsområde parallellt med ett vattendrag som förhindrar ytavrinnande vatten att nå fram till diket i orenat skick. Resultat med en minskad koncentration av totalfosfor i vattnet med 75-80 % har erhållits (Lindström och Ulén, 2003). På årsbasis minskade fosforförlusten med drygt 40 % under det första året med förväntad avklingande effekt följande år.

Strukturkalkning innebär att en strukturfrämjande bränd eller släckt kalk brukas in i matjordsskiktet i lerjord med förbättrad struktur som resultat. Kalken verkar utflockande på lerpartiklar med ökad och mer stabil aggregatbildning och fördelning som följd och minskad tendens till krympning och svällning med färre makroporer (stora sprickor) (Berglund, 2012). Den förbättrade strukturen leder till ökad infiltration utan att det snabba makroporflödet ökar. Tillförsel av osläckt kalk på försöksplatser med tung lerjord ökade den infiltrerande vattenmängden med i genomsnitt 58 % (NV Rapport 5364, 2004). Med måttlig hastighet på vattenflödet minskar även erosionen och transport av partiklar och

partikelbunden fosfor. Det högre pH-värdet som kalkningen också ger faller ut löst fosfor som kalciumfosfater. Resultat från försök visar att strukturkalkning kan halvera fosforförlusten från ett fält. Upprepad strukturkalkning ger även en högre och jämnare skördenivå.

Ett räkneexempel hämtat från en LOVA-ansökan om stöd för att genomföra försök med strukturkalkning i Eskilstuna kommun (2012) redovisar att strukturkalkning sett under en livslängd på 10 år beräknas resultera i 2 kg reducerad N/ha och år (motsvarande 10 % av belastningen) och 0,8 kg P/ha och år (motsvarande 50 % av belastningen) till en kostnad av 2 700 kr/ha, se exempel i Tabell 23. En enkel schablonberäkning av förväntad fosforretention som följd av strukturkalkning av 300 ha lerjord inom utredningsområdet skulle kunna åstadkomma en belastningsminskning av fosfor och kväve motsvarande 240 kg P/år respektive 600 kg N/år, se Tabell 24.

**Tabell 23. Reduktion av kväve och fosfor genom strukturkalkning samt kostnad (Exempel hämtat från LOVA-ansökan, Eskilstuna kommun, 2012)**

	Reduktion	Kostnad	Livslängd
<b>Strukturkalk</b>		2 700 kr/ha	10 år
<b>P-reduktion (kg/ha och år)</b>	0,8	3 375 kr/kg avskiljd P	
<b>P-reduktion (%)</b>	50		
<b>N-reduktion (kg/ha och år)</b>	2	1 350 kr/kg avskiljd N	
<b>N-reduktion (%)</b>	12		

**Tabell 24. Möjlig belastningsminskning och totalkostnad vid strukturkalkning av 300 ha lerjord i utredningsområdet (schablonberäkning).**

Kostnad strukturkalk (2 700 kr/ha x 300 ha)	Retention av P (kg/år)	Retention av N (kg/år)
810 000	240	600

### 8.6.5. Skyddszoner och anpassade skyddszoner

Skyddszoner är 6 – 20 meter breda vegetationsklädda zoner som anläggs på åkermark längs ett vattendrag, sjö eller vattenbärande dike, Figur 32. Så kallade anpassade zoner anläggs inom ett fält för att t ex skydda en ytvattenbrunn, ofta vattensjuka svackor, erosionskänsliga områden eller dylikt och skall minst utgöra en sammanhängande yta av 0,25 ha för att berättigas med miljöstöd. För beskrivning av krav och regler kring praktisk anläggning av skyddszoner etc. rekommenderas skriften ”*Praktisk handbok för skyddszonsanläggare*” (Almqvist red, 2010) som finns tillgänglig bland annat hos Jordbruksverket.



**Figur 32. Till vänster, en skyddszon längs ett vattendrag samt exempel på en anpassad skyddszon runt en ytvattenbrunn. Till höger, en nyslagen skyddszon mellan en odlad åkermark och ett vattendrag som döljer sig bakom den vildvuxna dikesrenen (Foto: WRS, 2010).**

Skyddszonens vegetationsklädda yta verkar dels som sedimentfälla då vegetationen bromsar upp och sprider det ytrinnande vattnet och ökar infiltrationen ner i rotzonen där fastläggning i mark eller som växtupptag kan ske. Skyddszone fungerar också som en barriär vid översvämningar och den utlakning av näring från åkermarken som annars sker i samband med översvämning. Den största effekten erhålls som minskad förlust av framförallt fosfor och jordpartiklar (Tabell 25), men även andra typer av föroreningar så som rester av biocider och herbicider. Skyddszone skall vara bevuxen med flerårigt gräs och de får ej gödulas eller besprutas. Särskilt stor funktion får skyddszone om den anläggs på åkermark som är erosionskänslig, t ex silt- och lerjordar och om åkermarken sluttar ner mot vattendraget. För att behålla långsiktigt hög funktion hos skyddszone skall den skötas t ex genom årlig skörd och borttransport av växtlighet.

**Tabell 25. Reduktion av fosfor, kväve, partiklar och organiskt material i skyddszone uttryckt som procent av inkommande belastning och för fosfor och kväve även i kg/ha och år (Jordbruksverket, 2010; Hoffman m. fl. 2009; Uusi-Kämppe m.fl. 2010).**

Substans	Retention (%)	Retention (kg P/ha o år)
Totalfosfor	45 – 96	0,5
Totalkväve	27 – 81	
Mark- och jordpartiklar	55 – 97	
Organiskt material	83 - 90	

I början av 2000-talet anlades skyddszone i snabb takt runt om i landet men i och med att miljöersättningsperioden löpte ut 2007 halverades arealen snabbt. Ett nytt uppsving kom under 2010 med ny ersättningsnivå och skyddszoneerna utgjorde nästan 0,4 % av åkerarealen i genomsnitt (Fölster m fl, 2012). För att få ekonomisk ersättning i form av miljöstöd vid anläggning av skyddszone krävs att de anläggs längs vattenförekomster som antingen är utmärkta på den topografiska kartan eller vattenförande året om. Från och med 2012 kan man dock ej längre söka ersättning för nya åtaganden att anlägga skyddszone utan endast för att utöka befintliga eller för att bibehålla skötsel av befintliga åtaganden (Jordbruksverket, 2012). Anpassade skyddszone har tidigare beviljats miljöersättning enligt principerna för ”särskilt utvald miljö”. Former för fortsatt

styrmedel för skydds-zoner kommer att utredas vidare i det uppdrag som Jordbruksverket fått av vattenmyndigheterna (Jordbruksverket, 2010:10).

Skydds-zoner medför flera mervärden genom att t ex ge landskapet en mer omväxlande struktur som för med sig större artrikedom. Området mellan skydds-zonen och vattnet, strandbrinken, lämnas oftast orörd och har en mer omväxlande vegetation av träd, buskar och örter med stor betydelse för den biologiska mångfalden. Skuggande träd och buskar sänker vattnets temperatur vilket gynnar syrgashalten och därmed många fiskarter. Insekter blir föda för fåglar och fiskar, växternas rotsystem stabiliserar å/dikeskanten och minskar erosionen, stamdelar och rotsystem under vattenytan skapar livsmiljöer för en mängd organismer.

### Kostnadseffektivitet

I en utredning av Bertrand (2006) har en kostnadseffektivitetsanalys för skydds-zoner beräknats där man beaktat kostnader för anläggning, utsäde, skörd, förlorad inkomst av utebliven skörd, skötsel, arbetstid, skydds-zonens livslängd etc. i relation till vunnen näringsretention i kg P respektive N per ha skydds-zon och år. Resultatet av beräkningen presenteras som årlig kostnad för skydds-zoner i Tabell 26.

**Tabell 26. Årlig kostnad i kr/kg P respektive N med hänsyn tagen till retentionsvariation i olika breda skydds-zoner (Bertrand, 2006).**

	5 m skydds-zon	10 m skydds-zon
<b>Kostnad (kr/kg avskiljd P)</b>	20 585	19 515
<b>Kostnad (kr/kg avskiljd N)</b>	87	75

### Sök pengar för förstudie och projektledning

- 1) Förstudie – Lokalisering av lämpliga lägen för skydds-zoner.
- 2) Projektledning – Stöd för direkt berörda lantbrukare inom lokaliserade området i steg 1 med syfte att ge stöd och organisation genom anläggningsprocessens alla delar.

Områden som i första hand kan sättas i fokus för genomförande av fältinventering är de mest jordbruksdominerade delavrinningsområdena, dvs. delområdet runt Dovern (ID 650452-150081), Torpån (ID649676-150209) och Glan (ID 649923-151156).

Andersson och Stråe noterade i samband med inventeringen av våtmarkslägen på kommunens marker (2011) att vattendrag och diken på många ställen låg oskyddade med tydliga erosions- och körsador där anläggning av skydds-zoner skulle ha hög effekt, se exempel i Figur 33 och 34. Områden som nämndes var t ex längs Norsån vid Skärlunda-Eksund, längs Norsån vid Borgsholm-Karstorp, längs jordbruksdike vid Greby-Lundby i Kimstad, längs Själlösaån vid Kvillinge/Gräslinge, längs Pjältån vid Lillsjön-Jursla m fl. Dessa områden, som hör till kommunens egen mark, rekommenderas ytterligare en översyn för att därefter praktiskt gå vidare med anläggning av skydds-zoner.



Figur 33. Exempel på ett jordbruksdike vid Navestad-Silverringen som saknar skyddszon på båda sidor.



Figur 34. Skyddszon saknas på båda sidor om jordbruksvattendraget.

### Beräkningsexempel – anläggning av skyddszoner i Torpås avrinningsområde.

Torpås ARO är ca 85 km<sup>2</sup> varav 21 % (17,7 km<sup>2</sup>) utgörs av jordbruksmark. Enligt uppgifter om markanvändning från NV Rapport 5290 (2001) finns ca 41 km vattendrag i Torpås avrinningsområde. Vi antar att dessa 41 km vattendrag är jämt fördelade över avrinningsområdet vilket betyder att minst 8 km (dvs 21 procent av sträckningen) rinner genom jordbruksområden.

Vid en inventering visar det sig att det saknas skyddszoner längs ca 65 % av vattendragen och därför anläggs 10 m skyddszon längs båda sidorna av sam-

manlagt 5 200 m vattendrag. Den totala skyddszonearealen blir således  $2 \times (10 \times 5\,200) \text{ m} = 10,4 \text{ ha}$ .

Vi antar vidare att dessa 10,4 ha utgör 1 % av den 1 040 ha åkermark som löper längs de vattendrag som zonen skall skydda. I genomsnitt fastläggs 0,5 kg P/ha i en skyddszon (Tabell 25) vilket motsvarar  $0,5 \times 10,4 = \text{ca } 5 \text{ kg}$  minskad årlig belastning av fosfor på Torpån.

Svensk åkermark läcker i genomsnitt ca 35 kg N/ha och år (Jordbruksverket, 2008) vilket ger en kvävebelastning på skyddszone på 364 kg N per år. Med en förväntat N-retention motsvarande ca 65 % av belastningen ger det en årlig belastningsminskning på Torpån motsvarande omkring 240 kg kväve (eller 24 kg N/ha).

Om vi på motsvarande sätt avsetter 1 % av jordbruksmarken i hela utredningsområdet, som är 8 000 ha, för anläggning av skyddszoner ger det en sammantagen retention av P och N motsvarande:

P: 1 % av 8 000 ha = 80 ha  $\times$  0,5 kg P = 40 kg P/år

N: 1 % av 8 000 ha = 80 ha  $\times$  24 kg N = 1 920 kg N/år

**Tabell 27. Möjlig belastningsminskning via anläggning av skyddszoner på 1 % av jordbruksmarken inom utredningsområdet.**

	Minskad P-belastning (kg/ år)	Minskad N-belastning (kg N/år)
80 ha skyddszon (10 m bred)	40	1 920

### 8.6.6. Förbättrade ytvattenintag

En åtgärd med omedelbar verkan är att kartlägga och förbättra alla dränerande ytvattenintag, dvs. punkter där avledning eller infiltrering av ytvatten koncentreras. Runt dessa kan man antingen anlägga en skyddszon av gräs (vore också bra med hänsyn till läckage av bekämpningsmedel) eller göra om intagen till kalkfilterdiken. Både kalkfilterdike och åtgärder kring ytvattenintag är näst intill oprövade metoder i Sverige. En modellberäkning av hur stor effekt skyddande gräszoner kring ytvattenbrunnar kan ha i ett område med moränlera i Skåne har gjorts för Mistraprogrammet VASTRA. Resultaten pekar på att en minskning av fosforförluster motsvarande 25 % är möjlig.

Regionalt sett är ca 1,2 miljoner hektar åkerjord täckdikad och det finns uppskattningsvis en ytvattenbrunn per 5-10 ha, vilket innebär att det finns sammanlagt 120 000 - 240 000 ytvattenbrunnar i landet. Ett grovt överslag ger att det finns en samlad reduktionspotential motsvarande 120 ton P/år för hela den dränerade arealen jordbruksmark i Sverige (Naturvårdsverket, 2004) varav en del ligger inom utredningsområdet.

### 8.6.7. Dikesåtgärder

**Utformning och underhåll av dikesslänter:** Slänternas lutning och utformning är mycket viktig om dikena skall lämna ifrån sig näring till ytvatten eller fungera som näringsfällor (Ahlgren m.fl. 2011). Faktum är att branta dikesslänter kan

ge upphov till omfattande erosion och än mer omfattande näringsförluster. En bra relation mellan höjd och längd hos dikeskanten är 1:1,5-2 meter. Skötsel av diken bör ske enligt principen att dikesrensning bör ske roterande, dvs. alla rensas bit för bit för att ständigt ha orörda dikeskanter täckt av vegetation, skydda ett nyrensat dike från fosforbelastning t ex genom att tillfälligt låta en rasthage i närheten vara oanvänd eller stängsla med större avstånd, rensa då fosfortillförseln sett över året är som lägst.

**Tvåstegsdiken eller terrassering av dikeskanten:** Ett alternativ är att omforma dikeskanterna till flödesterrasser i form av trappsteg eller platåer på sidorna från dikesbotten upp till marknivå med fördelar för såväl reduktionen av suspenderat material och näringsämnen som översvänningsrisk och den biologiska mångfalden (Ymparisto, 2009; Se videon *To build a better ditch* <http://vimeo.com/7901535>). Erfarenheter från terrassering av diken i USA visar att 4-31 % av kvävet, 40-58 % av fosfor och 46-66 % av det suspenderade materialet i dikesvattnet reducerades, Tabell 28 (Lundmark, 2012). Åtgärden passar bra att tillämpa i samtliga öppna vattenbärande jordbruksdiken och vattendrag. Raka jordbruksdiken med branta dikesrenar i erosionskänsliga områden kan prioriteras.

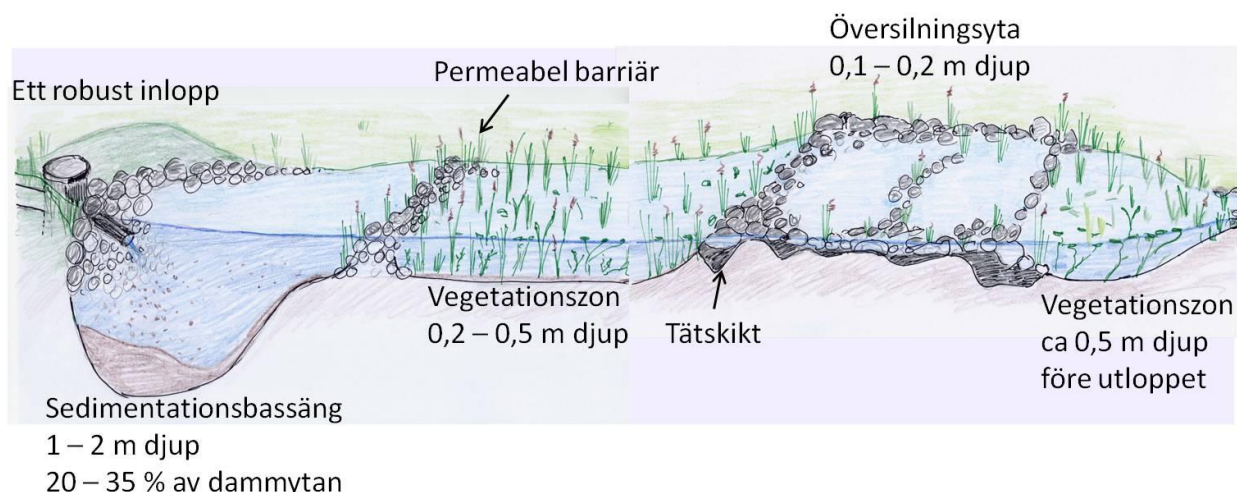
Lämplig utformning av styrmedel för att motivera genomförande av dikesåtgärder, i synnerhet terrassering av dikesslätten (tvåstegsdiken) diskuteras för närvarande (Jordbruksverket, 2010)

**Tabell 28. Förväntad retention genom anläggning av tvåstegsdiken (Data USA).**

	Medelretention (%)	Maxretention (%)
Fosfor	14	31
Kväve	40	58
Suspenderat material	46	66

### 8.6.8. Dammar för fosforretention

Från och med 2010 kan lantbrukare i Sverige få miljöstöd för att anlägga små våtmarker som är specialutformade för fosforrening, Figur 35. En sedimentationsdamm, som utgör runt 0,05-0,3 % av avrinningsområdet, anläggs nära källan till fosforförluster högt upp i avrinningsområdet. En utvärdering av resultatet ett flertal fosfordammar i Norge (Hauge m fl. 2008) som varit i drift sedan 1990 redovisas i Tabell 29, 30 och 31 nedan.



**Figur 35.** En schablonbild över en ofta "seriekopplad" långsmal sedimentationsdam. Vid inloppet är anlaggs det djupaste partiet som bromsar upp vattnet så att sedimentation kan ske. I de grundare delarna som följer filtreras vattnet mellan vegetation och olika typer av barriärer, exponeras för ljus och luft för att skapa förutsättningar för fysikaliska, biologiska och kemiska reningsprocesser. (Illustration: S Owenius)

**Tabell 29.** Genomsnittlig retention av fosfor och partiklar i fyra sedimentationsdammar anlagda i Norge.

Damm nr	Damm- area (m <sup>2</sup> )	% av ARO	P-retention (% av be- lastning)	Specifik P- retention (g/m <sup>2</sup> /år)	Retention av partiklar (% av be- lastning)	Spec. partikel- retention (g/m <sup>2</sup> /år)
1	900	0,06	42	51	66	83
2	345	0,07	27	58	45	89
3	870	0,08	23	37	62	36
4	840	0,38	42	46	68	22

**Tabell 30.** Retention av fosfor i 30 små sedimentationsdammar samt kostnad per kg avskiljd fosfor (Hauge m fl. 2008).

P-retention (kg P/ha år)	Kostnad (kr/kg P och år)
620 – 780 (i djurtäta områden)	150-180
3100 – 350 (i spannmålsområden)	190 - 470

**Tabell 31.** Konstruktions- och driftskostnad per m<sup>2</sup> i norska sedimentationsdammar grupperade efter ytstorlek.

Dammarea (m <sup>2</sup> )	Antal dammar	Konstruktions- kostnad (kr/m <sup>2</sup> )	Driftskostnad (kr/m <sup>2</sup> /år)	Kostnads- effektivitet (kr/kg P-reduktion)
<1 000	27	250	20	545
1 000 – 3 000	39	145	10	300
>3 000	11	95	8	190

Hög fosforbelastning på sedimentationsdammen ger bäst avskiljningseffekt varför områden med höga P-AL-tal (dvs. gott om växttillgänglig fosfor)

och/eller mycket stallgödselspridning under lång tid, erosionskänsliga ler- och mjälajordar och hårdbelastade rasthagar är lämpliga för denna typ av damm. Dammarna är också mest effektiva vid flödestoppar då stora partiklar förloras från åkrarna och sedimenterar i dammens djupa område direkt efter inloppet.

En nyproducerad film med praktiska råd om anläggning av fosfordammar finns att se på You Tube. En rådgivare, en lantbrukare och en forskare delar med sig av sina erfarenheter och pekar på praktiska aspekter, nyttan av näringshushållningen och den miljöinsats som blir resultatet. Filmen är producerad av naturrum Västervik och Västerviks kommun med stöd från Jordbruksverket (webb-adress: <http://www.youtube.com>).

### **Inventering av lämpliga lokaler**

Planera för inventering av lämpliga lokaler för anläggning av sedimentationsdammar t ex en fältinventering i Torpans avrinningsområde med målsättningen att finna lämpliga lokaler för anläggning av sedimentationsdammar, våtmarker, skyddszoner och/eller andra vattenvårdsåtgärder. Fältstudierna bör främst fokusera på att finna lokaler där markens utformning lämpar sig för damm-/våtmarkskonstruktion och där det är möjligt att leda in vatten från ett relativt stort tillrinningsområde för att få maximal kostnadseffektivitet.

### **8.6.9. Anläggning av våtmarker**

I landsbygdsprogrammet finns en målsättning att minst 750 hektar våtmarker ska anläggas i Östergötland under perioden 2007-2013 (Naturvårdsverket, 2009). Hittills har ungefär 500 ha våtmark av dessa 750 ha anlagts i länet och minst 250 ha våtmark återstår således att anläggas. Utredningsområdet motsvarar runt 20 % av länet varför åtminstone en femtedel, dvs. 50 ha av de återstående 250 ha våtmark rimligtvis borde anläggas i utredningsområdet.

### **Retention av näringsämnen**

En våtmarks förmåga att reducera näringsämnena beror på faktorer så som flödes- och näringsbelastning, placering i landskapet, utformning, skötsel etc. Faktorer som för varje anlagd våtmark blir unika varför det är svårt att förutsäga det förväntade reningsresultatet. Under optimala förhållanden kan reduktionskapaciteten hos en högbelastad våtmark överstiga 1 000 kg kväve respektive 40 kg fosfor per hektar våtmark och år. I Tabell 32 har resultat från flera anlagda jordbruksvåtmarker sammanställts. Den ytspecifika avskiljningen av kväve kan sägas variera mellan 50-600 kg/ha och år vilket motsvarar 4-70 % av den årliga kvävebelastningen (den relativa avskiljningen). Den ytspecifika avskiljningen av fosfor varierar mellan 2-25 kg/ha och år vilket motsvarar 7-88 % av den årliga fosforbelastningen. Avskiljningen av kväve och fosfor, sett som ytspecifik avskiljning, ökar med ökad belastning (Petersson 2011; Tonderski et al. 2002).

**Tabell 32. Avskiljning av kväve och fosfor i anlagda jordbruksvåtmarker uttryckt som ytspecifik avskiljning (kg/ha och år) och som relativ avskiljning (% av belastningen).**

Relativ N-avskiljning %	Ytspecifik N-avskiljning kg N/ha år	Relativ P-avskiljning %	Ytspecifik P-avskiljning kg P/ha år
	31 – 2 850 <sup>a</sup>		5 – 710 <sup>a</sup>
	57- 466 (m=198) <sup>b</sup>	8 <sup>b</sup>	4 -15 (m=9) <sup>b</sup>
	34 <sup>c</sup>		3c
	59 - 654 <sup>d</sup>		2 - 15d
5-50 <sup>e</sup>	380 -3200 <sup>e</sup>	10-50 <sup>e</sup>	18 -70 <sup>e</sup>
4 <sup>f</sup>	64 <sup>f</sup>	7 <sup>f</sup>	2,0 <sup>f</sup>
13 <sup>f</sup>	270 <sup>f</sup>	35 <sup>f</sup>	12 <sup>f</sup>
66 <sup>f</sup>	610 <sup>f</sup>	81 <sup>f</sup>	21 <sup>f</sup>
	600 – 1 400 <sup>g</sup>		100 (extremt hög-belastad) <sup>g</sup>
	500 – 2 850 <sup>g</sup>		
	>1 000 <sup>g</sup>		

<sup>a</sup>Weisner 2004; <sup>b</sup>Arheimer och Wittgren 2002 (modellerade data); <sup>c</sup>NV (2009) Rapport 6309; <sup>d</sup>Jordbruksverket (2010) Rapport 2020:21; <sup>e</sup>Wedding (2001); <sup>f</sup>Petersson (2011); <sup>g</sup>Owenius och van der Nat, 2011 (Litteratursammanställning)

Om 50 hektar våtmark anläggs inom utredningsområdet och kväveretentionen i genomsnitt är 340 kg N/ ha och fosforretentionen i genomsnitt 12 kg P/ha skulle våtmarksarealen skapa förutsättning för en näringsretention motsvarande totalt 17 000 kg kväve och 600 kg fosfor, Tabell 33.

**Tabell 33. Möjlig belastningsminskning om 50 ha våtmark anläggs i utredningsområdet.**

	P-retention (kg/år)	N-retention (kg/år)
50 hektar våtmark	-600	- 17 000

### Utformning

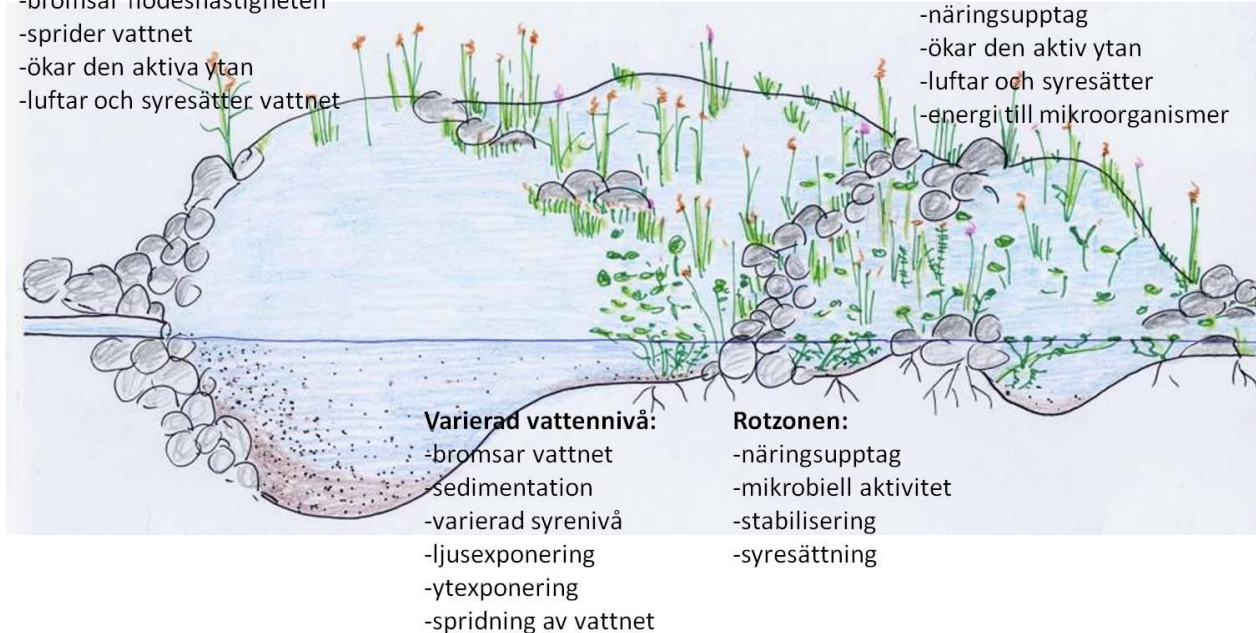
En bra tumregel är att en jordbruksvåtmark skall motsvara någonstans mellan 0,5 – 4 % av avrinningsområdet. En ny modelleringsstudie av Petersson (2011) visade dock att ett optimalt förhållande mellan våtmarksareal och tillrinningsområde förhöll sig inom intervallet 0,2 - 0,3 %. En våtmark skall placeras långt nedströms i avrinningsområdet så nära den skyddsvärda recipienten som möjligt. Figur 36 och 37 nedan illustrerar viktiga funktionella komponenter i en våtmark för att uppnå god funktion. Vid våtmarksanläggning bör man sträva efter lång uppehållstid, god ytkontakt mellan vatten och våtmarkens övriga element, flacka strandkanter som växelvis svämmar över, varierad vattenregim och varierad vegetation.

### Barriärer och trösklar:

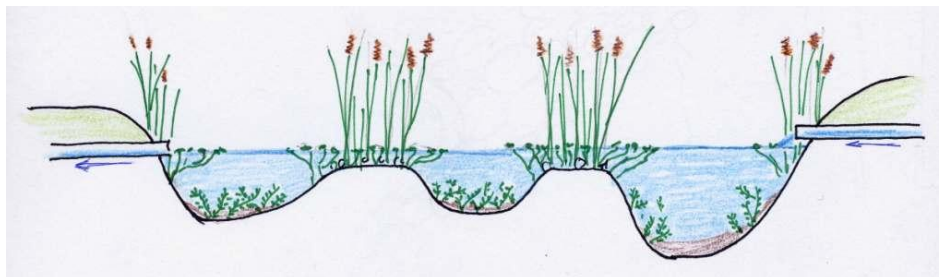
- bromsar flödes hastigheten
- sprider vattnet
- ökar den aktiva ytan
- luftar och syresätter vattnet

### Vegetation:

- filtrerar och sprider vattnet
- näringupptag
- ökar den aktiva ytan
- luftar och syresätter
- energi till mikroorganismer



**Figur 36.** En våtmark är ett helt eget ekosystem som består av ett spektrum av olika miljöer optimala för ett stort antal processer som har stor betydelse såväl för näringsavskiljning som för skydd av vatten. Figuren illustrerar ett tvärsnitt av en konstruerad våtmark och några av de viktiga miljöer och processer, t ex sedimentering, ytkontakt mellan vatten och grus/sten, vegetation, sediment etc. som äger rum i en våtmark med avgörande betydelse för mikrobiell aktivitet, växtupptag, syresättning, rotzonen samt vegetationen och olika typer av barriärer och trösklar som bromsar upp och filtrerar vattnet etc. (Illustration: S. Owenius)



**Figur 37.** Genom att variera vattendjupet kommer olika typer av vattenväxter att etablera sig där var och en har en viktig betydelse för våtmarkens funktion. Grundare partier med tät vegetation bidrar också till att vattnet tvingas ut över en större yta och inte rinner den snabbaste vägen genom våtmarken. Sträva efter heterogenitet avseende djup, form, struktur, flödes hastighet, smala och bredare passager etc. Undvik raka linjer och räta vinklar. (Illustration: S. Owenius)

När en våtmark skall anläggas i syfte att avskilja näringsämnen och öka vattenkvaliteten bör följande kriterier eftersträvas:

- Anlägg våtmarken i ett område med intensivt jordbruk (minst 60-75 %), hög näringsbelastning och där transporten av vattenburna näringsämnen är hög
- I områden där förutsättningarna för naturlig retention av näringsämnen längs sträckan mellan åkermarken och recipienten är liten eller otillräcklig

- Tillräckligt lång uppehållstid och hydraulisk effektivitet kan uppnås vid den valda platsen
- Recipienten nedströms är klassad som känslig och i behov av skyddsåtgärder

### Anläggningskostnad

Kostnaden för att anlägga en våtmark kan variera från allt mellan sjuttio tusen till en miljon kronor (Pettersson, 2011) beroende på t ex storlek, anläggningsmetod (schaktning, grävning), tekniska krav (tätning mot grundvatten, pumpar, dämmen) etc. I genomsnitt ligger kostnaderna för schaktning/utgrävning och borttagande av jord runt 30-35 kr/m<sup>3</sup> och den genomsnittliga anläggningskostnaden runt 250 000 kr per hektar våtmark baserat på beräkningar som gjorts för redan etablerade våtmarker i Danmark och Sverige (Theil-Nielsen m fl, 2005). Ekonomiskt stöd kan erhållas efter ansökan hos Jordbruksverket för anläggning, underhåll och rensning av våtmarker. I Tabell 34 redovisas kostnaden per kilo avskiljd kväve respektive fosfor i en våtmarksanläggning.

**Tabell 34. Kostnad för anläggning av och näringsretention i anlagda jordbruksvåtmarker.**

N-reduktionskostnad (kr /kg och år)	P-reduktionskostnad (kr/kg och år)
29 – 105*	80 – 307*
25 – 35**	90 – 110**

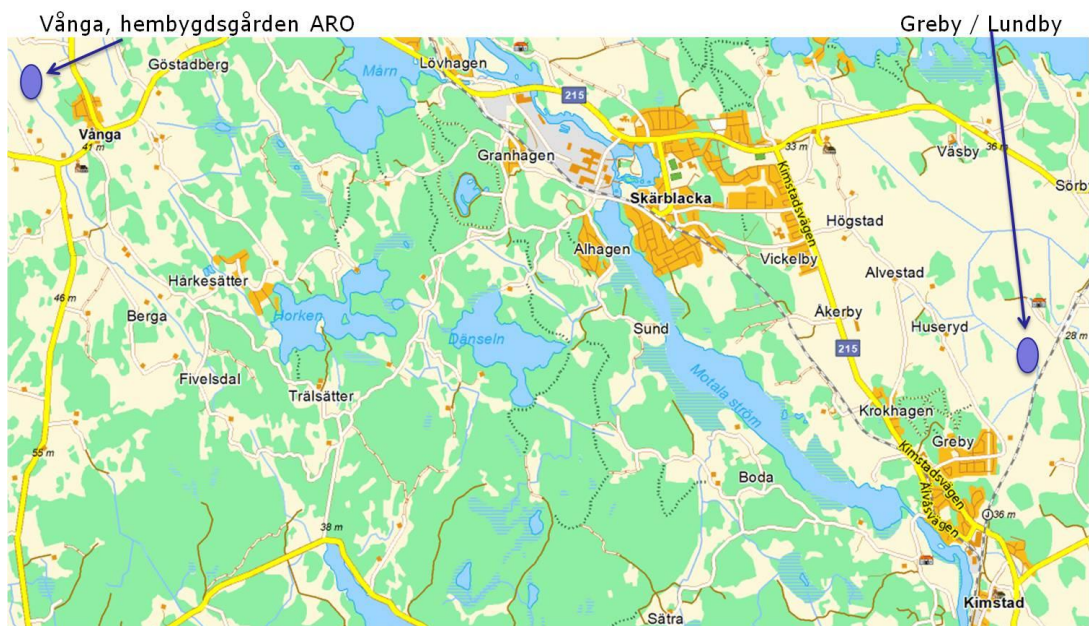
\*Jordbruksverket Rapport 2010:21

\*\*Owenius and van der Nat, 2011.

I Jordbruksverkets utvärdering av anlagda våtmarker i jordbrukslandskapet (Rapport 2010: 21) görs bedömningen att det är rimligt att räkna med att kostnaden för minskad näringstransport genom anläggning av våtmarker bör kunna ligga omkring 30 kr/kg kväve och 100 kr/kg fosfor om våtmarkerna genomförs på ett välplanerat sätt och om kostnaderna fördelas mellan andra uppnådda ekosystemtjänster som våtmarken bidrar till genom sin multifunktionalitet (t ex ökad biodiversitet, resurshushållning/recirkulering av fosfor, retention av andra föroreningar, bevattningsmöjligheter, ökad kapacitet för vattenutjämning vid översvämning orsakade av klimatförändringar, rekreation etc).

### Förstudie av våtmarkslägen på kommunens jordbruksmark

I förstudien *Våtmarkslägen inom kommunens skogs och åkerinnehav* (Andersson och Stråe, 2011) identifierades sju potentiella områden lämpliga för anläggning av våtmark med näringsretention som huvudsyfte. Två intressanta storskaliga områden identifierades också men med större osäkerhet med avseende på genomförande och kostnadsbild. Två områden som föreslås och som faller inom ramen för utredningsområdet runt Glan är dels området väster om Vånga i Torpans vattendrag och dels området mellan Greby-Lundby i Kimstad, se Figur 38.



**Figur 38. Två tänkbara områden på kommunens jordbruksmark för anläggning av våtmarker för näringsretention.**

Området väster om Vånga utgörs idag av ett uträtat jordbruksdike som går relativt djupt nedskuret genom åkermarken. Naturvärdet bedöms i nuläget som litet men att potentialen är stor för att utöver näringsretention ge ökad naturvärde i form av biologisk mångfald. Anläggning av en jordbruksvåtmark kommer att kräva relativt djup schaktning eller dämning för högre vattenstånd (Andersson och Stråe, 2011). Avrinningsområdet är ca 4,4 km<sup>2</sup> och bedömningen görs att det finns god potential för näringsretention.

### **Satsa på rådgivning**

Kampanj för att förstärka redan pågående rådgivning med temat ”Skydda Glan” Samverkan mellan LRF, Greppa näringen, kommuner uppströms Glan, Vattenvård, lokala förbund, lokala rådgivningsföretag m fl. Ta till vara och omsätt erfarenheter och kunskaper från Greppa-Fosfor i utredningsområdet. Utnyttja samverkansmöjlighet med andra projekt, t ex Effektiv näring, Jordbruksverket 2012.

Sätt som mål att 100 % av lantbrukarna runt Glan är anslutna till Greppa näringen och fullföljer Greppa näringens växtnärings- och utfodringsmodul för effektiviserad näringsnyttjande på gården.

### **Utredningsbehov**

Förstudie för inventering av jordbruksmarken inom utredningsområdet för identifiering av lämpliga områden för större åtgärdsinsatser såsom;

- Våtmarker
- Sedimentationsdammar
- Skydds zoner
- Dikesåtgärder
- Strukturkalkning
- Åtgärder av avlopp (mjölktrum el dyl.)

### **Projektledningsstöd till lantbrukare**

Sök pengar för projektledning för att hjälpa till att planera, organisera, reda ut ev. intressekonflikter och administrera större åtgärder på enskilda lantbruk och åtgärder som omfattar flera lantbruksfastigheter. För att underlätta för och stödja de enskilda lantbrukarna.

Nytt CAP-stöd till ”Grupp av lantbrukare” t ex inom ett avrinningsområde som söker stöd för miljöåtgärd, t ex våtmarksanläggning.

Sök pengar för att hitta och etablera samarbete med intresserade lantbrukare. Hjälptill med projektledning, anmälan/tillstånd vattenverksamhet, utredning av vattendomar, dikesföretag etc. Samråd och samplanering mellan berörda aktörer viktigt för effektivitet, kostnader, resultat, måluppfyllnad.

### **8.6.10. Se över hästverksamheten i kommunen**

Ej att förglömma är hästnäringen som vuxit sig stark i hela landet och som inte helt automatiskt inkluderas i regler och råd riktade mot jordbruket. I många fall på grund av att majoriteten hästägare har färre än i genomsnitt 2 hästar och då ej omfattas av lagringskrav för stallgödsel, i andra fall då det handlar om ridskolor eller liknande som inte faller inom ramen för jordbruksverksamhet. Hästnäringens påverkan på miljön är ett forskningsområde som är på uppgång och de studier och utredningar som hittills genomförts pekar alla på att risken för stora fosforläckage från hårt belastade rasthagar för hästar är ett faktum (Dahlin och Johansson, 2008; Airaksinen m fl, 2007; Owenius, 2011; Parvage et al, 2011).

Var ligger ridskolor eller hästtäta områden i förhållande till recipienter? Hur ser stallgödselhanteringen ut? Vilka åtgärder vidtas för att minska näringsförluster? Vilken potential finns att öka näringshushållningen och minska befarade förluster?

## **8.7. Åtgärdsförslag - skogsbruket**

### **8.7.1. Utökad samverkan och Riktad rådgivning**

Utökad samverkan med Skogstyrelsen ger möjlighet att formulera en gemensam strategi för att få ut rätt budskap, på rätt sätt till rätt målgrupp vad gäller skogsnäringen i relation till målet att förbättra Glans vattenstatus och de vattenskyddsföreskrifter som kommer att antas. Under året är redan tre fältvandringar i avverkningsområden nära vatten i Glans närhet inplanerade och utgör en första möjlighet till samverkan och att nå ut med riktad rådgivning. En gemensam förhållning kring riktlinjer och regler för tillämpning av skogsgödsling i skogsområden i Glans närhet bör också tas fram.

### **Nytt verktyg för kartläggning av genomförda åtgärder**

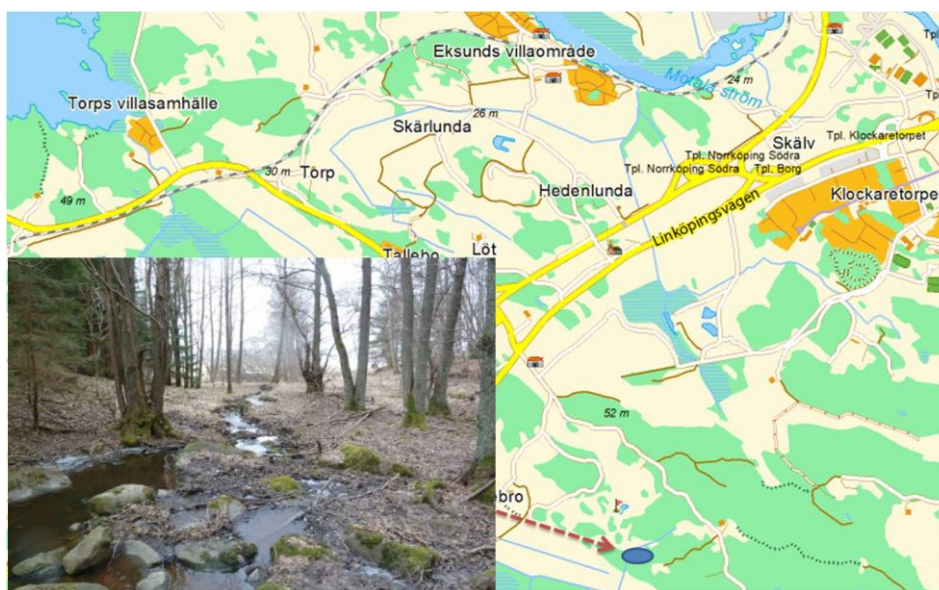
Under 2011 presenterades slutrapporten för projektet ”*Utveckling av miljömålsindikatorer – övervakning av naturvårdshänsyn i skogsbruket*” som länsstyrelsen i Östergötland varit projektledare för. Projektet har utvecklat fjärranalysmetoder för att följa skogsbruksåtgärder på regional skala och ta fram indikatorer för uppfyllelse av skogsbrukets miljökvalitetsmål. Denna metodik skulle kunna skapa nya möjligheter att kartlägga och följa genomförandet av miljöåtgärder

och deras effekt i hela Motala ströms avrinningsområde. Genom att via fjärranalys kartlägga förekomst och bredd av kantzoner som lämnas kvar intill vattenmiljöer och diken vid slutavverkning, samt hur många och breda kantzoner som finns kvar fyra år senare är indikatorer som skulle möjliggöra bevakning och uppföljning av miljömålen Ingen övergödning, Levande skogar, Levande sjöar och vattendrag samt Ett rikt växt- och djurliv.

### 8.7.2. Anläggning av skogsvåtmarker och sumpskogar

I förstudien av våtmarkslägen inom Norrköpings kommuns markinnehav (Andersson och Stråe, 2011) föreslogs även flertalet intressanta våtmarkslägen för anläggning/återställning av skogsvåtmarker. Områdena bedömdes framför allt ha god potential till att ge ökad biologisk mångfald men skulle också få en funktion som ett naturligt ”reningsverk” samt öka andelen vattenutjämnande volym som buffrar vid högvattenlägen. Dessutom gjordes bedömningen att skogsvåtmarkerna skulle vara relativt enkla att anlägga genom dämning.

En lokal som föreslogs och som ligger inom utredningsområdet är Klinga, vid Norrköpings golfklubb i Lövstadsjöns avrinningsområde. Klinga beskrivs i förstudien som ett litet dämningbart skogsdike i vackert kuperat landskap med potential till ökat naturvärde. En skogsvåtmark kan anläggas där genom dämning med en vall och överfall, se Figur 39.



**Figur 39. Lämplig lokal på kommunens skogsmark, vid Klinga nära Norrköpings Golfklubb, att dämna för anläggning av en liten skogsvåtmark.**

### 8.7.3. Försiktighetsåtgärder och kantzoner

Det bästa sättet att minska erosion och utlakning av näringsämnen vid avverkning är att vidtaga försiktighetsåtgärder så som att undvika maskinkörning och markskador nära vattendrag och sjöar eller i små våtmarker, vattendrag eller surdråg, inte ens under perioder då de är uttorkade. Ökad försiktighet skall också vidtagas i brant terräng, på generellt fuktig skogsmark och vid dikesrensning (Degerman, 2008). Att använda häst i skogsbruket istället för tunga skogsmaskiner som lämnar stora skador efter sig, förbrukar fossila bränslen och förorenar både luft, mark och vatten är en sällan utnyttjad möjlighet till ett skonsamt

skogsbruk med särskilt hög tillämpbarhet i känsliga miljöer nära vatten eller på blöta marker (Dyrendahl 1990; Skogsaktuellt, 2012).

Försiktighetsåtgärderna skall kombineras med att lämna skärmställningar och kantzoner mot vatten (Akselsson m.fl. 2007; Lindegren, 2006). Kantzonens bredd i relation till fosforförlusterna är inte helt klarlagd men generellt sett krävs bredare zon vid avverkning i sumpskog eller annan blöt mark eller mark som kan försumpas i samband med avverkning.

För bästa filtreringseffekt och rening av tillrinnande vatten bör kantzonen ha så stor kontaktyta som möjligt med vattnet. Utöver filtrering och rening ger kantzonen skugga, armering av strandkanten, nedfallande löv och död ved utgör substrat och livsmiljö för en mängd organismer och processer, bas för hela ekologiska kedjan samt att den är en egen viktig biotop i sig själv. Lövträd bör gynnas vid röjning nära vatten. Al kan med fördel planteras nära vatten medan barrträd helt bör undvikas.

### **Olika grader av vattenhänsynstagande**

Den vattenhänsyn som normalt krävs enligt skogsvårdslagen och vid miljöcertifiering av skogsbruk omfattar funktionella kantzoner på 5 – 15 meter anpassat efter områdets naturliga förutsättning. Död ved skall lämnas i vattnet. Körning skall ej ske närmare vattnet än 10 meter och överfarter skall läggas på icke känsliga partier. Vid förstärkt vattenhänsyn bör kantzonerna utökas till 15-30 meter och ingen körning alls bör ske inom zonen. I särskilt känsliga eller skyddsvärda områden kan åtgärdsarbetet omfatta återskapande/restaurering eller nyskapande av våtmarker, lekbottnar för fisk, fria vandringsvägar, utökad filtrering av vattnet via utplacering av stora stenar, död ved, meandring etc. Områden som bedöms som mycket känsliga och värdefulla vattenmiljöer bör lämnas helt orörda för fri utveckling.

### **8.7.4. Utökad inventering av privatägd skogsmark**

Inventering av privatägd och bolagsägd skogsmark inom utredningsområdet med syfte att lokalisera lämpiga våtmarkslägen och lägen för skyddszoner. Ta fram information om områden där närstående planer för avverkning och/eller gallring, områden där nya skogsvägar, dikesrensning eller skyddsdikning planeras och prioritera inventering av dessa. Vattenmiljöer måste finnas med i skogsbrukets planeringsprocesser och ett exempel på inventeringsmetodik som kan användas är WWF:s två enkla verktyg för skoglig vattenvård och bedömning av naturvärden, påverkan och känslighet samt mål som bör/kan sättas (WWF, ”NPK+ och Blå målklassning – enkla verktyg för skoglig vattenplanering”).

## **8.8. Åtgärdsförslag - sjöar och vattendrag**

I Tabell 35 nedan listas åtgärder som kan tillämpas i sjöar och/eller vattendrag. Några av åtgärderna kommer att belysas mer utförligt i textavsnitten som följer.

**Tabell 35. Olika åtgärder som kan tillämpas i sjöar och/eller vattendrag samt möjlig effekt på retentionen av fosfor och kväve.**

Åtgärder	P-retention	N-retention
Slätter eller bete av vass	9 kg/ha, år	100 kg/ha, år
Höjning av sänkt sjö	Ja	Ja
Muddring och rensning	osäkert	osäkert
Skapa konstgjorda försänkningar, bankar etc.	Ja	Ja
Fosforfällning med järn	Ja	
Luftning/syresättning	Ja	Ja
Bio-manipulering	Ja (4 kg/ton vitfisk)	Ja (25 kg/ton vitfisk)
Reduktionsfiske	Ja (7 kg/ton Braxen)	Ja
Odling av vandarmussla	Ja (250 kg/ha, år)	Ja (2 000 kg/ha, år)
Odling av kräftor	Ja (4 kg/ha och år)	Ja
Alginhibering med kornhalm	Ja (tillfälligt)	Ja (tillfälligt)
Våtmarker och dammar	5-20 kg/ha, år	150-500 kg/ha, år
Strandzon/Skyddszon	0,1-3 kg/ha, år	8-75 kg/ha, år
Ekologisk restaurering av vattendrag:	Ja	Ja
-Avfasning	0,1-3 kg/ha, år	8-74 kg/ha, år
-Terrassering	40-58 %	14-31 % av belastn.
-Meandring	6-13 kg/ha, mån.	100-315 kg/ha, mån.
-Fria vandringvägar,	Ja (indirekt)	Ja (indirekt)
-Kantvegetation mm	Ja	Ja

### 8.8.1. Åtgärder uppströms förbättrar status nedströms

Den årliga utvärderingen av den samordnade recipientkontrollen i Motala ströms avrinningsområde visar tydliga tecken på att uppströms sjöar med hög status liksom redan genomförda åtgärder uppströms har positiv påverkan på vattenkvalitet i lägre statusklassade vattendrag och sjöar längre nedströms. Ur Glans perspektiv är det således av betydelse att implementera åtgärdsarbetet i sjöar och vattendrag uppströms då resultatet på sikt kommer avspeglas i Glan. I skriften ”Lokalt vattenvårdsprogram Finspångsåarna” (Länsstyrelsen i Östergötland) redovisas en mängd planerade åtgärder som när de genomförs kommer att ha stor betydelse både lokalt och nedströms.

Både Glan och Roxen har dessutom förhållandevis snabb omsättningstid, ca 2,5 till 3 månader. Detta medför att båda sjöarna ger snabb respons på positiva förändringar som åstadkoms genom vidtagna åtgärder (muntl. S-Å Carlsson, Vattenresurs AB). Detta motiverar ytterligare betydelsen av att satsa på åtgärder uppströms, i synnerhet i Roxens tillrinningsområde då detta kommer att speglas som en stadigt förbättrad situation i sjösystemet.

### 8.8.2. Slätter av bladvass

Bladvass tar sin näring från bottensedimenten. Störst mängd näring bunden till ovanjordiska delar sammanfaller med tidpunkten då bladvassens biomassa är som störst, dvs. under eller direkt efter blomningen i juli/augusti. För att erhålla största möjliga bortförel av näringsämnen bör därför vassen skördas under denna period, men inte senare än så då vassen omlagrar sin näring till rottdelar efter blomning. För bästa effekt kan rotfilten också skördas (Petterson 2005; Ikonen and Hagelberg, 2007; Ålands landskapregering <http://www.regeringen.ax/socialomiljo/miljo/vass.pbs>). Skörd av tät växande,

grön vass sommartid tar bort ca 9 kg P och 100 kg N per ha, se Tabell 36. Vassslåtter är också en åtgärd som stärker den biologiska mångfalden genom att öppna upp och göra strandlinjen mer tillgänglig för en bredare variation av flora och fauna (t ex vadarfåglar).

Tjocka bårder av vass finns bitvis längs Glan varvat med mer exponerade brantare stränder. Men en förenklad schablonberäkning antas att vassbården i genomsnitt är ca 5 meter och löper längs hela Glan vars omkrets sätts till 50 km (mycket grovt skattat). Detta innebär en total vassyta på ca 25 ha. Om en femtedel av vassytan skördas skulle det betyda en näringsbortförsel av ca 45 kg P respektive 500 kg N.

Vassslåtter är dock en arbetskrävande åtgärd då det tar ca 1 timme att skörda 1000 m<sup>2</sup> med en amfibiegående vassklippare, vilket betyder 10 timmar per hektar, och uppsamling av den skördade vassen tar ungefär den dubbla tiden (Berglund, 2010). Åtgärden kräver också regelbunden upprepning och balanserat mot erhållen näringsbortförsel bedöms metoden ha föga genomslag som kostnadseffektiv åtgärd för Glan. Dock kan åtgärden medföra andra mervärden i form av t ex ökad biologisk mångfald, energiproduktion om den skördade vassen komposteras, rötas eller förbränns (Fredriksson, 2002, Berglund, 2010).

**Tabell 36. Möjlig näringsretention genom slåtter av vass samt kostnad per reducerad kg fosfor.**

Slåtter av vass	kg/ha och år	kg/5 ha och år
P-reduktion	9	45
N-reduktion	100	500
Kostnad vid storskalig skörd* (kr/kg)	660 – 1 350	65 -135
Skörd av 8,5 ha vass** (kr/kg)	10 680	1 200

\*Fredriksson (2002).

\*\*Uppgift från Kalmar kommun Hämtat från: Pålsson C (red.) 20xx.

### 8.8.3. Fosforfällning genom tillsatts av järn

För att snabbt och effektivt fastlägga fosfor i sjösediment och påskynda de processer som resulterar i sänkt fosforhalt i vattnet är det möjligt att behandla Glan, eller delar av Glan med järnfällning. Att fälla fosfor med järn är dock kostsamt och arbetskrävande. Som tidigare nämnts har Glan en snabb omsättningstid och svarar snabbt på positiva (och negativa) förändringar. Slutsatsen är därför att det är mer kostnadseffektivt att satsa på åtgärder som eliminerar och/eller minskar transporten av fosfor till Glan.

### 8.8.4. Sedimentprovtagning för beräkning av internbelastning

Under vintern 2011/2012 genomfördes nya sedimentprovtagningar i Roxen och Glan samt i Bönnern (muntl. E Årnfelt, Lst Östergötland). Denna provtagning bör följas upp och nya internbelastningsberäkningar bör utföras. Resultatet och de slutsatser som dras bör utvärderas mot föreliggande åtgärdsplan som kan behöva revideras.

### 8.8.5. Reduktionsfiske

I övergödda vatten får karpfiskar såsom mört, braxen, björkna och sutare ofta en konkurrensfördel framför rovfiskar så som gädda och abborre (Nätprovfiske i Roxen och Glan, 2010). I sådana lägen kan reduktionsfiske, dvs. fiske som syftar till stora uttag av icke önskvärda arter vara tillämpligt i biomanipulerande syfte, Figur 40.

Reduktionsfiske är också en metod för att reducera mängden fosfor genom att fisk som vuxit upp och lever inom det aktuella vattenområdet och fastlagt näringsämnen i sin biomassa avlägsnas via selektivt fiske. Övriga fiskar som gädda, abborre, gös etc släpps tillbaka levande. För att utföra reduktionsfiske används levandefångande flytande fällor (Sandström, 2011) och fisket utförs med fördel under braxens lektid på våren. Den infångade fisken kan användas t ex för biogasproduktion, fodertillverkning etc.



**Figur 40. Fisk som fångats i levandefångande flytande fällor i Östhammarsfjärden hävas upp (Sandström, 2011).**

#### Genomförbarhet i Roxen och Glan

Vid nätprovfisket i Roxen och Glan 2010 utgjorde karpfiskar, dvs. mört, braxen, björkna och sutare med en klar dominans av mört, 51 % respektive 32 % av den infångade fisken. Hur stora förutsättningarna är för ”selektivt fiske” av karpfiskar, genom fiske på rätt ställe under rätt tidsperiod (lekperioden) och vilka fångstkvantiteter det skulle kunna röra sig om i Glan saknas underlag för att bedöma och behöver ytterligare utredas. Men tänkbart är att det finns en outnyttjad potential att reducera mängden fosfor i Glan och andra sjöar längre uppströms så som Roxen, Dovert, Mårn, Åmlången, Näfssjön m fl. som är värd att undersöka vidare och testa i praktiken.

Tabell 37 nedan redovisar resultatet av ett fingerat reduktionsfiske i Glan under perioden 10 maj – 20 juni vilket resulterade i en sammanlagd fångst av karpfisk motsvarande 6 ton våtvikt varav 0,7 % är fosfor. Den faktiska effekten av reduktionsfiske blir dock större än så då upptaget av fisk även reducerar mängden rom och mjölke, som före lekperioden kan utgöra så mycket som 20 % av fiskens vikt och bestå av runt 0,3 % fosfor, som släpps ut i vattnet under lekperioden (Sandström, 2011). Ytterligare positiva bieffekter av reduktionsfiske är att karpfiskarnas böande och uppgrumling av sedimenten minskar med följden att sedimentation och stabilare fastläggning gynnas samt en biomanipulerande ef-

fekt, dvs. att genom upptag av en viss vald art/grupp av arter förändra fisksamhället i en önskvärd riktning.

**Tabell 37. Möjlig belastningsminskning av fosfor via reduktionsfiske i Glan.**

Reduktionsfiske	Resultat (kg) och kostnad (kr/kg P)
Fångad karpfisk under en säsong	6 000 kg våtvikt
Fosforreduktion (0,7 % av 6 ton)	-42 kg
Kostnad (kr/kg P)*	1 192 – 1 642

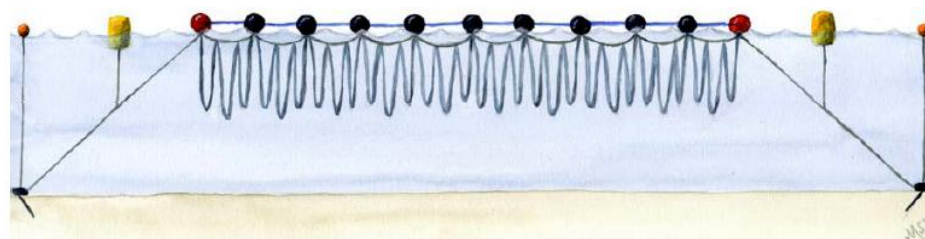
\*Kostnadsberäkningen hämtad från Sandström (2011) omfattar kostnader för investering av utrustning, arbetstid, drivmedel, drift, reparation mm fördelat över en period på 10 år av upprepad reduktionsfiske.

### 8.8.6. Näringsreduktion genom odling av vandrarmussla i Roxen

Som tidigare nämnts, i avsnitt 6.3.2 om synbara positiva förändringar i Roxen, har Vandarmussla etablerat sig i Roxen i så betydande omfattning att dess fastläggning av fosfor i skal och mjukdelar antagligen är en positivt bidragande orsak till den förbättrade situationen. Vandarmusslan som kom till Sverige på 1920-talet har sitt ursprung i området kring Kaspiska havet men spreds via Europas stora floder under 1900-talet. Vandarmusslans fastläggning av näringsämnen och att de genom odling och skörd erbjuder en åtgärds metod till snabbare restaurering av Roxen och i förlängningen Glan bör utredas vidare.

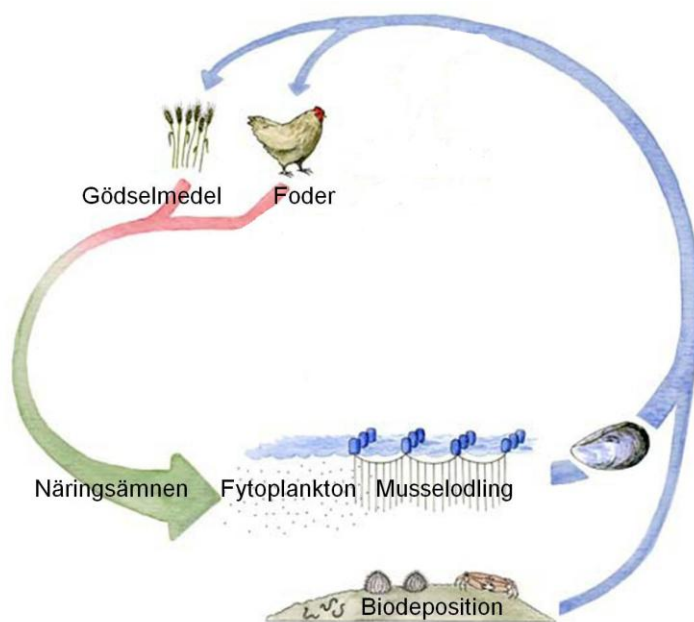
Framgångsrika försök med odling av blåmusslor i havsmiljö i Skagerack och Östersjön (Lindahl m fl, 2005; Lindahl, 2008) gav idén till en pilotanläggning för odling av vandrarmussla som miljöåtgärd i Ekoln, Uppsala län (Goedkoop m fl 2011). Musslor filtrerar det omgivande vattnet och betar av näringsrika fytoplankton och zooplankton. En tät population av vandrarmussla påverkar näringskedjan och hela ekosystemfunktionen genom sin effektiva avbetning som resulterar i ett klarare vatten med ökat siktdjup och fastläggning av näringsämnen i musslornas biomassa som motverkar de negativa effekterna från eutrofiering (Goedkoop m fl, 2011).

Musslor odlas på speciella långlinesystem, se Figur 41, och har visat sig tillväxa ungefär dubbelt så fort som bottenlevande musslor (Lindahl, 2005) med resultatet att ca 120 till 160 ton musslor per hektar odlingsyta kan skördas efter två till tre år. Potentialen finns således att skörda tonvis musslor per år. Baserat på fosfor- och kväveinnehåll i musslornas mjukdelar motsvarande 0,1 respektive 1 % av torrvikten har en långlineodling på 1 ha kapacitet att föra bort 150 – 250 kg fosfor och 1,5 - 2 ton kväve per år.



**Figur 41. Principskiss av en långlineodling (Illustration från Lindahl, 2005)**

Musselodling skapar också nya kretsloppsmöjligheter genom att närsalter i vatten med sitt ursprung från land via musslorna kan återföras till land som foder till fjäderfä eller organiskt gödselmedel för odling, Figur 42. Ytterligare en positiv effekt är att musslorna fastlägger andra föroreningar så som tungmetaller och organiska föroreningar, med betydligt högre toxisk effekt i vattenmiljö än på land, och musslorna bidrar på så sätt till en ökad vattenkvalitet i ett bredare perspektiv. Musslor som odlats i mycket förorenade vatten med omfattande fastläggning av föroreningar skall ej nyttjas som foder eller gödselmedel.



**Figur 42. Kretslopp av näringsämnen mellan sjö, stad och land med hjälp av musselodling. Musselodlingen fångar in näring som läckt från landekosystemen och återförs till jordbruket som beståndsdel i foder till fjäderfä eller som gödselmedel. (Retuscherad illustration, original från Lindahl m fl, 2005).**

Tabell 38 nedan redovisar möjlig årlig reduktion av fosfor och kväve, samt kostnad/kg kväve- respektive fosforreduktion, som resultat av en fingerad anläggning av musselodling på sammanlagt två hektar i Roxen.

**Tabell 38. Möjlig retention av fosfor och kväve via en fingerad 2 ha stor odling av vandrarmussla i Roxen.**

Odling av vandrarmussla	kg/2 ha och år
P-reduktion	300 – 500
N-reduktion	3 000 – 4 000
Kostnad/kg reducerad P (kr/kg P)	1 800*
Kostnad/kg reducerad N (kr/kg N)	180*

\*Baserat på försöksodling av blåmusslor i havet som gav ca 150 ton musslor/ha och år till en kostnad av 250 000 kr/år (Vattenmyndigheten Södra Östersjön, 2009)

### 8.8.7. Näringsreduktion via odling av signalkräfta

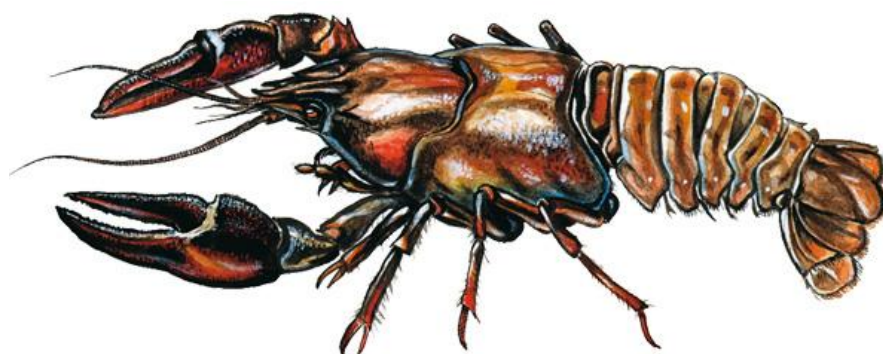
Fosfor och kväve binds också in naturligt i kräftors biomassa varför en utökad odling och regelbunden skörd av inplanterade signalkräftor (Figur 43) erbjuder en möjlighet till ett nettouttag av näring från ett sjösystem. Modellberäkningar, baserat på resultat från provfiske, avseende kräftförekomst i Vättern visar att omkring 60 ton signalkräftor fiskas årligen i Vättern som med ett innehåll av

0,3 % fosfor bidrar till en nettoreduktion av fosfor med 190 kg per år (Dahl och Rosenqvist, 2005; Owenius, 2010).

Vid odling av signalkräfter tar det tre år för kräftorna att växa till sig från utsättning till skörd. En odlingsdamm på 0,1 ha ger i genomsnitt en skörd av 10 000 kräftor motsvarande 400 kg kräfta och 1,3 kg fosfor. (Information om kräftodling är hämtat från <http://www.astacus.org/Kraftodling.htm>). Utslaget per år och dammyta ger det en fosforreduktion motsvarande 0,4 g P/m<sup>2</sup> dammyta och år.

Om vi utgår från samma fingerade förutsättningar som för musselodlingen, dvs att kräftor odlas på 2 ha ger det möjlighet för en årlig fosforreduktion motsvarande: 20 000 m<sup>2</sup> x 0,4 g P = 8 kg P/år. Det är således inga jättestora mängder i denna skala men sett ur ett större populationsperspektiv kan kräftan spela en stor roll för näringsbalansen i en sjö vilket erfarenheter från Vättern tyder på. Mellan perioden 1995-2002 minskade totalkoncentrationen av fosfor i Vättern förhållandevis kraftigt och plötsligt (Dahl och Rosenqvist, 2005) och en av forskarnas förklaring till förändringen är en samtidigt avsevärt ökad population av signalkräftan. För att er hålla minskade fosforkoncentrationer krävs dock en växande population eftersom en konstant population endast innebär cirkulation av samma mängd totalfosfor. Genom odling och skörd kan således populationen behållas växande hela tiden.

Skördade signalkräfter kan dessutom säljas med förtjänst. I exemplet ovan där 400 kg kräftor skördades efter tillväxt under tre år i en 0,1 ha stor odling ger en förtjänst på runt 45 000 kr/år baserat på kilopriset 350 kr för svenska signalkräfter.



**Figur 43. Signalkräfta, ursprungligen ifrån Nordamerika, lever liksom den pestdrabbade flodkräftan på grunt vatten i sjöarnas strandzon, dammar och mindre vattendrag.**

#### **8.8.8. Utökad recipientkontroll**

Utökad miljöövervakning av recipienter behövs för att verifiera status och för att utöka möjligheten att utreda var åtgärder är lämpliga. Uppföljning av redan genomförda åtgärder behövs också för att få mer information om åtgärders effektivitet.

Uppföljning av ev. förändringar från utsläpp av renat lakvatten från **Häradsuddens våtmark** med utsläppspunkt i Borlejasjön bör om möjligt ske genom

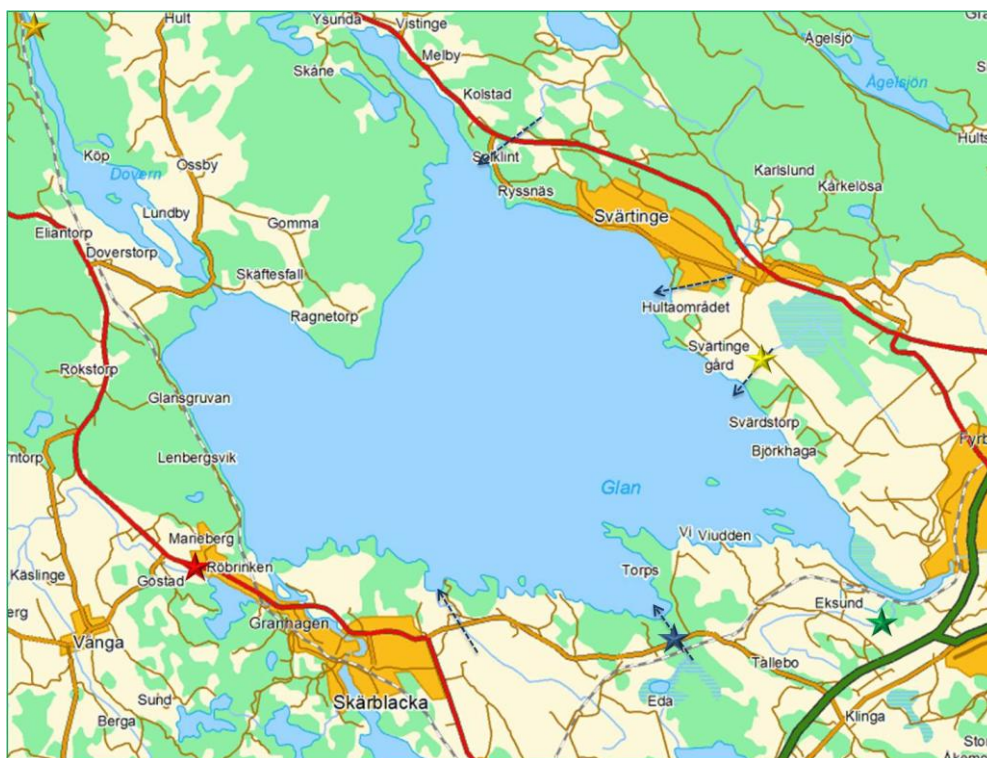
provtagning både uppströms den nya utsläppspunkten och nedströms, förslagsvis i Ålbäcken för att kunna följa eventuella belastningsförändringar, se blå stjärna i Figur 44 för ungefärlig lokalisering.

Uppföljning av den nya utsläppspunkten vid **Herrebro våtmark** som skall anläggas under året bör planeras, ungefärlig lokalisering markerad med grön stjärna i Figur 44. Även här bör provtagning ske både uppströms och nedströms utsläppspunkten och gärna påbörjas innan våtmarken anläggs för att kunna utvärdera eventuell förändring. Syftet med våtmarken är att den utöver lakvatten från den f.d. deponin skall rena vattnet från hela Norsåns avrinningsområde och recipientuppföljning i Norsån är av stort värde för att utvärdera reningseffekternas utfall ur ett bredare perspektiv (skydd av vattentäkten) än endast avseende lakvattnet.

Planera för utökad recipientprovtagning uppströms och nedströms den ansökta våtmarksanläggningen för behandling av lakvatten från **Sjömansäng f.d. deponi** i Finspång, orange stjärna i Figur 44 markerar endast ungefärlig lokalisering.

### Förslag till ny mätstation uppströms Mårn i Torpås avrinningsområde

Utöka den samordnade recipientkontrollen med ytterligare en mätstation uppströms Mårn för att fånga upp belastningen via Torpås avrinningsområde, se röd stjärna i Figur 44 för ungefärlig lokalisering. I dagsläget adderas transporten från Torpån med belastning via Motala ström och tillrinnande vatten från området mellan Roxen och Glan.



**Figur 44. Förslag på utökad recipientkontroll genom att komplettera med nya mätstationer för att fånga upp belastning från Torpån (röd stjärna), Ålbäcken (blå stjärna), Norsån (grön stjärna) och ev. vatten som pumpas från invallningsområdet (gul stjärna). Pilarna i figuren markerar tillflöden av vatten som syns på normalupplösta geografiska kartor som idag saknar recipientuppföljning.**

## 8.9. Övriga åtgärdsförslag

### 8.9.1. Ta fram en fiskevårdsplan för Glan.

Alla fiskevatten skall förses med en fiskevårdsplan. Sedan i fjol har Roxen en plan (*Fiskevårdsplan Roxen 2011*) och eftersom Glan är en produktiv och värdefull fiskesjö med riskstatus för yrkesfiske bör en plan tas fram även för Glan. I likhet med den för Roxen bör planen beskriva faktorer som påverkar fisksamhället, föreslå åtgärder som skyddar och utvecklar Glans fiskbestånd ur ett långsiktigt perspektiv för att i förlängningen bibehålla ett produktivt och uthålligt fiske.

Åtgärder högt upp i ett avrinningsområde, som diskuterats tidigare, har också gynnsamma effekter avseende reproduktion av fisk nedströms (muntl. K Claesson, Naturvårdsenheten, Lst i Östergötland). Om våtmarker anläggs uppströms och utrutade vattendrag återställs ekologiskt med ökad retention av såväl näringsämnen som partiklar som resultat ger ett positivt gensvar på fisken, i synnerhet reproduktionsmöjligheter för rovfiskar som gädda och abborre i de kustnära vattendragen.

Vissa fiskarter som är beroende av strömmande vattenmiljöer kan dock påverkas negativt om en våtmark anläggs mitt i en bäck eller i en å. Många fiskarter, t ex öring rör sig längs vattendragen under höstens och vinterns flödestoppar, i samband med lek och födosök. När våtmarker skall anläggas är det därför viktigt att inte skapa vandringshinder för fisken. Ett sätt att komma runt problemet är att anlägga våtmarken vid sidan av det ursprungliga vattendraget och leda delar av vattenflödet in i våtmarken. En våtmark vid sidan av vattendraget kan också ge bytesfiskar en ökad chans att överleva från rovfiskande gädda och abborre som (Naturvårdsingenjörerna, 2008).

### 8.9.2. Minska risken för översvämning

Enligt framtagna scenarier i den detaljerade översvämningskarteringen av Motala ströms sträckning från Roxen, via Glan med utlopp i Bråviken redovisas att vissa områden kommer att drabbas av översvämning vid kraftiga nederbördsepisoder. Översvämning medför urlakning av näringsämnen, och andra oönskade föroreningar, till sjöar och vattendrag vilket kan blir särskilt allvarligt vid översvämning av jordbruksmark som har ett stort förråd av upplagrat näring.

Detta ger ytterligare motiv till alla former av åtgärder som ökar andelen vattenutjämnande volym som ökar buffringkapaciteten av vatten vid högt vattenstånd och extrema nederbördstillfällen. Föreslagna åtgärder som således även är betydelsefulla i arbetet för att minska risken för översvämning är:

- anläggning av dammar och våtmarker för dagvatten, spillvatten och jordbruksvatten
- dikesåtgärder, så som avfasning av dikeskanter, terrassering av dikeskanter, meandring, etc.
- skyddszoner längs diken, vattendrag och sjöar (i skog och öppen mark samt i land och stad) som minskar erosion och utlakning av näringsämnen från översvämmade områden
- att tömma/minska näringsförrådet som ligger lagrat i jordbruksmarken som ett resultat av övergödning

## 8.10. Slutsummering och bedömning av måluppfyllelse

I Tabell 30 har de åtgärdsförslag som bedöms som mest relevanta och/eller genomförbara summerats. De flesta av åtgärdsförslagen är mer eller mindre behäftade med osäkerheter och kräver i de flesta fall ytterligare förstudier och utredningsarbete innan de kan genomföras på bästa sätt med tanke på önskat resultat och kostnadseffektivitet.

Jordbruket är det markanvändningsområde som bedöms ha störst potential att via ett flertal olika åtgärder bidra med en betydande minskning av näringsbelastningen på Glan. I tabellen nedan har endast tre av många möjliga jordbruksåtgärder listats; anläggning av skyddszoner, våtmarker och strukturkalkning, med en summerad potentiell P-belastningsminskning motsvarande runt 6 300 kg fosfor per år vilket bara gör att vi uppnår det uppställda belastningsminskningskravet för utredningsområdet.

Målsättningen att åstadkomma en belastningsminskning på tre till fyra ton totalfosfor per år inom utredningsområdet bedöms således möjlig att uppnå med god marginal vilket bör ses som en stark motivation till att påbörja ett strategiskt åtgärdsarbete på bred front kring Glan. Ett arbete som på sikt då kommer att utveckla Glan till en sjö med God ekologisk status; få ett väl fungerande skydd som säkerställer långsiktigt god vattenkvalitet; fortsätta klassas som en sjö med riksvärden avseende fisket; vara en sjö med höga värden avseende biologisk mångfald och att vara en uppskattad sjö för fritidsfiske och rekreation.

**Tabell 30. Samlade åtgärdsförslag inom utredningsområdet som bedöms som de mest betydelsefulla för utredningsområdet baserat på möjligt resultat, genomförbarhet och kostnad.**

Åtgärd	Minskad P-belastning (kg P/år)	Minskad N-belastning (kg N/år)
Anläggning av våtmark för efterbehandling Axsätersverket , Finspång	63	14 000
Åtgärd av 1 100 enskilda avlopp i utredningsområdet	410	2 400
Dagvattenanläggning för rening av dagvatten från Skärblacka tätort	60	270
Efterpolering av processvatten från Billerud Skärblacka AB med naturnära teknik	2 500	10 000
Strukturkalkning av 300 ha lerjord inom utredningsområdet	240	600
Skydds zoner omfattande 80 ha (ca 1 % av jordbruksarealen i utredningsområdet)	40	1 900
Jordbruksvåtmarker omfattande 50 ha (ca 0,6 % av jordbruksarealen i utredningsområdet)	6 000	17 000
Åtgärder i sjöar och vattendrag		
Skörd av 5 ha vass	45	500
Våtmarker och dammar	5–20 kg/ha, år	
Meandering, terrasering, avfasn. strandbrink mm		
Reduktionsfiske	7 kg/ton fisk	
Musselodling	250 kg/ha, år	
<b>Summa åtgärder</b>	<b>&gt;8 000</b>	<b>&gt;30 000</b>
<b>Belastningsminskningsmål för utredningsområdet</b>	<b>3 000 – 4 000</b>	

## 9. Referenser

Ahlgren J, Djodjic F och Löfgren S (2011). *Åtgärder för att förbättra fosforretentionen i öppna diken i riskområden i jordbrukslandskapet runt Östersjön – en kunskapsställning*. Baltic Sea 2020.

Airaksinen S, Heiskanen ML and Heinonen-Tanski H (2007). *Contamination of surface run-off water and soil in two horse paddocks*. Bioresource Technology 2007:98 p 1762-1766.

Akselsson C, Westling O och Örlander G (2007). *Skötsel och vattenkvalitet, En sammanställning av resultat från skärm- och bårdförsök inom SUFOR*. IVL och Växjö universitet. Rapport B 1752, IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Göteborg.

Alavi G (förf.). *Beräkning av kväve- och fosforbelastning på vatten och hav för uppföljning av miljökvalitetsmålet "Ingen övergödning"*. SMED, Rapport Nr 56. ISSN: 1653-8102

Alm H, Banach A och Larm T (2010). *Förekomst och rening av prioriterade ämnen, metaller samt vissa övriga ämnen i dagvatten*. Rapport Nr 2010-06. Svenskt Vatten Utveckling.

Almqvist S (red.) (2010) *Praktisk handbok för skyddszonsanläggare*. Samarbete mellan Naturvårdsverket, LRF Lantbrukarnas riksförbund och Jordbruksverket.

Andersson J och Kallner S (2002). *De fyra stora – en jämförelse av reningsresultat i svenska våtmarker för avloppsvattenrening*. VA-forsk Nr 6: 2002.

Andersson J och Stråe D (2011). *Våtmarkslägen inom kommunens skogs- och åkermarksinnehav samt inom kommunalt förvaltade naturreservat – förstudie*. WRS Rapport nr 2011-0356-01.

Andersson J, Owenius S och Stråe D (2012). *NOS-dagvatten Uppföljning av dagvattenanläggningar i fem Stockholmskommuner*. Rapport 2012-02 Svenskt Vatten Utveckling.

Aronsson H och Ulén B (2012). *Fosforbeting att bita i*. Ur: Johanson B (red.) Formas fokuserar. *Återvinna fosfor - hur bråttom är det?* sid 135-149. Forskningsrådet Formas.

Berglund K (2012). *Åtgärder inom odlingslandskapet för god vattenstatus.- strukturkalkning och kalkning av dräneringsåterfyllning*. Institutionen för Mark och Miljö, SLU [www.slu.se/strukturkalk](http://www.slu.se/strukturkalk)

Berglund P (2010). *Biogas - nya substrat från havet. Makroalger och vass i Kalmar län och på Gotland*. Uppdragsnr ALGBIO 1, Grontmij AB.

Bertrand M (2006). *Utredning av skyddszoner - en studie i näringsretention och kostnadseffektivitet*. Examensarbete vid Göteborgs Universitet i samarbete med Länsstyrelsen i Västra Götaland.

Björk R (1990). *Fisk i Roxen och Glan 1990*. Sammanställning av Roxen/Glan-projektets arbetsgrupp genom Roger Björk, Miljökontoret, Linköpings kommun.

Björn H, Eklund D, Andréasson J, Lindahl S och Nerheim S (2008). *Detaljerad översvämningsskartering längs Motala ström, Roxen, Glan och Bråviken*. SMHI Rapport Nr. 2008-76. Norrköpings kommun Stadsbyggnadskontoret 2009-10-05.

Byström Y och Gunnarsson S (2010). *Våtmarksdiagnos – Uppföljning av dagvattendammar i Finspång*. WRS Rapport nr 2010-0326-A.

Börling K (2010). *Dammar som samlar fosfor*. Jordbruksinformation 11 – 2010, Jordbruksverket.

Cirkulation (2012). *Cyanobakterier hotar vattentäkter*. VA-tidskriften Cirkulation Utgåva 1/12, februari 2012.

Dagvattengruppen (2009). *Dagvatten Riktlinjer för dagvattenhantering i Norrköpings kommun*. 2009-03-19. Antagen i KS: 2009-05-26 § 169.

Dahl S och Rosenqvist C (2005). *Näringsvävsmodellering i Vättern*. Rapport nr 81 från Vätternvårdsförbundet. Länsstyrelsen i Jönköping.

Dahlberg M och Engström H (2002). *Roxen och Glan - Utvärdering av standardiserade provfisken sommaren 2001*. Fiskeriverkets Sötvattenslaboratorium, Fiskeriverket.

Dahlin S och Johansson G (2008). *Miljöeffekter av hästhållning. Anrikning och distribution av kväve och fosfor i marken på hästars vistelseytor*. Rapport 216, Institutionen för Markvetenskap, SLU.

Davidsson T (2003). *Våtmarkers reningsförmåga. Metaller, Bakterier, Pesticider, Toxiska substanser och Läkemedelsrester*. Ekologgruppen i Landskrona AB på uppdrag av Segeåns Vattendragsförbund.

Degerman E (red) (2008). *Ekologisk restaurering av vattendrag*. Fiskeriverket och Naturvårdsverket.

DHI Sverige AB (2009). *Applikation för Vattenmyndigheten - Finn de områden som göder havet mest. Vattenmyndigheten Södra Östersjön*. Uppdragsnr: 12800211, Danish Hydrological Institute, Göteborg.

Dyrendahl S (1990). *Hästen i skogsbruket*. Natur & Kultur ISBN 91-27-33849-5.

Ekologgruppen (2003). *Åmansboken*. Saxån-Braåns vattenvårdskommité.

Ekstrand S, Persson T och Bergström R (2010). *Dikesfilter och dikesdammar*. Lägesrapport. IVL Svenska Miljöinstitutet.

Ekstrand S, Persson T och Bergström R (2011). *Dikesfilter och dikesdammar*.

Slutrapport Fas 1. B2001, oktober 2011, IVL Svenska Miljöinstitutet.

Fejes J, Lindgren C och Zakrisson J (2002). *Sammanställning av 40-års recipientkontroll, 1961-2000*. För Motala Ströms Vattenvårdsförbund, IVL Svenska Miljöinstitutet AB Rapport, Stockholm 2002.

Finspångs tekniska verk (2010). *Årsrapport för VA-verksamheten för räkenskapsåret 2010*. Finspångs Tekniska verk AB.

*Fiskevårdsplan Roxen 2011* (2011). Tibblin P (förf.). Rapport nr: 2011:17 Länsstyrelsen Östergötland. ISBN: 978-91-7488-284-1

Flyckt L (2010). *Reningsresultat, driftserfarenheter och kostnadseffektivitet i svenska våtmarker för spillvattenrening*. Examensarbete utförd vid WRS Uppsala AB. Linköpings universitet, Tekniska högskolan LITH-IFM-A-EX—10/2377-SE

Fredriksson H (2002). *Storskalig sommarskörd av vass - energiåtgång, kostnader och flöden av växtnäring för system med skörd och efterföljande behandling*. Examensarbete nr 2002:01 vid Institutionen för lantbruksteknik, SLU. ISSN 1101-0843

Fölster J, Kyllmar K, Wallin M och Hellgren S (2012). *Kväve- och fosfortrender i jordbruksvattendrag. Har åtgärderna gett effekt?* Rapport 2012:1 Institutionen för vatten och miljö, SLU.

Goedkoop W och Grandin U (2011). *Musselodling har stor potential som miljöåtgärd i Mälaren – Rapport från ett pilotprojekt i Ekoln*. Institutionen för vatten och miljö, SLU. Originalartikel: Goedkoop W, Naddafi R and Grandin U (2009). *Retention of N and P by zebra mussels (Dreissena polymorpha Pallas) and its quantitative role in the nutrient budget of eutrophic Lake Ekoln, Sweden*. Biol Invasions 2011: 13:1077–1086

Greppa näringen (2010). *Åtgärder mot fosforförluster från jordbruksmark – möjligheter och hinder i praktiken*. Rapport 2010:35 Delrapport 1 från projekt Greppa Fosfor, 2006–2009.

Hauge A, Blankenberg A-G B och Hanserud OS (2008). *Evaluering av fangdammer som miljöåtgärder i SMIL*. Bioforsk Rapport 3:140 2008.

Helsingforskommissionen (2007). *Baltic Sea Action Plan*. HELCOM Ministerial Meeting Krakow, Poland, 15 November 2007.

Hjelmqvist J (2009). *Enskilda Avlopp i Östergötland - Var finns de och hur minskar vi deras påverkan på havet?* Rapport nr. 2010:4, Länsstyrelsen Östergötland ISBN: 91-7488-255-1

Hjerpe K och Olsson P (2008). *Åtgärder för ett uthålligt brukande av skogsmarken - resultat från studier finansierade inom Movib*. Rapport 13. Skogsstyrelsen.

Hoffmann M, Johansson H, Gustafsson A and Grimvall A (2000). *Leaching of nitrogen in Swedish agriculture - a historical perspective*. Agriculture, Ecosystem & Environment 80:277-290

- Hoffman CC, Kjaergaard D, Uusi-Kämpä J, Hansen HCB and Kronvang B (2009). *Phosphorus retention in riparian buffers: review of their efficiency*. Journal of environmental quality. Vol 38, pp 1942-1955.
- Hübinette (2008). *Båttoaletter och tömningsställen: åtgärder för förbättring av vattenmiljöer beträffande hälso- och miljöaspekter*. Projektbeskrivning gjord för Länsstyrelsen Västra Götalands län
- Ikonen and Hagelberg (eds) (2007). *Read Up on Reed!* Southwest Finland Regional Environment Centre).
- Johansson S (2009). *Båtavloppet och miljön - Undersökning av fritidsbåtars toalettutsläpp i Bohuslänska skärgården med förslag till åtgärder*. Rapport nr: 2009:53. Länsstyrelsen i Västra Götalands län, Vattenvårdsenheten
- Johnsson H, Larsson M, Lindsjö A, Mårtensson K, Persson K och Torstensson G (2008). *Läckage av näringsämnen från svensk åkermark*. Rapport 5823, Naturvårdsverket, Stockholm
- Jordbruksverket (2010). *Minskade växtnäring förluster och växthusgasutsläpp till 2016 – förslag till handlingsprogram för jordbruket*. Rapport 2010:10
- Jordbruksverket (2010) Bilaga 2 till Rapport 2010:10 *Åtgärder för minskade utsläpp*.
- Jordbruksverket (2010). *Mindre fosfor och kväve från jordbrukslandskapet Utvärdering av anlagda våtmarker inom miljö- och landsbygdsprogrammet och det nya landsbygdsprogrammet*. Weisner S och Thiere G (förf.). Rapport 2010:21, Jordbruksverket.
- Jordbruksverket (2011). *Översyn år 2010 av känsliga områden enligt nitratdirektivet*. Wirgén E och Carlsson Ross C (förf.) Rapport 2011:01, Jordbruksverket.
- Jordbruksverket (2012). *Checklista för miljöersättning för skydds zoner år 1 och år 2-5*.
- Larsson S (1994). *Närsaltläckage från fyra avrinningsområden inom Norrköpings kommun*. Examensarbete 1994:132E, Tekniska Högskolan i Luleå.
- Lindahl O (2008). *Musselodling i Östersjön*. Vetenskaplig rapport. Skärgårdsrådet, Lst dnr: 622 – 3541–07 FiV dnr: 031 – 0790 – 07. Vetenskapsakademien, Fiskebäckskil.
- Lindahl O, Hart R, Hernroth B, Kollberg S, Loo LO, Olrog L, Rehnstam-Holm AS, Svensson J Svensson S and Syversen U (2005). *Improving marine water quality by mussel farming – A profitable measure for Swedish society*. Ambio, Vol. 34, No. 2: 131-138.
- Lindegren C (2006). *Kantzons ekologiska roll i skogliga vattendrag – en litteraturöversikt*. Rapport 19: 2006. Skogsstyrelsen, Jönköping

Lindström J och Ulén B (2003). *Effekt av kalk i täckdikesåterfyllningen på fosforförsluster från jordbruksmark*. Avdelningarna för hydroteknik och vatten-vårdslära, Institutionen för markvetenskap, SLU

Lundmark P (2012). *2stegsdiken – två steg åt rätt håll?* Föredrag vid Hydrotekniska sällskapet vattendag ”Åtgärder inom odlingslandskapet för god vattenstatus – Problematik, konflikter, behov av samverkan” den 1 februari 2012.

Länsstyrelsen Östergötland (1992). *Roxen och Glan - vattenmiljö, mål och åtgärder*. Roxen/Glan-projektet. Norrköping, Linköping, Finspång och Länsstyrelsen i Östergötland.

Länsstyrelsen Östergötland (2010). *Lokalt vattenvårdsprogram Finspångsåarna*.

Länsstyrelsen i Östergötland (2010). *Här är vi nu - Mål i sikte 2010*. Miljömål i Östergötland.

Länsstyrelsen i Östergötland (2011). *Övervakning av naturvårdshänsyn i skogsbruket - Slutrapport*. Rapport nr: 2011:3. Länsstyrelserna i Östergötland, Skåne och Norrbotten, Skogsstyrelsen och Metria Geoanalys, Januari 2011. ISBN 978-91-7488-270-4

Länsstyrelsen i Östergötland (2010). *Nätprovfiske i Roxen och Glan 2010*. Rapport 2011:15, Länsstyrelsen Östergötland.

Malgeryd J, Albertsson B, Folkesson Ö, de Maré L (2008). *64 åtgärder inom jordbruket för god vattenstatus*. SJV Rapport 2008:31.

MiljöInvest (2003). *Herrebro f.d. avfallsupplag, Norrköpingskommun. En plan för en nedlagd deponi*. Antagen av tekniska nämnden 2001-05-15.

MiljöInvest AB (2011). *Lakvattenbehandling – Sjömansängs avfallsanläggning – Information avseende anläggningens utformning*. Finspångs Tekniska Verk AB.

MSV (2007 och 2008). *Årsrapport*. ALcontrols sammanställning och utvärdering. Motala ströms Vattenvårdsförbund. [www.motalastrom.org](http://www.motalastrom.org)

MSV (2009 och 2010). *Årsrapport*. Calluna AB:s sammanställning och utvärdering. Motala ströms Vattenvårdsförbund. [www.motalastrom.org](http://www.motalastrom.org)

MÖTA (2011). *Tillsyn växtodlare med fokus på växtnäring*. Slutrapport. Miljösamverkan i Östergötland.

Naturvårdsingenjörerna AB (2008). *Planering, bedömning och prioritering av våtmarker inom Tullstorpsåns avrinningsområde*. Naturvårdsingenjörerna AB 2008-12-15.

Naturvårdsverket (2001). *Åtgärds- och konsekvensanalys för införandet av miljökvalitetsnormer för fosfor i sjön Glan*. Underlagsrapport 1. Rapport 5289, Naturvårdsverket.

Naturvårdsverket (2001). *Åtgärder och kostnader för minskade fosforutsläpp från enskilda avlopp, industri mm till sjön Glan*. Underlagsrapport 2. Rapport 5290, Naturvårdsverket.

Naturvårdsverket (2001). *Åtgärder och kostnader för minskad fosfoutilakning från jordbruksmark till sjön Glan*. Underlagsrapport 3. Rapport 5291, Naturvårdsverket.

Naturvårdsverket (2004). *Fosforutsläpp till vatten år 2010 – delmål, åtgärder och styrmedel*. Rapport 5364. Maj 2004.

Naturvårdsverket (2009). *Sveriges åtagande i Baltic Sea Action Plan- Konsekvensanalyser*. Naturvårdsverket, Stockholm

Naturvårdsverket och Sjöfartsverket (1992). *Miljöpåverkan från fritidsbåtar, fiske- och arbetsfartyg*. Rapport 3993 Naturvårdsverket.

NFS 2006:7 *Naturvårdsverkets allmänna råd om små avloppsanordningar för Hushållsspillvatten*. 2006. ISSN 1403-8234

Näslund M (2010). *Behandlingsvåtmarkers reningseffekt på aktiva läkemedels-substanser under vinterförhållanden. En studie av fyra svenska våtmarker för Avloppsrening*. Examensarbete vid Institutionen för tillämpad miljövetenskap, Stockholms Universitet. UPTEC W10 026

Owenius S and van der Nat D (2011). *Measures for water protection and nutrient reduction*. Report within Work Package 3 in Baltic COMPASS.

Owenius S (2010). *Fastläggning av fosfor i Svenska kräftor*. WRS 2010-08-12.

Owenius S (2011). *Miljöpåverkan från djurverksamhet inom Velamsunds naturreservat - bedömning och rekommendationer*. Rapport nr 2011-0388-A, WRS Uppsala AB.

Parvage MM, Kirchman H, Kynkäänniemi P and Ulén B (2011). *Impact of horse grazing and feeding on phosphorus concentrations in soil and drainage water*. Soil use and management. 2001:27 p 367-375.

Persson A (2010). *Sedimentprovtagning av dagvattendammar som ett alternativ till flödesproportionell vattenprovtagning*. Examensarbete Institutionen för mark och miljö, SLU. UPTEC W10 018

Persson J, Wittgren HB (2002). *Integrera teknik och biologi vid utformning och anläggning*. I: Tonderski K, Weisner S, Landin J och Oscarsson H (red). *Våtmarksboken*. Sid 252-270. VASTRA Rapport 3, Vattenstrategiska Forskningsprogrammet, Göteborgs Universitet. Bokakademien, Linköping.

Persson T (2009). *Fosforreduktion från jordbruksmark med hjälp av kalkfilter och dikesdammar*. Projekt Ljusnan-Voxnan 2009-09-24, pp-presentation, IVL Svenska Miljöinstitutet

Petersson T J R (1999). *Stormwater ponds for pollution reduction*. Doktorsavhandling nr14, Institutionen för VA-teknik, Chalmers Tekniska Högskola. Göteborg.

Petersson J (2011). *Modellering av fosfor- och kväveretention i våtmarker - effekt av planerade våtmarker inom Tullstorpsåprojektet*. Examensarbete Nr: 2011:M2. Institutionen för naturvetenskap, Linnéuniversitetet, Kalmar.

Petterson M, 2005. *Restaurering av sjöar och vattendrag - genom lokalt engagemang*. Naturvård i Norrtälje kommun.

Pålsson C (red.) (20xx). Redovisning av regeringsuppdrag Inventering av behovet av och möjligheterna till restaurering av övergödda havsvikar och kustnära sjöar. Slutrapport RU 51b, Vattenmyndigheten för Södra Östersjöns vattendistrikt.

Sandström O (2011). *Reduktionsfiske som metod för att minska övergödningen i Östhammarsfjärdarna*. RAPPORT 3/2011 Skärgårdsutveckling SKUTAB AB, Upplandstiftelsen.

SCB (2001). *Miljötilståndet i Svenska kust och havsområden*. SCB och Naturvårdsverket.

SJVFS 2004:62. *Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd om miljöhänsyn i jordbruket vad avser växtnäring*.

Skogsaktuellt (2012). *Hästar i skogen ger färre markskador*. Skogsaktuellt, 2 april, 2012.

SMED (2011). Ejhed H, Olshammar M, Brånvall G, Gerner A, Bergström J, Johnsson H, Blombäck K, Nisell J, Gustavsson H, Persson C och

Stråe D och Ridderstolpe P (2010). *Teknisk beskrivning kompletterande lakvat-tenbehandling, Häradsuddens avfallsanläggning*, Econova Biotec AB. Rapport nr 2010-0250-A, WRS Uppsala AB.

Stråe D (2011). *Herrebro våtmark – utformning, funktion, skötsel och kontroll*. Norrköpings kommun, Tekniska kontoret. Rapport nr 2010-0298-01 WRS Uppsala AB.

SVU (2011). P105 "Hållbar dag- och dränvattenhantering - råd vid planering och utförande" Rörnätskommittén, Svenskt Vatten utveckling, Svenskt Vatten AB.

Tekniska Verken (2011). *Miljörapport 2011 Nykvarnsverket i Linköping*. Tekniska Verken i Linköping AB.

Theil-Nielsen J, Persson P, Kamp Nielsen L (red.) (2005). *Rent vand - helt enkelt!* Miljönämnden Helsingborg. ISBN 91-975709-1-5

Tonderski K, Arheimer B and Pers C (2005). *Modeling the impact of potential wetlands on phosphorus retention in a Swedish catchment*. *Ambio* 34: 544-551.

Tonderski KS, Leonardsson L, Persson J och Wittgren HB (2002). *Dammar och översvämningsvåtmarker- utformning och effektivitet*. I: Tonderski K, Weisner S, Landin J och Oscarsson H. (red). *Våtmarksboken*. Sid 67-102. VASTRA Rapport 3, Vattenstrategiska Forskningsprogrammet, Göteborgs Universitet.

Tonderski KS, Svensson JM, Ekstam B, Eriksson P, Fleischer S, Herrmann J, Sahlén G och Weisner SEB (2003). *Våtmarker- Närsaltsfällor och/eller myllrande mångfald*. *Vatten* 59:257-270

Uggla E och Westling O (2003). *Utlakning av fosfor från brukad skogsmark*. Rapport B 1549. IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Ulén B, Aronsson H och Bergström L (2008). *Åtgärds katalog för minskade fosfor- och kväveförluster från jordbruk till vatten*. Institutionen för Mark och miljö, SLU. 2008-06-01.

Ulén B, von Brömssen C, Johansson G, Torstensson G and Stjernman Forsberg L (2012). *Trends in nutrient concentrations in drainage water from single fields under ordinary cultivation*. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 151, 61-69.

Vaghani V (2005). *Flood Impact Analysis using GIS A case study for Lake Roxen and Lake Glan-Sweden*. Final Master Thesis at IDA, at the University of Linköping. ISRN: LIU-IDA-D20--05/016--SE

VA Gruppen (2011). *Lägesrapport 2010 - Avrapportering av Norrköpings arbete med VA-frågor i bebyggelsegrupper 2001-2009*. VA gruppen Norrköpings kommun SPN-17/2008 303

Vatteninformationssystem Sverige (2009a). *Vattenförekomst Glan EU\_CD: SE649686-151617*. Länsstyrelserna och Vattenmyndigheterna. Senast uppdaterad: 2011-10-14

Vatteninformationssystem Sverige (2009b). *Vattenförekomst Roxen EU\_CD: SE648779-150974*. Länsstyrelserna och Vattenmyndigheterna. Senast uppdaterad: 2011-10-14

Vattenmyndigheten (2009). Regeringsuppdrag: *Finn de områden som göder havet mest i Södra Östersjöns vattendistrikt*. Slutrapport april 2009, Vattenmyndigheten Södra Östersjön.

Vattenmyndigheten (2009). *Åtgärdsförslag Motala Ströms avrinningsområde, kustområden och kustvatten*. Ur: *Förslag till åtgärdsprogram för Södra Östersjöns vattendistrikt – Underlagsmaterial*. Remiss av samrådsmaterial, 1 mars - 1 september 2009.

Weisner S (2004). *Närsaltsretention i våtmarker i jordbrukslandskapet*. I: Svensson M, Strand J, Sahlén G och Weisner S. *Rikare mångfald och mindre kväve- Uvärdering av våtmarker skapade med stöd av lokala investeringsprogram och landsbyggnadsutvecklingsstöd*. Bilaga 3. Våtmarkscentrum, Högskolan i Halmstad.

WWF (2011). *NPK+ och Blå målklassning – enkla verktyg för skoglig vattenplanering*. WWFHandledning.

Ymparisto SYKE (2009). *Skötsel av bäckar på jordbruksområden* Naturenlig dränering. Finska Naturvårdsverket.

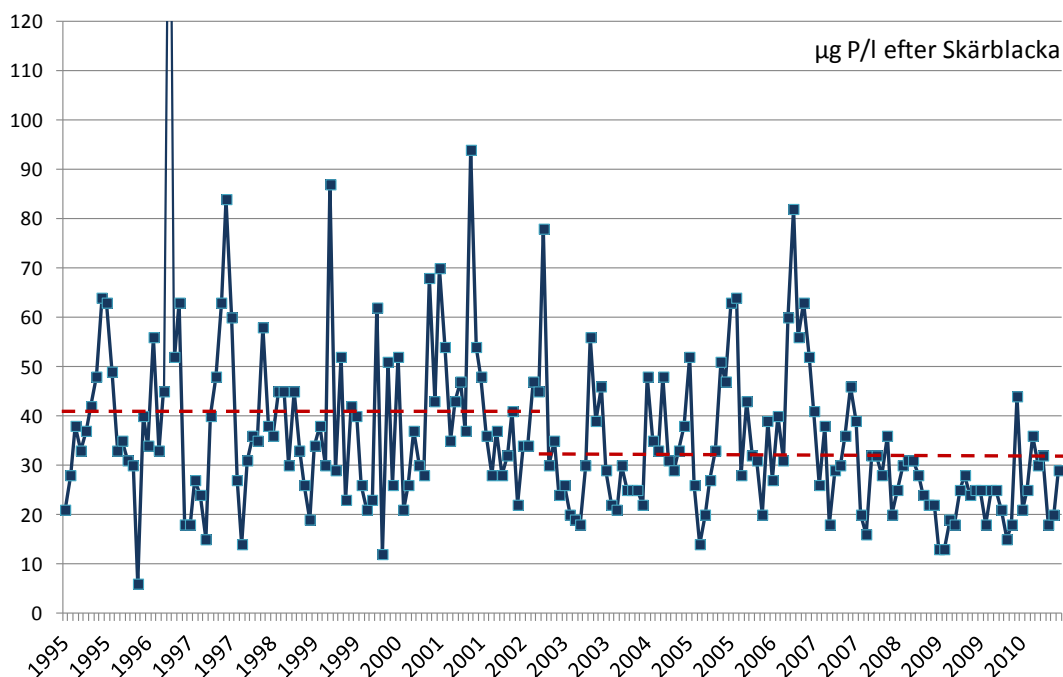
Ålands landskapregering. <http://www.regeringen.ax/socialomiljo/miljo/vass.pbs>

**Muntliga referenser:**

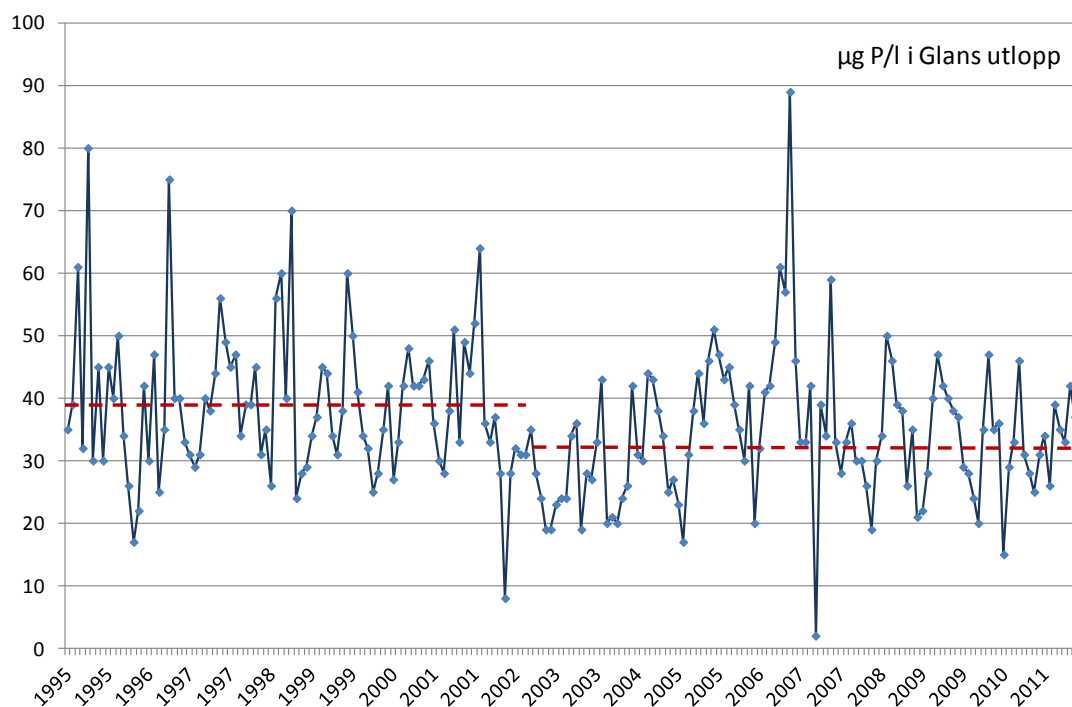
Billerud Skärblacka AB, Johansson Lars, Miljöingenjör  
Boxholms kommun, Ogsäter Lars-Åke, Teknisk chef  
Econova AB, Ajander Ann  
Econova Energy AB, Färnlöf Bengtsson Karin  
Finspångs kommun, Andersson Kerstin, Miljöchef  
Finspångs kommun, Strannelid Per, Miljöstrateg  
Finspångs Tekniska Verk, Bardun Rickard, VA-chef,  
Finspångs Tekniska Verk, Grimert Maria, Miljöingenjör  
Finspångs Tekniska Verk, Lind Lars, VA-ingengör  
Hallsbergs kommun, Hasselvander Nicklas  
Länstyrelsen i Östergötland , Claesson Kennet, Naturvårdsenheten  
Länstyrelsen i Östergötlands län, Heeb Anuscha, Lansbygdsenheten  
Länstyrelsen i Östergötlands län, Årnfelt Erik, Biolog, Miljöskydds-enheten  
Mjölby kommun, Ekman Anette, VA- och avfallschef  
Motala kommun, Gottås Hanna, Processingenjör Vattenenheten  
Skogsstyrelsen i Östergötland, Holm Björn-Erik, Skogskonsultent  
Tekniska Verket i Linköping, Kruise Henrik, Chef Avloppsreningsverket  
Tekniska Verket i Linköping, Tengliden Hanna, Driftansvarig  
Vattenresurs AB, Carlsson Sten-Åke

## 10. Bilaga 1

### Synbara förbättringar av tillståndet i Glan

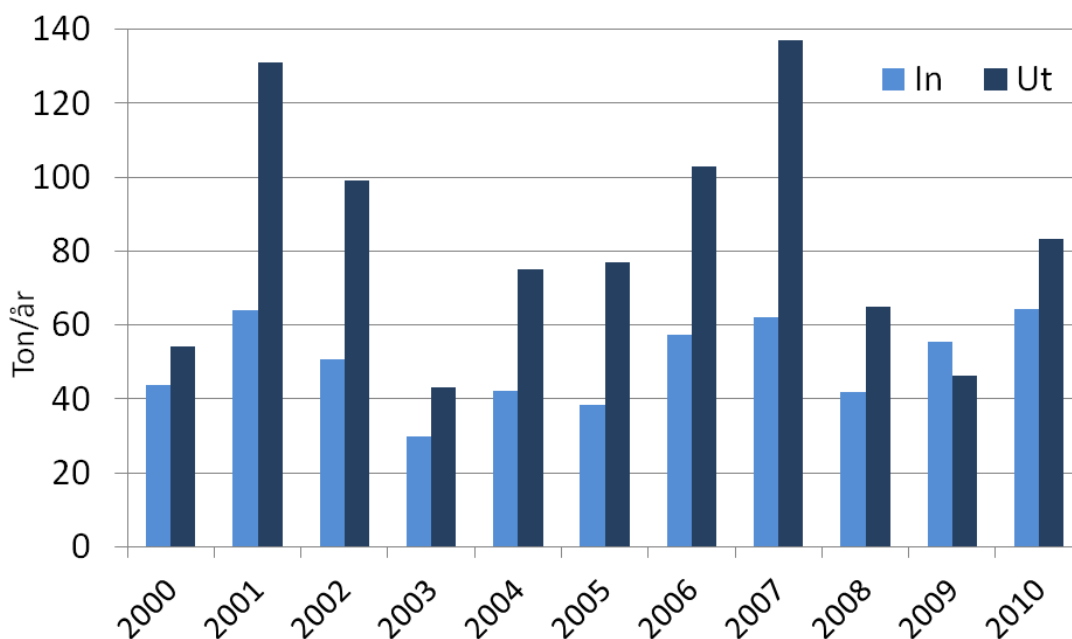


**Figur 22.** Inkommande vatten till Glan från Roxen via Skärblacka (station GB02) visar sjunkande halter av totalfosfor. Medelvärdet har sjunkit från drygt 41 µg/l under första halvan av perioden till 32 µg/l under andra halvan (streckad röd linje).

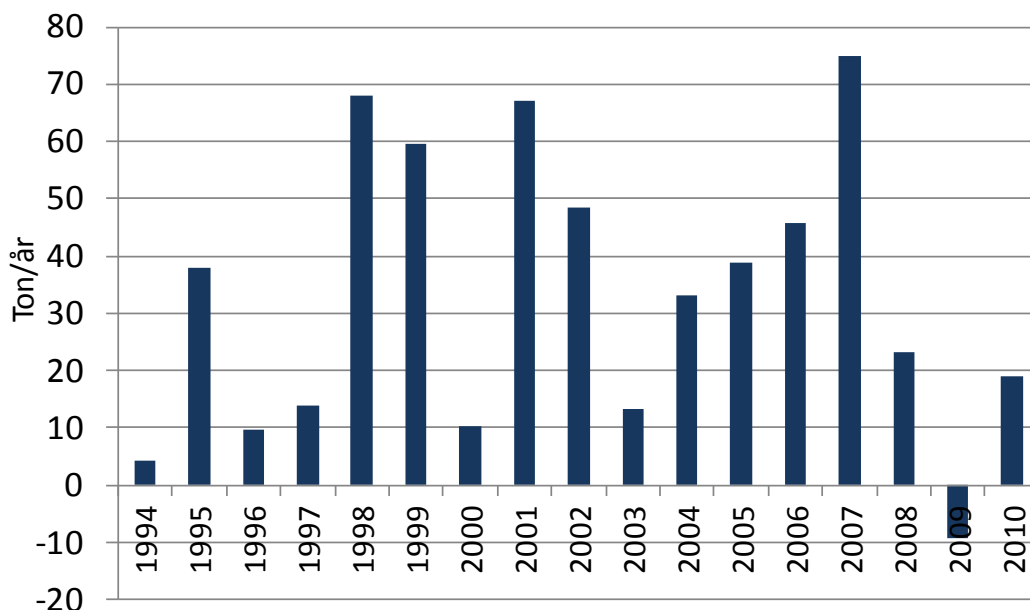


**Figur 23.** Sjunkande totalfosforhalt i utgående vatten från Glan (station GB06). Medelvärdet (den röda streckade linjen) har sjunkit från 39 µg/l under första halvan till 33 µg/l under andra halvan.





**Figur 26. In- och uttransport av totalfosfor (ton/år) mellan åren 2000 och 2010. Transporten in till Roxen är beräknad som summan av de fyra största tillflödena Stångån (Li05), Strömmens inlopp (Li12), Svartån (Li13) och Svies-tadsån (Li16). Fram t.o.m. 2008 saknas dock värden från Svies-tadsån (Li16) som inkluderades i kontrollprogrammet först 2009.**



**Figur 29. Staplarna illustrerar ett fosforsläpp från Roxen, som massbalans mellan in- och uttransport av totalfosfor, i varierad storlek under perioden 1995 till 2010. Positiv balans tyder på att fosfor frisläpps från sedimenten och negativ massbalans tyder på att fosfor fastläggs i sedimenten. Under de tre senaste åren syns ett tydligt minskat fosforsläpp som förhoppningsvis kommer att hålla i sig.**

## 12. Bilaga 3

### Hamn och båtliv

Hamn och båtliv bedöms ha en marginell betydelse för näringsbelastningen på Glan men eftersom strängare lagstiftning angående toalettavfall från fritidsbåtar är under framtagande ges här en kort redogörelse för hamn och båtliv i och uppströms Glan.

#### Nuläge avseende hamn och båtliv

Båtturismen ökar generellt i hela Sverige vilket betyder att mer obehandlat toalettavfall släpps ut till svenskt vatten. Eftersom utsläppen ofta sker i redan övergödningssensibla områden och under högsäsong juli-augusti finns risk för att utsläppen gynnar algbloomning och försämrar badvatten- och dricksvattenkvaliteten (Hübinette 2008; Johansson 2009). Ett förbud mot utsläpp av toalettavfall från fritidsbåtar planeras att träda i kraft 2014. Transportstyrelsen har utrett frågan och beslut skall fattas under våren 2012. Enligt nuvarande förslag gäller förbudet generellt alla fritidsbåtar inom svenska farvatten och dessa skall utrustas med tank för toalettavfall.

Tillsynsprojektet Hamn- och båtmiljö drevs via MÖTA- Miljösamverkan Östergötland då miljötillsynen i sektorn fritidsbåtliv varit eftersatt under en längre tid. Projektet som slutrapporterades 2008 omfattade bland annat besök vid ett 50-tal anläggningar i länet så som hemmahamnar, gästhamnar och varv. Miljökontoret i Norrköping utförde tillsynsbesök och telefonintervju med 8 objekt.

Brister som noterades i hamnar och på varv var t ex undermålig förvaring av farligt avfall, avsaknad av möjlighet till mottagning och källsortering av olika avfallsfraktioner, avsaknad avfallshanteringsplan enligt SJÖFS 2001:13 samt att upptagningsplatser ofta saknade spolplatser på hårdgjord yta (MÖTA, Hamn och båtmiljö, 2008).

#### Åtgärdsförslag

Åtgärder som generellt behöver vidtas för att få fler fritidsbåtar att använda sugtömningsstationer är strängare lagstiftning (som är på gång) information om sugtömningsstationer och var det kan ske, fler sugtömningsstationer (gärna flytande för ökad tillgänglighet) och innovativa tekniska lösningar för fritidsbåtar och fritidsbåtshamnar.