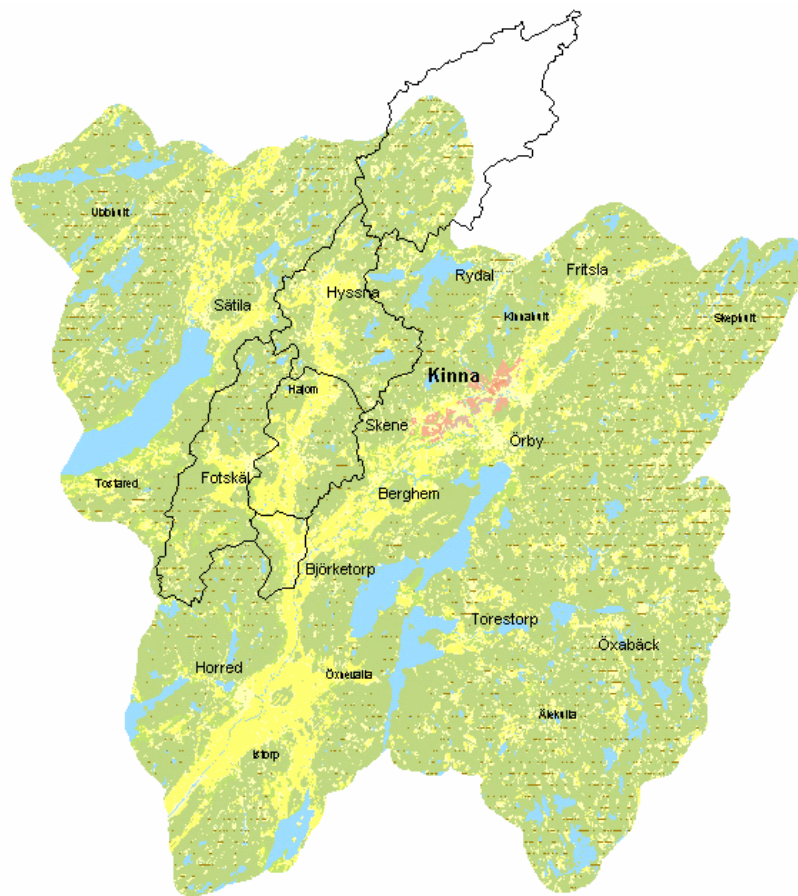




Närsalter i Surtan

-källfördelning och åtgärdsförslag



Patrik Malvenius

MILJÖ I MARK är en rapportserie som presenterar planer, utredningar, inventeringar m.m. inom miljövårdsområdet i Marks kommun.

Syftet med *MILJÖ I MARK* är att sprida kunskap om natur och miljö i Mark och att informera om kommunens miljöarbete.

MILJÖ I MARK kan beställas från:

Marks kommun
Miljökontoret
511 80 KINNA

Telefon: 0320 – 21 72 77, 21 72 80

Fax: 0320 – 21 75 03

E-post: mhn@mark.se

Förord

Denna rapport är resultatet av ett 20 p examensarbete vid Miljövetarprogrammet, Göteborgs universitet. Rapporten kommer att användas som kunskapsunderlag i det fortlöpande arbetet med att bibehålla och förbättra Surtans vattenkvalitet.

Författaren är ensam ansvarig för innehållet i rapporten.

Anna Ek
Kommunbiolog Marks kommun

Innehållsförteckning

Tack till	5
Sammanfattning	6
Summary	6
1 Inledning.....	7
2 Syfte	8
3 Metod	8
4 Bakgrund	9
4.1 Områdesbeskrivning.....	9
4.2 Närsaltssituationen	12
4.3 Målsenario	13
4.4 Genomförda åtgärder i Surtans avrinningsområde.....	13
5 Källfördelning	14
5.1 Områdesindelning	14
5.2 Källfördelningsmodellen.....	14
5.3 Resultat för Surtans fem delavrinningsområden	18
5.4 Diskussion om källfördelningsresultat	25
6 Åtgärder.....	26
6.1 Minskade punktutsläpp	26
6.2 Minskade arealförluster.....	27
6.3 Våtmarker i landskapet.....	29
6.4 Våtmark efter Hyssna avloppsreningsverk	30
6.5 Andra åtgärder.....	31
6.6 Kretsloppspotential.....	31
6.7 Sammanställning åtgärder	33
7 Åtgärdsförslag	34
8 Slutsats	37
8.1 Erfarenheter från Surtans avrinningsområde.....	38
9 REFERENSER.....	39
10 Bilaga 1 - Metod.....	42
10.1 Avrinningsområden och avrinning.....	42
10.2 Källfördelningsmodell.....	42
10.3 Åtgärdsförslag	52
10.4 Våtmarker i landskapet.....	52
Bilaga 2 - reningspotential i våtmarker i Surtans avrinningsområde	57
Bilaga 3 – delavrinningsområde i Surtans avrinningsområde.....	58

Tack till

Alla på miljökontoret i Mark, särskilt Anna Ek, Hannes Nilsson och Owe Lindner

Lars Wåkerås, Lars Edwertz och Jennie Eriksson, SBF, Marks kommun

Alla jag har ringt för att få svar på kloka och dumma frågor, speciellt Holger Jonsson, SLU, som fått många av de dumma och svarat med stort tålamod, och Mats Engdahl, SGU, som hjälpt till att reda ut jordartsförhållanden i Surtans avrinningsområde

Stefan Bydén, Tillämpad miljövetenskap, Göteborgs universitet, som har varit min handledare

Sammanfattning

Övergödning är ett av dagens stora miljöproblem. Även om problemet varit uppmärksammat länge ser vi inga tecken på att tillståndet i kustnära hav och sjöar förbättras. Syftet med detta arbete är att utreda varifrån det kväve och fosfor som belastar ån Surtan i Marks kommun kommer, samt ge förslag på åtgärder för att minska närsaltsbelastningen på ån. Åtgärderna har relaterats till Marks lokala anpassning av miljömålet *Ingen övergödning* för att se hur detta mål kan nås på enklaste sätt. Modeller, mätningar och geografisk databehandling ligger till grund för källfördelningen av närsalter. Åtgärdernas effekt har uppskattats utifrån modeller och empiriska studier. Resultatet visar att läckage från åkermark samt enskilda avlopp står för det absoluta största mänskliga närsaltsbidraget i Surtans avrinningsområde, följt av deposition av atmosfäriskt kväve och läckage från hyggen. Marks miljömål *Ingen övergödning* kan inte nås genom de åtgärder som undersökts i detta arbete. För att nå målet krävs en omfattande strukturförändring i samhället, som bl.a. innefattar skogsbruk utan avverkning, jordbruk utan livsmedelsproduktion och avlopp utan utsläpp.

Summary

Eutrophication is one of the big environmental problems today. The status of lakes and coastal seas show no sign of improvement even though the problem has been acknowledged for a long time. The purpose of this paper is to explore the origins of the nitrogen and phosphorous load of the stream Surtan in Marks kommun, and propose measures to be taken to reduce this nutrient load. The measures are related to the local adaptation of the national *Zero eutrophication* environmental quality goal in order to find the easiest way of reaching this goal. The origins of the nutrients are found through the use of models, measurements and geographical data treatment. The effect of the proposed measures have been estimated by modelling and comparisons with empirical studies. The results show that leakage from farmed lands and private sewers are the major sources of nutrients in the watershed of Surtan, followed by nitrogen from atmospheric deposition and leakage from cut forests. The local adaptation of *Zero eutrophication* can not be reached through the measures examined in this report. Reaching this goal requires an overall structural change of society, including forestry without cutting, farming without food production and zero-discharge sewers.

1 Inledning

Övergödning orsakad av förhöjda kväve- och fosforhalter i sjöar och hav är ett av dagens stora miljöproblem. Medan svenska kväveutsläpp till luft minskar visar närsaltsutsläppen till vatten inte en lika tydlig minskning (Miljömålsrådet, 2004). Trots stora ansträngningar för att minska människans utsläpp av övergödande ämnen kan i princip inga förbättringar påvisas i vare sig havet eller tillrinnande vatten. I Miljövårdsberedningens promemoria 2005:1, *Strategi för hav och kust utan övergödning*, konstateras att fler och mer långtgående åtgärder behövs, både internationellt och nationellt, för att vi skall kunna hoppas få bukt med övergödningens problemen (Miljövårdsberedningen, 2005).

Fosfor och kväve har både naturliga och antropogena källor. Till de naturliga hör markläckage och visst atmosfäriskt nedfall. Dessa källor har dock ökat väsentligt genom människans aktiviteter. Det atmosfäriska nedfallet av kväve är till ca 90 % antropogent (Wennerblom & Kvarnäs, 1996), och markläckage av kväve och fosfor från vissa markanvändningstyper har ökat med en faktor 2-10 genom ingrepp som dikning, skogsavverkning, markbearbetning och gödsling. Förutom dessa diffusa källor finns ett antal antropogena punktutsläpp av betydelse. De största utsläppen kommer vanligtvis från enskilda avlopp och reningsverk, medan mjölkkrum, gödselbrunnar och viss industri kan ha stor betydelse lokalt.

En del av närsaltsflödet i vattendrag hejdas på sin väg till havet genom ett antal olika kemiska, biologiska och fysiska processer som tillsammans benämns retention. Den mest betydelsefulla processen för fosfor är sedimentation, även om upptag i växande biomassa kan spela en viss roll. Kväve påverkas framför allt av biologiska processer (nitrifikation och denitrifikation) som leder till att en del kväve lämnar vattnet i gasform. Även för kväve kan upptag i växande biomassa spela en viss roll. Retention sker framför allt i sjöar och våtmarker, och endast i liten utsträckning i rinnande vatten (Tonderski et al, 2002).

Punktutsläpp av näringsämnen är enkla att mäta, och vanligtvis också tekniskt enkla att behandla, även om kostnaden för att minska utsläppen kan vara betydande. Det pågår för närvarande mycket forskning, i Sverige och internationellt, kring de processer som reglerar markläckage. Bilden är ännu inte helt klar, men tillräckligt mycket kunskap finns för att det skall vara möjligt att göra rimliga utsagor om hur närsaltsförlusterna ser ut i olika områden med olika markanvändning. Retention i våtmarker har studerats länge i samband med anläggandet av våtmarker för att efterpolera avloppsvattnet från reningsverk (Kadlec et al, 2000). Sammanställd ger denna kunskap om närsaltens källor och fällor möjlighet att konstruera effektiva åtgärdsprogram mot övergödningens problem.

SLU och SMHI har på uppdrag av Naturvårdsverket beräknat transport, retention och källfördelning av fosfor och kväve för hela landet (Brandt & Ejhed, 2002). Detta examensarbete använder sig av i princip samma metod för att i högre upplösning utreda förhållandena idag i Surtans avrinningsområde, Marks kommun. Vidare lämnas förslag på ett antal åtgärder som syftar till att minska närsaltsläckaget till Surtan. Åtgärdernas effekt och kostnad har uppskattats där det varit möjligt. Effekten av en del av de föreslagna åtgärderna går inte att kvantifiera med rimlig säkerhet utifrån dagens kunskap. Jag har ändå valt att ta med dessa, eftersom jag ansett att deras effekt på närsaltsflödet kan vara betydande, och i förekommande fall redovisat vilken effekt som uppnåtts vid försök på andra håll i landet.

Åtgärdsförslagen är av två typer:

- åtgärder för att minska läckaget av näringsämnen, t.ex. nya system för enskilt avlopp och förändrad markanvändning
- åtgärder för att öka retentionen av näringsämnen i landskapet, t.ex. våtmarker

Åtgärdernas effekt relateras till miljö kvalitetsmålet Ingen övergödning. Detta mål innebär att ”halterna av gödande ämnen i mark och vatten skall inte ha någon negativ inverkan på människors hälsa, förutsättningarna för biologisk mångfald eller möjligheterna till allsidig användning av mark och vatten” (Miljömålsrådet, 2004). Det är inte lätt att förutsäga vilken närsaltsbelastning som kan anses acceptabel för att trygga detta mål. Marks kommun har dock antagit en lokal anpassning av miljömålen (se vidare under rubriken Bakgrund – Målsscenario), och jag presenterar därför ett åtgärds paket som syftar till att uppfylla detta.

2 Syfte

Syftet med denna rapport är att utföra en s.k. källfördelning av närsalter för ån Surtan i Marks kommun. Källfördelningen innebär en noggrann utredning av vilka källorna är till de närsalter som belastar ån. Detta har sedan utgjort grund till förslag på åtgärder som kan reducera närsaltshalterna i Surtan till acceptabla nivåer.

3 Metod

Arbetet har utförts genom insamling och bearbetning av befintliga data. Metoden är utförligt beskriven i bilaga 1; här följer en kortare sammanfattning.

Den källfördelningsmodell som använts kommer ursprungligen från Wennerblom & Kvarnäs (1996), men har uppdaterats och anpassats till förhållandena i Marks kommun där så varit möjligt. Källfördelningen har utförts enligt principen att närsaltskällorna i miljön är både identifierbara och kvantifierbara. De källor som har undersökts är antingen punktutsläpp eller diffusa utsläpp.

Punktutsläppen utgörs av avloppsreningsverk, enskilda avloppssystem, djurbesättningar och mjölkkrumsavlopp. Information om dessa källor har tillhandahållits av Marks kommun. Där data om utsläppsmängder varit tillgänglig har detta använts, i övriga fall har utsläppen beräknats med hjälp av samband som beskrivs närmare i bilaga 1.

De diffusa utsläppen utgörs av läckage av näringsämnen från mark samt atmosfärisk deposition av näringsämnen direkt på vattenytor. Olika markanvändningar har olika stora utsläpp. All förekommande markanvändning har sorterats in under någon av typerna Skog, Åker, Myrmark, Sjöar och Övrig mark. Deposition av kväve på sjöar har beräknats genom interpolering av depositions mätningar i Marks kommun. Övriga diffusa utsläpp har beräknats genom komplexa modeller (kväveutlakning från åkermark) och enklare samband (övrigt markläckage samt deposition av fosfor på sjöar).

MapInfo har använts till att sortera närsaltskällorna geografiskt, konstruera delavrinningsområden efter höjdkurvor samt beräkna andelen av olika markanvändningstyper i de olika delavrinningsområdena.

Åtgärder mot övergödning har delats in i tre klasser efter hur säker uppskattningen av effekten är.

- kategori 1: åtgärder med kvantifierbar effekt, viss osäkerhet
- kategori 2: åtgärder med kvantifierbar effekt, stor osäkerhet
- kategori 3: åtgärder utan kvantifierbar effekt

Några åtgärder består i förändring av markanvändningen. Dessa åtgärder har beräknats genom de metoder som beskrivs under källfördelningsmodellen ovan och placerats i kategori 1. Effekten av övriga åtgärder har beräknats med hjälp av modeller och enklare samband som beskrivs utförligare i bilaga 1. Dessa åtgärder har klassats som kategori 1, 2 eller 3 beroende på effektuppskattningens säkerhet.

Näringssituationen i Surtan idag och effekten av de olika närsaltsreducerande åtgärderna har jämförts med de miljömål som satts upp av Marks kommun.

4 Bakgrund

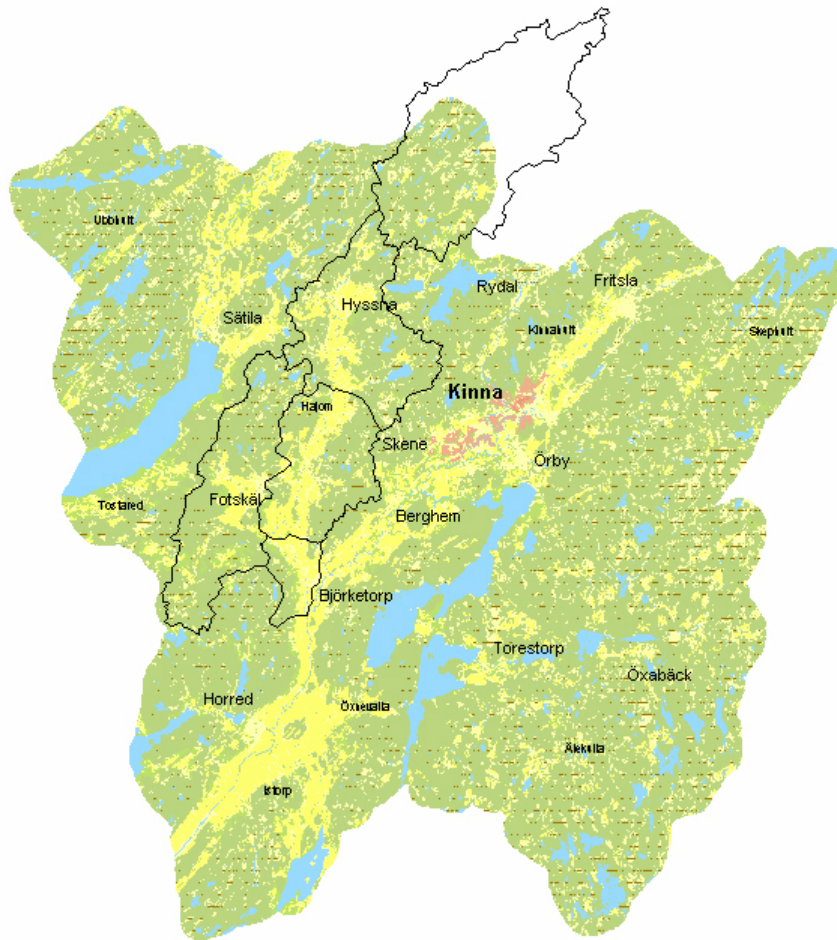
4.1 Områdesbeskrivning

4.1.1 Allmänt

Surtan ligger i Västra Götalands län, i den västra utkanten av sydsvenska höglandet. Surtans sträckning är sydvästlig, från källan i Bollebygds kommun till utloppet i Viskan vid Björketorp, Marks kommun. Större delen av avrinningsområdet – ca 80 % - ligger inom Marks kommun.

Surtans avrinningsområde omfattar ca 213 km². Avrinningsområdet kan delas in i fem delavrinningsområden, som i detta arbete kallas Surtan A, B, C, D och E. Surtan B utgörs av Surtans enda större biflöde, Enån, vilken rinner in i Surtan ca 5 km nordväst om inloppet i Viskan. Surtan A är det sydligaste av delavrinningsområdena; Surtan C, D och E ligger i följd efter Surtan A upp mot åns källa (jmf figur 1).

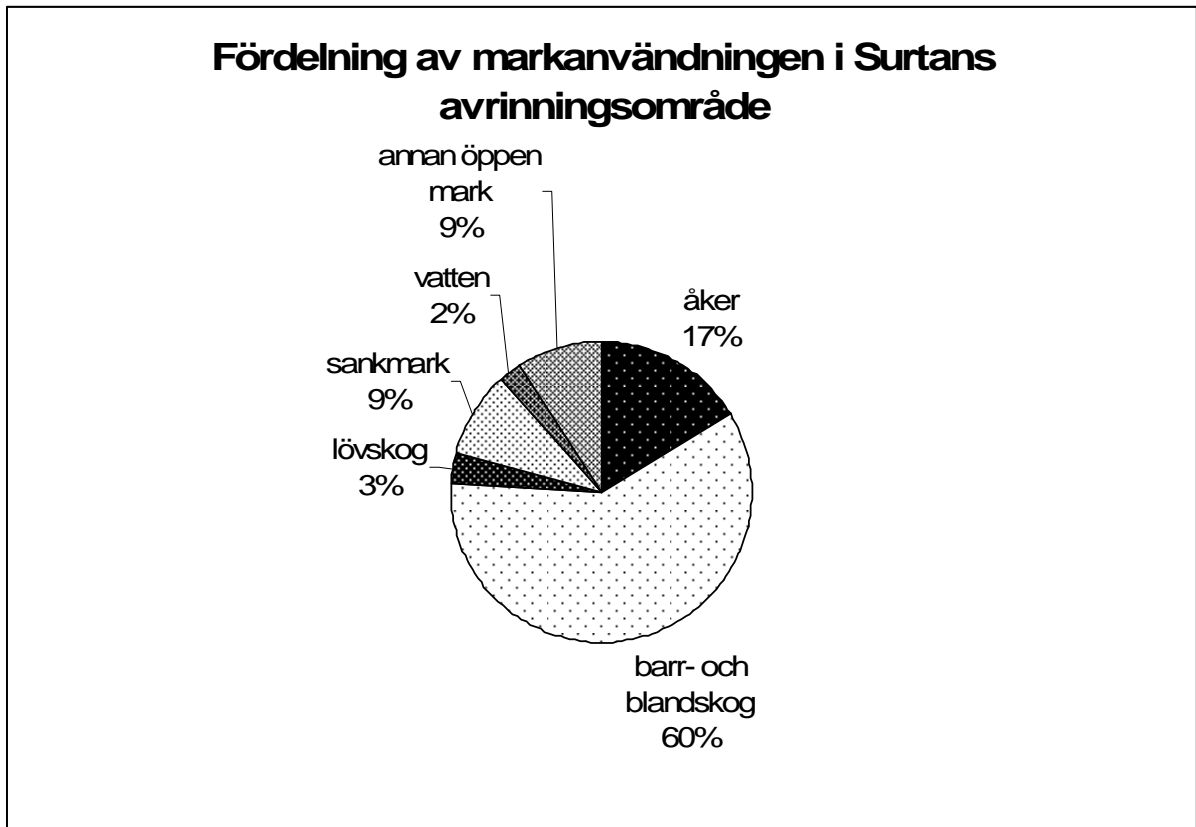
Området är glesbefolkat och innehåller inga större industrier. Det enda större samhället utefter Surtan är Hyssna med 587 invånare (2005). I Hyssna ligger områdets enda större punktkälla för närsalter, Hyssna avloppsreningsverk. Övriga samhällen i området är Fotskäl, Hajom och Surteby, med vardera ca 200 invånare.



Figur 1 – Marks kommun och Surtans avrinningsområde

4.1.2 Markanvändning och geologi

Landskapet är kuperat, med flat mark närmast ån och brantare terräng mot avrinningsområdets kanter. Åker- och betesmarker finns framför allt i anslutning till ån och dess biflöden. Här finns också den största delen av områdets lövskogsbestånd. Barr- och blandskog täcker större delen av övrig mark. Andelen skog ökar ju längre norrut man rör sig utefter Surtan, och även västerut i Enåns avrinningsområde. I Surtan A, det sydligaste av delavrinningsområdena, står lövskog för 25 % av skogsbeståndet, men snittet för Surtans avrinningsområde som helhet ligger på lite drygt 3 %.



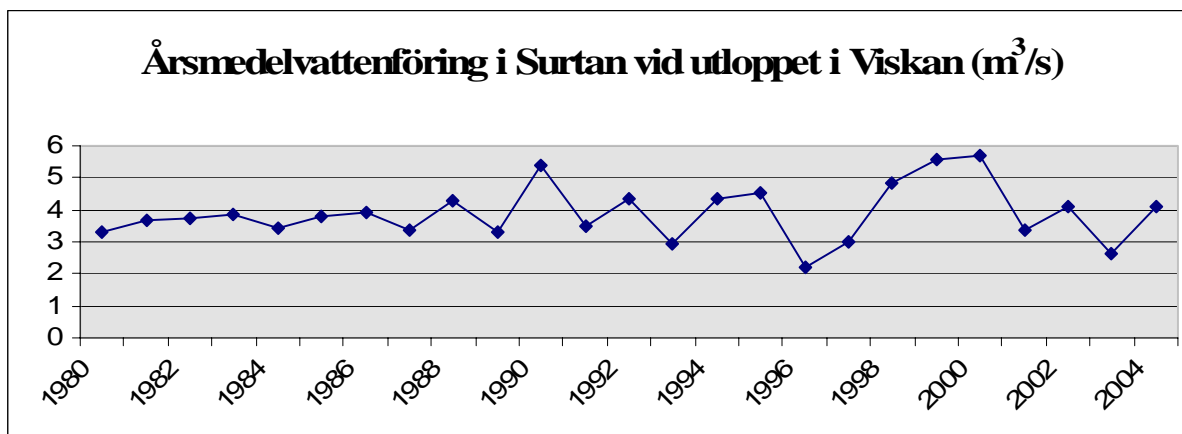
Figur 2 - Markanvändning i Surtans avrinningsområde. Kommentar: Kategorin Annan öppen mark innefattar framför allt hållmark men även tomtmark, bebyggelse m. fl. markanvändningar som omfattar mindre ytor. I kategorin Åker ingår även betesmark.

Surtans avrinningsområde är tämligen sjöfattigt; andelen öppen vattenyta ligger på endast strax över 2 %. Själva åfåran är sjöfri. Det finns desto mer sankmark i området; nästan en tiondel utgörs av myrar, sumpskogar och annan sankmark.

Berggrunden består till stor del av sura bergarter som gnejs och granit. Jordmånen är mager moränmark i de kuperade områdena, medan dalbottenarna utgörs av isälvsmaterial och leror. Åkerjorden består till största delen av siltiga lerjordar i Surtan D och E. Längre söderut ökar lerinslaget, och åkerjorden i Surtan A och C domineras av lerjordar. I Surtan B, Enåns avrinningsområde, är sandinslaget större och åkerjorden här är framför allt sandig lerjord (pers. komm., Mats Engdahl, SGU).

4.1.3 Nederbörd och hydrologi

Området hör till de mest nederbördsrika i Sverige. Årsmedelnederbörden uppgår till ca 850 mm (Alexandersson et al, 1991). Medelvattenföringen i Surtan varierar från ca 2-6 m³/s, med en ökande årsvariation på senare tid (se figur 3). Medelvattenföringen under de senaste 25 åren uppgår till ca 4 m³/s (pers. komm., Dan Hellman, Ist o län). Utifrån nederbörd, area och årsmedelvattenföringen har en genomsnittlig avrinning om 575 mm/år beräknats.



Figur 3 - Årsmedelvattenföring i Surtan.

4.1.4 Naturvärden

Surtan har till större delen ett naturligt, meandrande lopp, med god bottenstruktur och omväxlande lugna och strida partier. Undantaget är Hedån, Enåns ena gren. Hedån rätades ut och reglerades i början av seklet och har inte restaurerats. Surtans omedelbara omgivningar är på flera ställen vegetationsklädda; täcket består av antingen betesmark, skog eller skyddszon. Vissa betesmarker har inte gödslats och hyser därför en skyddsvärd flora. I Surtan finns lax och både havsvandrande och stationär öring. De mest omfattande lek- och uppväxtområdena finns vid Fotskäl, Hyssna och Rya. I Surtan och dess biflöden finns även bestånd av flodpärlmussla, som dock har problem med föryngringen. (Palme, 1991, Egriell, 1997)

4.2 Närsaltssituationen

4.2.1 Nuläge

Surtan har högst fosforhalt av vattendragen i Marks kommun. Kvävehalterna är högre i Viskan norr om Kinna, men Surtan ligger inte långt efter. Både kväve- och fosforhalter är höga enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för miljö kvalitet (Olofsson, 2004, se även Wiederholm, 2000). Arealförlusterna, alltså den mängd närsalter som läcker från marken i Surtans avrinningsområde, uppgår till i genomsnitt 4,8 kg N/ha, år och 0,16 kg P/ha, år (Olofsson, 2004).

Medelhalten i Surtans utlopp åren 2001-2003 var ca 32 µg P/l och ca 1 mg N/l. Största delen av närsaltstillförseln sker efter att Surtan passerat Hyssna - strax norr om Hyssna uppgick fosforhalten under samma period till endast 11 µg P/l och kvävehalten till 0,56 mg/l. Surtans närsaltstransport uppgår idag till 102 ton kväve (N) per år och 3,4 ton fosfor (P) per år. Detta motsvarar ca 10 % av de näringsämnen som Viskan för vidare ut i havet. Vattenflödet i Surtan är dock mindre än 10 % av Viskans vattenflöde; år 2003 utgjorde flödet i Surtan knappt 8 % av Viskans vattenflöde (Olofsson, 2004).

4.2.2 Trender

De senaste 14 åren har sett en minskning av arealförlusterna av fosfor och en ökning av arealförlusterna av kväve i Surtans avrinningsområde. Arealförluster av fosfor har minskat trots ett ökande vattenflöde, vilket tyder på att minskningen beror på aktiva åtgärder mot fosforläckage – se vidare i stycke 4.4. Kväveläckageökningen kan bero på markförsurning och atmosfäriskt nedfall av kväve, framför allt på skogsmark. Skogen filtrerar vanligtvis

större delen av deponerat kväve, men överstiger kvävetillförseln en viss gräns börjar skogsmarken läcka kväve (Nolbrant, 2003).

4.3 Målsscenario

Miljö kvalitetsmålet *Ingen övergödning* har anpassats till förhållandena i Marks kommun. För Surtans del innebär detta att kvävetillförseln till Viskan skall minska med 25 % från 1990 till 2010. Då transporten 1990 uppgick till 116 ton N/år innebär detta att kvävetillförseln inte får överstiga 87 ton N/år år 2010. Dessutom skall arealförluster för fosfor och kväve vara högst "låga" (enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för miljö kvalitet) senast år 2020.

Arealförlusterna får då inte överstiga 2 kg kväve och 0,08 kg fosfor per hektar och år, en minskning med ca 60 % för kväve och 50 % för fosfor. Detta innebär att den totala närsaltstransporten inte får överstiga 42,5 ton N/år och 1,7 ton P/år, en minskning från dagens nivå med 59,5 ton N och 1,7 ton P. Många åtgärder tar upp till 20 år för full effekt på närsaltstransporten; det är därför hög tid att redan idag planera för den omfattande minskning som skall ske till år 2020 (jmf Sonesten et al, 2004).

4.4 Genomförda åtgärder i Surtans avrinningsområde

1996 påbörjades ett projekt kallat Livet i Surtan. Projektet initierades av miljökontoret i Mark och genomfördes av miljökontoret tillsammans med framför allt lantbrukare i området. Projektet syftade till att förbättra vattenkvaliteten i Surtan, speciellt då närsaltssituationen. Det långsiktiga målet var att få tillbaka flodpärlmusslan till Surtan i livskraftiga bestånd. Inom ramen för projektet inventerades samtliga enskilda avlopp i området, information om bl.a. fosforfria disk- och tvättmedel gick ut via livsmedelsaffärer och ett antal åtgärder genomfördes i jordbruket. Avloppsinventeringen kom fram till att 185 avlopp i Surtans avrinningsområde behövde åtgärdas; de berörda avloppen fick krav på åtgärd till 1/1 2000. Det är dock osäkert om dessa avlopp verkligen har åtgärdats då ingen uppföljning skett (pers. komm., Owe Lindner, miljökontoret i Mark). Användningen av fosforfria disk- och tvättmedel uppgår idag till 95 % (pers. komm., Sven-Erik Bergström, miljökontoret i Mark). Jordbruksåtgärderna resulterade i att uppskattningsvis 30 % av jordbruken kring Surtan idag lämnar vändteg mot vattendrag som vårplöjs och vårgödslas, samt vårplöjer svårtillgängliga ytor av typen översvämningssmarker och uddar i Surtan. En något mindre andel konturplöjer marker som sluttar mot ån. Totalt i Surtans avrinningsområde vårplöjs knappt 1 % av åkerarealen. Det är troligt att dessa åtgärder har stor del i den minskning av fosfortransporten som skett på senare år.

Skyddszoner diskuterades också inom ramen för projektet, men då det var oklart hur stor del av Surtans sträckning som inte redan hade någon form av skyddszon sköts frågan på framtiden i väntan på en inventering. Inventeringen har ännu inte utförts.

5 Källfördelning

5.1 Områdesindelning

Surtans avrinningsområde är indelat i fem delavrinningsområden, Surtan A-E (jfr figur 2 och bilaga 2). Källfördelning och kvantifiering av åtgärders effekt har utförts inom och för vart och ett av dessa delavrinningsområden. De fem delavrinningsområdena har även delats upp i ännu mindre avrinningsområden för att möjliggöra modellering av förväntad reningseffekt i våtmarker, här kallade Surtan A 1-7, Surtan B 1-5, Surtan C 1-7 och Surtan D 1-13. I Surtan E har det inte varit aktuellt att anlägga våtmarker. Surtan E har mycket lägre antropogen påverkan på närsaltsflöden än de övriga områdena, och därmed också mycket lägre närsaltshalter i vattendrag. Då källfördelningsresultatet är osäkrare i dessa små avrinningsområden används det källfördelningsresultatet enbart för att uppskatta effekten av våtmarker i landskapet. Den större osäkerheten beror på att mycket bakgrundsdata tappar i precision i de små avrinningsområdena.

5.2 Källfördelningsmodellen

Resultaten från den källfördelning som presenteras här är inte exakta. Både kväves och fosfors kretslopp är komplexa, och påverkas av många parametrar av fysisk, biologisk och kemisk art som varierar från plats till plats. En källfördelning som försöker återge närsaltarnas transport från källa till hav exakt genom precisa mätningar av verkligt läckage och transport kräver så många provpunkter och så långa mätserier att den blir i det närmaste omöjlig att genomföra. Den modell som använts här baseras på grundläggande data om bl.a. markanvändning, jordart, djurtäthet och punktkällor i Surtans avrinningsområde – se vidare under ”Metod” – och ger snarast en fingervisning om de olika närsaltskällornas relativa storlek. Noggrannheten är dock tillräckligt stor för att källfördelningen skall kunna ligga till grund för utformningen av åtgärdsprogram.

5.2.1 Datahantering

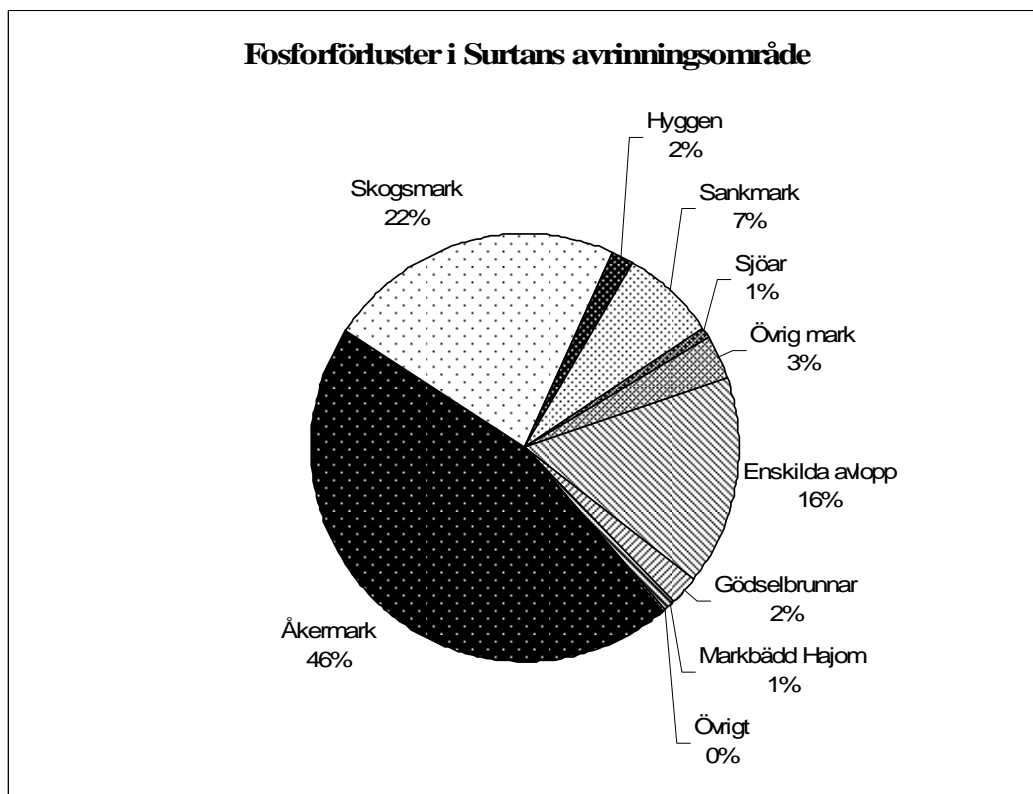
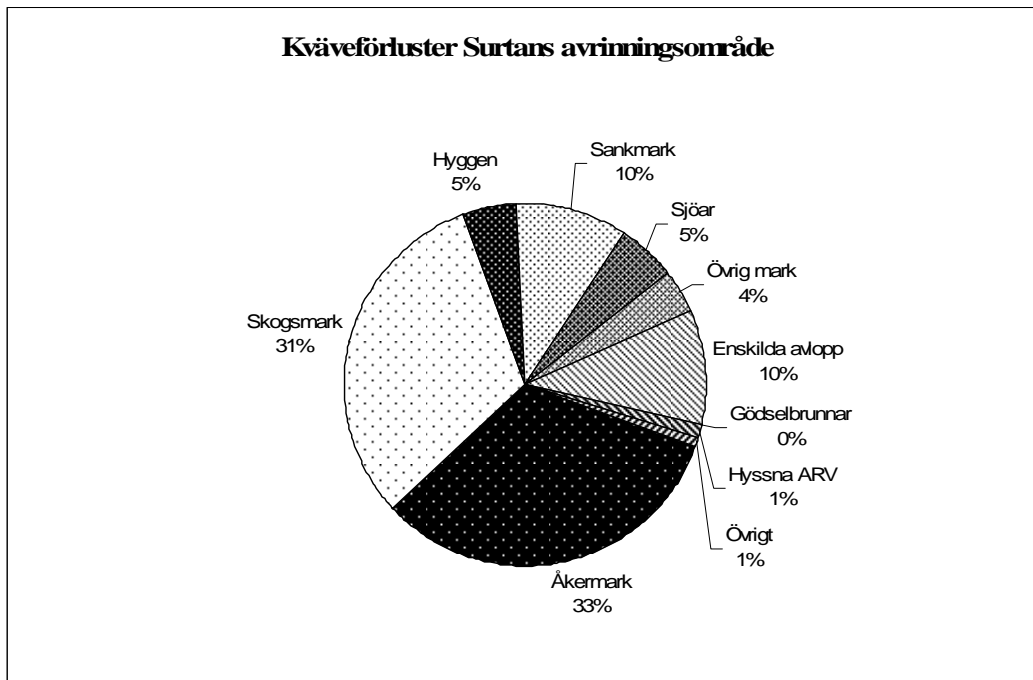
Statistiken som har använts i källfördelningen utgör genomsnitt över längre tidsperioder; vattenflödesvärdena är ett medelvärde över 25 år, de flesta andra siffror utgör medelvärdet under 5-8 år, beroende på vilken statistik som varit tillgänglig. Vissa tidsserier är kortare än statistiken skulle ha tillåtit för att undvika abnorma värden. Källfördelningen återspeglar alltså inte förhållandena idag eller förra året utan är ett normaliserat genomsnitt. Jag har av denna anledning valt att inte ta med effekterna av orkanen Gudrun, som i januari 2005 fällde ca 10 % av skogen i Surtans avrinningsområde och därmed bidrog till en dramatisk ökning av närsaltsläckaget. Stormens uppskattade effekter på närsaltsflödet redovisas kort i stycke 6.2.2.

5.2.2 Resultat

Källfördelningsmodellen uppskattar kväve- och fosforläckaget i Surtans avrinningsområde till 114 ton N/år och 4,3 ton P/år. Den uppmätta närsaltstransporten i Surtans utlopp i Viskan uppgår till 102 ton kväve och 3,4 ton fosfor per år (Olofsson, 2004). Dessa siffror är interpolerade efter månatliga halt- och flödesmätningar och är därför inte helt exakta. Differensen mellan källfördelningsmodellens uppskattning och det uppmätta värdet utgör en uppskattning av retentionen i vattensystemet. Enligt denna uppgår kväveretentionen i Surtan till ca 10,5 % och fosforretentionen till ca 21 %. Kväveretentionen i vattendrag och sjöar i

detta område uppgår generellt till 0-25 % (Arheimer et al, 1997). Motsvarande siffror för fosfor saknas.

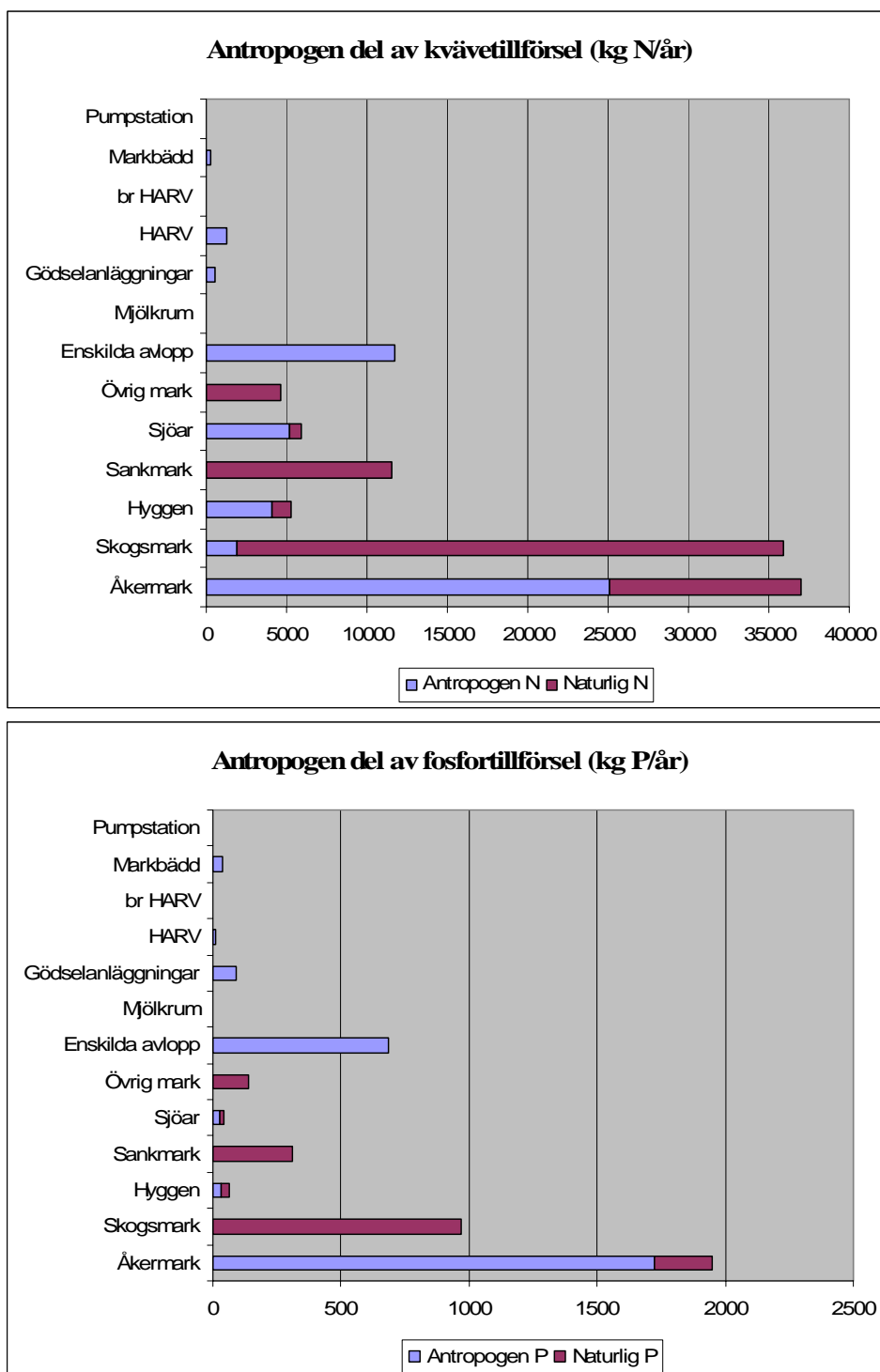
Källfördelningen för Surtans avrinningsområde som helhet redovisas i figur 4-5. Åkermarken är som synes den enskilt största källan till fosforutsläpp (ca 46 %), medan åker och skog står för en lika stor andel av kväveutsläppen (32 %). Sankmark bidrar med ytterligare ca 10 % av kväveläckaget och ca 7 % av fosforläckaget. Enskilda avlopp står för ca 10 % av kväveutsläppen och ca 16 % av fosforutsläppen. Övriga närsaltskällor ger endast mindre bidrag till det totala närsaltsläckaget.



Figur 4 och 5 – Kväve- och fosforförluster i Surtans avrinningsområde fördelade på källa.

5.2.3 Antropogent bidrag

Tittar man enbart på det antropogena bidraget av närsalter blir bilden lite annorlunda (jmf figur 6 och 7). Åkermarken står då för det absolut största närsaltsläckaget, ca 50 % av antropogen kvävetillförsel och ca 67 % av dito fosfortillförsel. Enskilda avlopp står för knappt 24 % av kväveutsläppen och knappt 27 % av fosforutsläppen, och atmosfärisk deposition av kväve på sjö- och vattendragsyta bidrar med ca 10 % av den antropogena kvävetillförseln. Hyggen står för knappt 10 % av den antropogena kvävetillförseln, men endast en liten del av fosfortillförseln. Det antropogena delen av närsaltsläckaget uppgår i Surtans avrinningsområde totalt till 47 % för kväve och 62 % för fosfor.



Figur 6 och 7 – antropogen andel av kväve- och fosfortillförsel i Surtans avrinningsområde.

5.2.4 Åkermarken

Åkermarkens stora betydelse för närsaltsläckaget har flera orsaker. För det första är den mark som odlats upp i allmänhet naturligt näringsrik, vilket leder till en hög naturlig närsaltsutlakning. Utlakningen har dock mångdubblats genom människans aktiviteter (se figur 6 och 7); de mest betydelsefulla av dessa är gödsling och markbearbetning. En välgödslad, plöjd och naken mark läcker mycket mer näring än en ogödslad och bevuxen mark. Dagens obegränsade tillgång till konstgödsel har ökat gödselgivorna jämfört med förindustriell tid. Övergången från djurgödsel till konstgödsel har också inneburit att arealen vall och äng minskat dramatiskt. Vallar och ängar är vintergröna och läcker därför en betydligt mindre mängd näringsämnen än nakna jordar. I Surtans avrinningsområde förefaller det dock som om vall och ängar har besåts med skog snarare än andra grödor, eftersom vallandelen idag ligger så högt som över 40 %. Moderna maskiner har också i grunden förändrat jordbrukets förutsättningar. Våtmarker, som fungerar som naturliga reningsverk, har dikats ut och odlats upp, och mark som tidigare varit otillgänglig på grund av stark lutning har kunnat plöjas upp. Denna mark är erosionskänslig, och erosion är den viktigaste enskilda källan till fosforläckage från åkermark.

Faktorer som påverkar utlakningen från åkermark

Jordart och gröda påverkar storleken på kväveläckaget från åkermark, medan jordart och djurtäthet bestämmer en stor del av fosforläckaget. Grovkorniga jordar binder näringen sämre än finkorniga, varför en större del av närsalterna urlakas ur dessa jordar. Grödor som täcker marken en större del av året minskar kväveläckaget jämfört med snabbväxande grödor. Faktorer som rotdjup och odlingssätt påverkar också kväveläckaget. Av de grödor som odlas på mer än 1 % av åkerarealen i Surtans avrinningsområde är det stråsäd av olika slag som ger den absolut största kväveutlakningen, 34-44 kg N/ha, år, beroende på jordart. Betesmark, vall och gröntträda ger den minsta kväveutlakningen; utlakningen är något högre för gröntträda än för vall eftersom gröntträdan ofta bryts snabbare än vallen. Kväveförlusten uppgår till 6 kg N/ha för betesmark, 6-9 kg N/ha, år för vall och 9-14 kg N/ha, år för gröntträda, beroende på jordart. I Surtans avrinningsområde är en knapp tredjedel av åkern besädd med stråsäd. Ca 20 % av åkerarealen är betesmark och ca 5-6 % ligger i träda. Den dominerande grödan är vall, som växer på över 40 % av åkerarealen. Grödovalen har underordnad betydelse för fosforläckaget, istället är det djurtätheten som är avgörande. Betande och bökande djur ökar slitaget på grässvålen och därmed markens erosionsbenägenhet (Brandt & Ejhed, 2002).

5.2.5 Skogen

Större delen av kväveläckaget från skogsmark har naturliga källor. Endast en mindre del kan tillskrivas mänskliga aktiviteter. Det största antropogena bidraget kommer från atmosfärisk deposition av kväve, eftersom dikning och gödsling knappast förekommer alls i Marks kommun idag (pers. komm., Ingvar Persson, SVS). Fosfortransporten ur skogsmark anses inte påverkas av mänskliga aktiviteter. Hyggen läcker ca 10 ggr mer kväve och ca 2 ggr mer fosfor än växande skog (Brandt & Ejhed, 2002). Det antropogena bidraget till närsaltsläckage från skogsmark kommer därför framför allt från avverkning. Hyggenas närsaltsläckage kan dock vara något överskattat här. Detta beror på att jag har antagit samma läckage från slutavverkning (ca 1 % av skogsarealen per år) och gallringsavverkning (ca 2 % av skogsarealen per år). Gallringsavverkning ger förmodligen inte samma dramatiska utlakningsökning som slutavverkning, eftersom marken fortfarande till viss del är bevuxen av


träd som binder vatten och näring. Jag har dock ingen modell som simulerar effekten av gallringsavverkning.

5.2.6 Avloppssystem

Gamla eller för enkla system för enskilt avlopp släpper ut 85-100 % av näringen i urin och fekalier. Enligt dagens lagstiftning skall nykonstruerade enskilda avlopp hålla en reningsgrad som minst motsvarar slamavskiljning + markbädd. Även dessa system släpper ut mycket näringsämnen, ca 75 % av tillförd N och 50 % av tillförd P. Enskilda avlopp i Surtans avrinningsområde är i snitt till ca 2/3 av godkänd standard. Det är därför inte underligt att enskilda avlopp står för en så stor del av närsaltsläckaget.

5.3 Resultat för Surtans fem delavrinningsområden

Surtans fem delavrinningsområden har olika karaktär. Det är framför allt Surtan E, det nordligaste och största delavrinningsområdet, och Surtan B, Enåns avrinningsområde, som avviker från de övriga fyra. Surtan E och Surtan B har en betydligt mindre åkerandel (3,5 % resp. 12,5 %) än de övriga fyra (18-35 %) och störst andel skog (över 64 %). Detta innebär att Surtan E och Surtan B drar ner snittet för det antropogena bidraget till Surtan väsentligt. Tittar man på de fem delavrinningsområdena separat blir källfördelningsresultatet därför annorlunda.


	SURTAN A							
	<i>Genomsnittlig arealförlust</i>							
	<i>kg N/ha, år</i>				7,58			
	<i>kg P/ha, år</i>				0,37			
<i>Markanvändning</i>	<i>Area, ha</i>	<i>%</i>	<i>N-utsläpp, kg</i>	<i>P-utsläpp, kg</i>	<i>Antropogen N</i>		<i>Antropogen P</i>	
					<i>kg</i>	<i>% av tot</i>	<i>kg</i>	<i>% av tot</i>
Åker	321	35,0	3920	216	2632	37,8	191	55,7
Skog	358	39,0	1095	29,5	57,7	0,8	0	0
Hygge	40	4,4	163	2,0	126	1,8	1,0	0,3
Sankmark	20	2,2	106	2,9	0	0	0	0
Övrig mark	170	18,5	432	13,0	0	0	0	0
Vattenyta	8	0,9	89,5	0,65	78,8	1,1	0,44	0,1
<i>Övriga källor</i>	<i>Antal</i>							
Enskilt avlopp	95		1098	70	1098	15,8	70	20,5
- godkänd standard		62						
- dåliga		29						
- utan rening		9						
Mjölkkor / mjölkrumsläckage	12		0,15	0,0061	0,15	0	0,0061	0
Summa djurenheter / gödselläckage	151,5		56,8	9,09	56,8	0,8	9,09	2,7
Summa Surtan A	917	100	6960,5	343	4049,5	58,2	271,5	79,3

Tabell 1 – markanvändning och närsaltskällor i Surtan A.

Surtan A är det sydligaste av de fem delavrinningsområdena och även det minsta, omfattande ca 4,5 % av Surtans avrinningsområde. Enda större orten i området är Surteby med 192 invånare. Surtan A innehåller inga större punktkällor, men 95 enskilda avlopp varav endast 2/3 håller acceptabel standard. Området domineras av öppen mark och åker – över 1/3 av ytan täcks av åker. Detta gör Surtan A till Surtans åkertätaste delavrinningsområde. Åkerjorden i området är lerjord. Stråså odlas på 30 % av åkermarken, 36 % är vall, 19 % är betesmark och 12 % ligger i träda. Övriga grödor i området uppgår till mindre än 1 % av arealen. 3,1 % av stråsåsarealen besås med fånggrödor efter skörd och 1,7 % av den totala åkerarealen exklusive vall, betesmark och träda värbearbetas. Surtan A har de högsta genomsnittliga arealförlusterna i Surtans avrinningsområde, 7,58 kg N/ha, år och 0,37 kg P/ha, år.

Surtan A har den största andelen antropogent närsaltsläckage i området, ca 58 % för kväve och ca 79 % för fosfor. Åkermarken står för det absolut största bidraget (ca 38 % av tot-N och ca 56 % av tot-P). I området finns även gott om enskilda avlopp; dessa står för ca 16 % av tot-N och knappt 21 % av tot-P. Det enda övriga antropogena bidraget av betydelse är gödselhanteringen, som står för ca 3 % av tot-P. I övrigt har djurhållningen ingen större

påverkan på närsaltsflödet. Surtan A har minst andel skog, och även högst andel lövskog, av de fem delavrinningsområdena. Detta leder till att skogsavverkningens bidrag till närsaltsläckage blir små; närsaltsläckaget från hyggen uppgår till knappt 2 % av kväveförlusterna och en försumbar andel av fosforförlusterna.


	SURTAN B							
	<i>Genomsnittlig arealförlust:</i>							
	<i>kg N/ha, år</i>				5,39			
	<i>kg P/ha, år</i>				0,17			
<i>Markanvändning</i>	<i>Area</i>	<i>%</i>	<i>N-utsläpp, kg</i>	<i>P-utsläpp, kg</i>	<i>Antropogen N</i>		<i>Antropogen P</i>	
					<i>kg</i>	<i>% av tot</i>	<i>kg</i>	<i>% av tot</i>
Åker	592	12,5	8870	331	6498	25,5	285	34,9
Skog	3038	64,1	8650	233	456	1,8	0	0
Hygge	103	2,2	1290	16	996	3,9	7,9	1
Sankmark	551	11,6	2880	78	0	0	0	0
Övrig mark	310	6,5	789	24	0	0	0	0
Vattenyta	81	1,7	883	6,4	777	3,0	4,3	0,5
<i>Övriga källor</i>	<i>Antal</i>							
Enskilt avlopp	188		2097	119	2097	8,2	119	14,5
- godkänd standard		69						
- dåliga		31						
- utan rening		0						
Mjölkkor / mjölkrumsläckage	74		0,95	0,037	0,95	0	0,95	0,1
Summa djurenheter / gödselläckage	151,5		56,8	9,09	56,8	0,2	9,09	1,1
Summa Surtan B	4734	98,6	25516	817	10882	42,6	426	52,2

Tabell 2 – markanvändning och närsaltskällor i Surtan B.

Surtan B utgörs av Enåns avrinningsområde och omfattar ca 1/5 av Surtans avrinningsområde. Enån är Surtans enda större biflöde. I Surtan B finns inga större orter och heller inga större punktkällor, men 188 enskilda avlopp. Endast 2/3 av dessa avlopp håller godkänd standard. Surtan B är till större delen bevuxen med skog. En dryg tiondel av ytan täcks av sankmark och endast 12,5 % är åker. Åkerjorden här är till större delen sandig lerjord. Stråså odlas på 31 % av åkerytan, 40 % är vall, 19 % är betesmark och 8 % ligger i träda. 6,5 % av stråsåsarealen besås med fånggrödor efter skörd, och 3,9 % av den totala åkerarealen exklusive vall, betesmark och träda bearbetas på våren. Arealförlusterna uppgår till 5,39 kg N/ha, år och 0,17 kg P/ha, år.

Det antropogena bidraget till närsaltsläckaget är här relativt litet; ca 43 % av kvävet och ca 52 % av fosfor är av mänskligt ursprung. Även här dominerar det antropogena bidraget av

läckage från åkermarken, men den omfattande beskogningen gör att åkermarkens relativa bidrag är lågt (ca 26 % av tot-N och ca 35 % av tot-P). Den höga andelen skog ger ett stort bidrag från skogsavverkning – 4 % av tot-N och 8 % av tot-P. Det antropogena bidraget till kväveläckage från växande skog når här upp till nästan 2 % av tot-N. Antalet enskilda avlopp är ganska lågt i relation till områdets storlek, varför utsläpp från dessa endast uppgår till 8 % av tot-N och 14,5 % av tot-P. Atmosfärisk deposition av kväve på vattenytor står för ca 3 % av det totala kväveflödet; detta beror inte på att sjöandelen här är speciellt hög (1,7 % av ytan) utan på att den övriga antropogena påverkan är relativt låg. Låg djurtäthet gör att tot-P-bidraget från gödselhanteringen bara uppgår till ca 1 %. Djurhållningen i övrigt spelar ingen större roll för det totala närsaltsläckaget.


	SURTAN C							
	<i>Genomsnittlig arealförlust</i>							
	<i>kg N/ha, år</i>				6,21			
	<i>kg P/ha, år</i>				0,29			
<i>Markanvändning</i>	<i>Area</i>	<i>%</i>	<i>N-utsläpp, kg</i>	<i>P-utsläpp, kg</i>	<i>Antropogen N</i>		<i>Antropogen P</i>	
					<i>kg</i>	<i>% av tot</i>	<i>kg</i>	<i>% av tot</i>
Åker	977	28,2	10740	645	6824	31,7	570	55,9
Skog	1750	50,5	4980	134	334	1,6	0	0
Hygge	59	1,7	742	9,1	574	2,7	4,5	0,4
Sankmark	205	5,9	1072	28,8	0	0	0	0
Övrig mark	394	11,4	1004	30,3	0	0	0	0
Vattenyta	35	1,0	379	2,8	334	1,6	1,9	0,2
<i>Övriga källor</i>	<i>Antal</i>							
Enskilt avlopp	196		2159	100	2159	10,0	100	9,8
- godkänd standard		81						
- dåliga		15						
- utan rening		3						
Mjölkkor / mjölkrumsläckage	250		3,2	0,13	3,2	0	0,13	0
Summa djurenheter / gödselläckage	513		192	30,8	192	0,9	30,8	3,0
Markbädd Hajom			234	37,2	234	1,1	37,2	3,6
Pumpstation Fotskäl			18,5	2,1	18,5	0	2,1	0,2
Summa Surtan C	3467	98,7	21524	1020	10673	49,6	747	73,2

Tabell 3 – markanvändning och närsaltskällor i Surtan C.

Surtan C omfattar ca 1/6 av Surtans avrinningsområde. Här ligger två större orter, Fotskäl och Hajom, vilka har 196 respektive 216 invånare. Surtan C innehåller 196 enskilda avlopp, av vilka 4/5 håller acceptabel standard, samt ytterligare två punktkällor, en pumpstation i Fotskäl och en större markbädd i Hajom. Pumpstationen i Fotskäl pumpar avloppsvatten på väg till Björketorps avloppsreningsverk. Bräddning av orenat avloppsvatten inträffar några gånger per år i samband med driftsstörningar. Bräddningen omfattar i snitt 160 m³ per år. Markbädden i Hajom mottar avloppsvatten från en skola, en förskola och 22 hushåll.

Halva Surtan C är skogsbevuxet; den andra halvan, närmast Surtan, är öppen med ett stort inslag av åker (28 % av ytan). Här, liksom i Surtan A, består åkerjorden till större delen av lerjord. Stråsäd odlas på 25 % av åkerytan, 46 % är vall, 22 % är betesmark och 5,5 % ligger i träda. Fånggrödor odlas på 5,9 % av stråsädsarealen, och 3,4 % av den totala åkerarealen exklusive vall, betesmark och träda bearbetas på våren. Surtan C är, tillsammans med Surtan D, det djurtätaste av de fem delavrinningsområdena med ca 0,15 djurenheter per hektar. Arealförlusterna uppgår till 6,21 kg N/ha, år och 0,29 kg P/ha, år.

Det antropogena bidraget till närsaltsläckaget uppgår här till knappt 50 % för kväve och ca 73 % för fosfor. Även här står åkermarken för det absolut största enskilda bidraget - 32 % av tot-N och 56 % av tot-P. Enskilda avlopp är den näst största antropogena närsaltskällan och står för ca 10 % av kväve- och fosforläckaget. Pumpstationen i Fotskäl står för en obetydlig del av det totala närsaltsläckaget, medan markbädden i Hajom har något större betydelse eftersom ca 1 % av tot-N och knappt 4 % av tot-P kommer härifrån. Gödselhantering står för ca 3 % av fosforläckaget, men djurhållningen i övrigt ger endast ett försumbart bidrag till det totala närsaltsflödet. Det antropogena bidraget till skogens kväveläckage uppgår till 1,6 % av det totala kväveläckaget, hyggen bidrar med ytterligare knappa 3 % av tot-N.


	SURTAN D							
	<i>Genomsnittlig arealförlust</i>							
	<i>kg N/ha, år</i>				6,29			
	<i>kg P /ha, år</i>				0,27			
Markanvändning	Area	%	N- utsläpp, kg	P- utsläpp, kg	Antropogen N		Antropogen P	
					kg	% av tot	kg	% av tot
Åker	809	17,9	10150	633	6913	24,3	571	46,7
Skog	2506	55,4	7135	192	376	1,3	0	0
Hygge	85	1,9	1065	13	822	2,9	6,5	0,5
Sankmark	317	7,0	1660	44,7	0	0	0	0
Övrig mark	513	11,3	1305	39,3	0	0	0	0
Vattenyta	161	3,6	1760	12,8	1549	5,5	8,6	0,7
<i>Övriga källor</i>	<i>Antal</i>							
Enskilt avlopp	332		3781	236	3781	13,3	236	19,3
- godkänd standard		63						
- dåliga		32						
- utan rening		5						
Mjölkkor/ mjölkrumsläckage	358		4,57	0,18	4,57	0	0,18	0
Summa djurenheter/ gödselläckage	667,5		250	40,1	250	0,9	40,1	3,3
Hyssna avloppsreningsverk			1307	11,8	1307	4,6	11,8	1
Bräddning Hyssna avloppsreningsverk			1,4	0,2	1,4	0	0,2	0
Summa Surtan D	4521	97,1	28419	1223	15004	52,8	874	71,5

Tabell 4 – markanvändning och närsaltskällor i Surtan D.

Surtan D omfattar ca 21 % av Surtans avrinningsområde. I Surtan D ligger områdets största samhälle, Hyssna, med 587 invånare. Vid Hyssna ligger Hyssna avloppsreningsverk, som renar avloppsvatten från ca 500 personer (2004). Övriga punktkällor är 332 enskilda avlopp, som till knappt 2/3 håller acceptabel standard.

Surtan D är till stor del täckt med skog. I likhet med Surtan C är området runt Surtan öppet, och där hittar vi det mesta av områdets åkermark och annan öppen mark. Åkerjorden består till största delen av siltig lerjord. Stråsäd odlas på endast 17 % av arealen, 47 % av åkerarealen är vall, 28 % är betesmark och 4 % ligger i träda. Av stråsädsarealen besås 3,9 % med fånggrödor efter skörd, och 2,6 % av den totala åkerytan exklusive vall, betesmark och träda bearbetas på våren. Surtan D är, tillsammans med Surtan C, det djurtätaste av de fem delavrinningsområdena. Även här är djurtätheten ca 0,15 djurenheter per hektar. Arealförlusten uppgår till 6,29 kg N/ha, år och 0,27 kg P/ha, år.

Den antropogena andelen av närsaltsläckaget uppgår till ca 53 % för kväve och ca 72 % för fosfor. Antropogena närsaltsförluster domineras av läckage från åkermark (24 % av tot-N och 47 % av tot-P). Enskilda avlopp står för det näst största bidraget (ca 13 % av tot-N och ca 19 % av tot-P). Den relativt stora andelen sjöar i området – 3,6 % av ytan – medför att atmosfäriskt kvävenedfall får stor betydelse här; antropogent atmosfäriskt kvävenedfall uppgår till ca 6 % av tot-N. Atmosfäriskt nedfall av fosfor är mycket mindre; 0,7 % av det totala fosforflödet härrör från antropogen fosfordeposition. Det mänskliga bidraget till skogens kväveläckage uppgår till 1,5 %; avverkad areal bidrar med ytterligare 3 %. Skogsbruket spelar en mycket liten roll för fosforläckaget. Hyssna avloppsreningsverk står för knappt 5 % av tot-N, men endast 1,0 % av tot-P. Bräddning av avloppsvatten vid Hyssna avloppsreningsverk spelar ingen roll för närsaltsflödet. Gödselhantering står för ca 3,5 % av det totala fosforläckaget; övrig djurhållning har ringa betydelse.

	SURTAN E							
	Genomsnittlig arealförlust							
	<i>kg N/ha, år</i>				4,15			
	<i>kg P/ha, år</i>				0,12			
Markanvändning	Area	%	N- utsläpp, kg	P- utsläpp, kg	Antropogen N		Antropogen P	
					<i>kg</i>	<i>% av tot</i>	<i>kg</i>	<i>% av tot</i>
Åker	264	3,5	3320	125	2260	7,1	105	11,6
Skog	4939	64,5	14050	379	740	2,3	0	0
Hygge	167	2,2	2095	26	1620	5,1	12,8	1,4
Sankmark	1108	14,5	5795	156	0	0	0	0
Övrig mark	442	5,8	1125	34	0	0	0	0
Vattenyta	258	3,4	2825	20,6	2485	7,8	13,8	1,5
<i>Övriga källor</i>	<i>Antal</i>							
Enskilt avlopp	225		2566	161	2561	8,1	161	17,8
- godkänd standard		63						
- dåliga		32						
- utan rening		5						
Mjölkkor / mjölkkrumsläckage	0		0	0	0	0	0	0
Summa djurenheter / gödselläckage	0		0		0	0	0	0
Summa Surtan E	7657	100,1	31776	902	9666	30,4	293	32,3

Tabell 5 – markanvändning och närsaltskällor i Surtan E.

Surtan E utgörs av den norra delen av Surtans avrinningsområde, och sträcker sig en bit in i Bollebygd kommun. Surtan E är det största av de fem delavrinningsområdena och omfattar

ca 35 % av Surtans avrinningsområde. I området finns 225 enskilda avlopp, som till 2/3 håller acceptabel standard. Det finns inga större orter i området.

Surtan E är det mest opåverkade och glesbebodda delavrinningsområde; 66 % av ytan är skog, och endast 3,5 % åker. Sjöarealen uppgår till 3,4 % av ytan. Surtan E har den största andelen sankmark av samtliga delavrinningsområden, 14,5 % av ytan. Åkerjorden består till största delen av siltig lerjord. Stråsåd odlas på endast 17 % av arealen, 47 % av åkerytan är vall, 28 % är betesmark och 4 % ligger i träda. Av stråsådsarealen besås 3,9 % med fånggröda efter skörd, och 2,6 % av den totala åkerarealen exklusive vall, betesmark och träda bearbetas på våren. Området innehåller inte några större djurbesättningar. Den ringa åkerarealen och det låga antalet enskilda avlopp i relation till ytan leder till att den genomsnittliga arealförlusten här är det lägsta i Surtans avrinningsområde, 4,15 kg N/ha, år och 0,12 kg P/ha, år.

Det antropogena bidraget till närsaltsläckaget i Surtan E är lågt, 30 % för kväve och 33 % för fosfor. Enskilda avlopp är här den största antropogena källan till både kväve- och fosforläckage, med ca 8 % av tot-N och 18 % av tot-P. Atmosfärisk deposition av kväve står för den näst största antropogena kvävekällan, 7,8 % av tot-N. Deposition av antropogent fosfor spelar här en viss roll (ca 1,5 %). Även om åkerandelen här är liten är åkermarken den näst största enskilda posten för antropogent fosforläckage, ca 12 % av tot-P. Åkermarken bidrar även med ca 7 % av det totala kväveläckaget. Den antropogena andelen av skogens närsaltsläckage uppgår till 2,5 % av det totala kväveläckaget. Hyggen bidrar med ytterligare 5 % av tot-N och ca 1,5 % av tot-P. Övriga antropogena närsaltskällor är försumbara.

5.4 Diskussion om källfördelningsresultat

5.4.1 Resultatens rimlighet

Surtans avrinningsområde är sjöfattigt, varför en kväveretention om ca 10 % förefaller rimlig. Åtminstone en kvävekälla har dock med säkerhet underskattats. Endast större djurbesättningar har inkluderats i källfördelningen, eftersom statistik saknas om besättningar under ca 10 djur. Detta innebär att en stor del av områdets hästar, och även mindre mjölkko-besättningar, har fallit utanför undersökningen. Närsaltstillskottet från dessa djur skulle dock förmodligen drunkna i det övriga läckaget. Retentionen av kväve i åkermarken, mellan rotzon och närmaste vattendrag, kan också ha överskattats. Markretentionen har satts till 20 % efter Arheimer et al (1997). Detta är dock ett genomsnitt; intervallet ligger mellan 0-25 % i södra Sverige. En överskattad markretention leder till ett underskattat kväveläckage från åkermark. Jag uppskattar resultatens felmarginal till ca +/- 10 %, med tanke på samtliga felkällor, inklusive källfördelningsmodellens generaliseringar.

5.4.2 Antropogent bidrag

Människans bidrag till kväveläckaget är förmodligen något underskattat. Detta beror bl.a. på att källfördelningsmodellen inte kan skilja ut den atmosfäriska depositionen av kväve, som till största delen är antropogen, från det naturliga bakgrundsläckaget från vissa markanvändningstyper. Den antropogena andelen av kväveläckaget ger ändå en uppskattning av övergödningens omfattning. Tidigare utförd källfördelning av närsalter i Surtans avrinningsområde har uppskattat den antropogena andelen kväve till ca 66 %, långt högre än värdena i denna rapport (Nolbrant, 1994). Den främsta förklaringen till detta är att det arbetet antog en mycket högre kväveutlakning ur åkermarken (18,5 kg N/ha, år jmf med ca 10 kg N/ha, år) i enlighet med generella modeller för södra Sverige. Dessa modeller tar dock inte hänsyn till den stora arealen vall, betesmark och träda i Surtans avrinningsområde, och är därför för höga. Även fosforförlusterna från åkermark är väl tilltagna i föregående arbete

jämfört med denna rapport – 0,9 kg P/ha, år jmf med ca 0,5 kg P/ha, år. Även här beror skillnaden på att tidigare arbete använt sig av schablonvärden som inte stämmer med förhållandena i Surtans avrinningsområde.

6 Åtgärder

Detta avsnitt utgör ett försök att kvantifiera effekt av och pris för ett antal olika möjliga åtgärder i Surtans avrinningsområde. Åtgärderna är indelade i tre grupper efter effektuppskattningens säkerhet:

- kategori 1: åtgärder med kvantifierbar effekt, viss osäkerhet
- kategori 2: åtgärder med kvantifierbar effekt, stor osäkerhet
- kategori 3: åtgärder utan kvantifierbar effekt

Den beräknade effekten av samtliga åtgärder är alltså behäftad med viss osäkerhet. Denna osäkerhets ursprung förklaras närmare nedan. Effekten av åtgärder i kategori 1 och 2 redovisas i tabell 7. Kategori 3, åtgärder utan kvantifierbar effekt, redovisas inte närmare.

Grundprincipen bakom alla former av åtgärder mot övergödningen är att antingen minska närsaltskällans storlek eller öka retentionen av närsalter i mark- och vattensystemet. Åtgärder som minskar källans storlek kan sedan delas in i ytterligare två kategorier – minskade punktutsläpp och minskade arealförluster. Ökad retention i vattensystemet åstadkoms genom två typer av åtgärder, skyddszoner längs vattendrag och olika typer av våtmarker. Olika typer av skyddszoner beskrivs dels i stycke 6.2, dels i stycke 6.3.

6.1 Minskade punktutsläpp

De punktutsläpp som är aktuella i Surtans avrinningsområde är utsläpp vid normal drift och bräddning av Hyssna avloppsreningsverk, bräddning av pumpstationen i Fotskäl, utsläpp vid normal drift av markbädden i Hajom, läckage vid gödselhantering och från mjölkkrum samt områdets 505 enskilda avloppssystem.

6.1.1 Hyssna avloppsreningsverk

Åtgärd mot utsläppen från Hyssna avloppsreningsverk presenteras i stycke 6.4.

6.1.2 Gödselhantering och mjölkkrumsavlopp

Läckaget från gödselhanteringen uppskattas till 0,5 % av näringsinnehållet i producerad gödsel. Denna skattning bygger på antagandet att i stort sett alla gödsellagringsytor håller god standard. Det verkliga förhållandet är okänt. Det näringsläckage som beräknats utifrån detta antagande är svårt att minska, eftersom det är praktiskt väldigt svårt att nå ett utsläpp om 0 %. Jag har därför inga åtgärdsförslag riktade mot gödselhanteringen. Mjölkkrumsavlopp står för en försvinnande liten del av närsaltsläckaget i Surtans avrinningsområde, varför inga åtgärdsförslag riktats mot dem.

6.1.3 Enskilda avlopp

Åtgärd mot utsläppen från enskilda avlopp består i upprustning av befintliga avloppssystem. Tre åtgärdsförslag har lagts fram: upprustning av samtliga enskilda avloppssystem så att de håller acceptabel standard (reningsgrad motsvarande åtminstone slamavskiljning och markbädd i enlighet med gällande lag för nya system för enskilt avlopp), upprustning

tillsammans med införande av urinseparering, samt införande av marknadens effektivaste system för enskilt avlopp. De moderna avloppssystemen skiljer sig från markbäddar och infiltrationssystem främst genom mer avancerad kväverening. Enskilda avlopp kan även utnyttjas inte bara för att minska transporten av övergödande ämnen till vattendrag utan också för näringsåterföring, se vidare under rubriken ”Kretsloppspotential”.

Avloppsåtgärdernas effektivitet och cirkapris är lätta att beräkna. Man skall dock komma ihåg att beräkningarna av både utsläpp från de enskilda avloppssystemen och utsläppens minskning genom nya system uppskattats utifrån schablonvärden för människors närsaltsproduktion och olika systems reningsgrad, varför beräkningens lätthet överstiger dess säkerhet. Vid uppskattning av reningsgraden i flera avlopp är detta problem mindre än vid uppskattningar av enstaka avlopp, eftersom schablonvärdena ligger nästan mellan maximi- och minimivärdena. Jag har därför placerat åtgärderna i kategori 1, åtgärder med kvantifierbar effekt, viss osäkerhet.

6.1.4 Övriga punktutsläpp

Övriga punktutsläpp saknar åtgärdsförslag.

6.2 Minskade arealförluster

Det är framför allt i jordbruket, där de största arealförlusterna sker, som olika åtgärder kan införas för att minska läckaget från marken. Även en minskad årlig skogsavverkning kan ge positiva effekter. I övriga områden kan arealförlusterna framför allt påverkas genom en minskad deposition av atmosfäriskt kväve (den atmosfäriska depositionen av fosfor är av mycket liten betydelse).

6.2.1 Åtgärder i jordbruket

Åtgärder i jordbruket innefattar bl.a. sådd av fånggröda efter skörd av huvudgrödan, skyddszoner utmed vattendrag, ökad andel vallodling, vårbearbetning av marken istället för höstbearbetning, konturplöjning, kontrollerad dränering, balanserad gödning osv. Effekterna av de olika åtgärderna ovan är inte lätta att förutsäga, eftersom de är avhängiga förhållanden på plats. De undersökningar som finns från olika områden är inte direkt applicerbara på andra områden p.g.a. skillnader i jordart, jordstruktur, temperatur, halt organiskt material, pH osv. Vissa åtgärder har dock studerats mer än andra, och utsagorna om deras effekt är därför något mer tillförlitliga.

Fånggrödor

Effekten av fånggrödor har i flera arbeten satts till 50 % minskning av kväveläckaget (Sonesten et al, 2004, Wennerblom & Kvarnäs, 1996). Effekten på fosforförlusterna är inte tillräckligt utredd för att kunna kvantifieras. Jag har därför placerat fånggrödor i kategori 1 för kväve och kategori 3 för fosfor.

Skyddszoner

Effekten av skyddszoner är idag inte klarlagd. Vissa undersökningar visar på en omfattande närsaltsretention – 68-90 % minskning av N-läckaget och 90 % minskning av P-läckaget (refererat i Nolbrant, 1994 samt Palme, 1991) – medan andra visar på obetydlig eller negativ effekt på P-läckaget (Ulén, 1997) och åter andra pekar på att skyddszonernas effekt på kväveretentionen är större än effekten på fosforretentionen (Sonesten et al, 2004).

Skyddszonernas effektivitet är tydligen helt beroende av dels skyddszonens utformning, och dels platsens förutsättningar, och det saknas idag tillräcklig kunskap för att förutsäga skyddszoners effekt på ett vederhäftigt sätt. Det är dessutom osäkert hur stor del av Surtans sträckning som saknar någon form av skyddszon idag, se vidare under rubriken ”Genomförda åtgärder i Surtans avrinningsområde”. Projekt våtmarker och skyddszoner inom Gullmarns avrinningsområde (www.foretag.fargelanda.se/vatmark) har dock i sina beräkningar antagit att skyddszoner minskar kväveläckaget med 20 kg/ha, år och fosforläckaget med 15 kg/ha, år. Detta antagande har jag också använt mig av, och redovisat effekten av dels 20 km ny skyddszon, och dels 50 km ny skyddszon. Bredden har antagits uppgå till i snitt 10 meter (stöd utgår med 3000 kr per hektar för skyddszoner mellan 6-20 meters bredd). Jag har placerat skyddszoner i åtgärdskategori 2, dels p.g.a. retentionsuppskattningens osäkerhet, och dels p.g.a. den osäkerhet som finns kring skyddszonernas utsträckning idag.

Vallodling

Vallodling är redan den arealmässigt största användningen av åkermark i Surtans avrinningsområde (ca 40 %). Jag har valt att inte studera effekterna av övergång från stråsädsodling (idag på ca 30 % av arealen) till vallodling, eftersom stråsädens andel av åkerarealen redan är så låg att det förmodligen blir svårt att motivera lantbrukarna som kollektivt att övergå från stråsädsproduktion till djurproduktion. Jag har istället tittat på effekten av att odla vall på de marker som nu ligger i träda i Surtan A och B, de delavrinningsområden med träda på över 5 % av åkerytan. Vallodling läcker ca 1/3 mindre kväve än trädodning. Anledningen till detta är att vallen generellt ligger längre än trädan, vilket leder till att vallen har lägre andel naken mark än trädan. Effekterna på fosfor kan inte beräknas med de modeller jag använt.

Vårbearbetning

Vårbearbetning bör kunna minska närsaltsflödet från åkermarken, speciellt där man kan befara yterrosion. Effekterna på fosforförlusterna är dock helt avhängig jordens struktur och svår att uppskatta. Jordbruksverket har i en uppföljning av jordbrukets miljöstöd redovisat en genomsnittlig minskning av kväveläckaget vid vårbearbetning om 7 kg N/ha i snitt (Sjödahl & Söderberg, 2004). Då Västra Götalands län stod för den minsta utlakningsminskningen av de undersökta länen har jag istället använt mig av antagandet att vårbearbetning minskar kväveläckaget med 5 kg N/ha. Detta värde ger ändå ingen riktigt tillfredställande bild av vilka effekter man kan förvänta sig i Surtans avrinningsområde. Jag har därför placerat vårbearbetning i kategori 2 för kväve och kategori 3 för fosfor

Jordbruk med fosforhänsyn

Ett av åtgärdsförslagen kallas Jordbruk med fosforhänsyn. Denna åtgärd innebär att två eller flera av de okvantifierbara åtgärderna ovan kombineras på åkermarken. Den uppskattade effekten av detta är 10 % reduktion av fosforläckaget (Sonesten et al, 2004). Detta är en väldigt grov siffra, men innebär förmodligen ingen överskattning, varför jag har placerat åtgärden i kategori 1.

6.2.2 Åtgärder i skogsbruket samt effekten av Gudrun

Avverkningen i Surtans avrinningsområde (slutavverkning plus gallringsavverkning) uppgår till ca 3 % av skogsarealen årligen. Jag har uppskattat effekten av att minska slutavverkning och gallringsavverkning med 50 %. Situationen för skogsbruket är dock ganska speciell idag, i efterdyningarna av orkanen Gudrun. Stormen avverkade en betydligt större areal i januari år 2005 än människan brukar – ca 10 % av träden föll. Detta innebär att läckaget från skogen framöver kan förväntas öka med ca 8500 kg N/år och 70 kg P/år, och att människan

förmodligen inte kommer avverka skog på några år. Gudrun har lyfts ut ur modelleringen här, eftersom hon var för extrem för att platsa. Detta innebär dock att uppskattat skogsläckage samt effekter av förändrat skogsbruk blir en akademisk konstruktion utan verklighetsförankring.

6.2.3 Minskad atmosfärisk deposition av kväve

Om miljöarbetet i Sverige och omgivande länder fortskrider i rimlig takt bör kvävedepositionen minska framöver. Jag har därför tagit med effekterna av dels 10 % minskning och dels 50 % minskning av kvävedepositionen. Effekten av den minskade depositionen kan dock med mina modeller bara uppskattas för deposition på sjö- och åtor; minskad atmosfärisk deposition leder också till minskat läckage från andra markanvändningstyper, men detta har jag ingen möjlighet att uppskatta. Jag har placerat ”åtgärden” i kategori 2 eftersom den reella minskningen av kvävedeposition framöver är omöjlig att förutse.

6.3 Våtmarker i landskapet

6.3.1 Våtmarkers effekt

Våtmarker renar kväve genom framför allt biologiska processer och fosfor genom framför allt fysiska processer, särskilt sedimentering. Reningsgraden för kväve ökar med ökande belastning, medan fosforhalten ofta minskar ner till en viss nivå oavsett belastning (Tonderski et al, 2002). Ligger kvävebelastningen vid eller nära våtmarkens egen närsaltsproduktion sker ingen nettoavskiljning av kväve. Våtmarkers kväveproduktion har i Kadlec et al (2000) uppgetts vara ca 1,5 mg N/l. Denna siffra är förmodligen väl hög för att beskriva svenska förhållanden, då fosfor ofta begränsar produktionen i svenska våtmarker (pers. komm., Stefan Bydén). En bakgrundsproduktion på nära 1 mg N/l är dock inte onormal (pers. komm., Karin Tonderski). Våtmarker i landskapet har i källfördelningsmodellen antagits bidra med ca 0,9 mg/l.

6.3.2 Våtmarker i Surtan

Kvävehalten i Surtans utlopp ligger på ca 1 mg/l. Vid så låga halter kan man inte förvänta sig någon nettoavskiljning av kväve i våtmarker. Halten i Surtans utlopp är dock inte representativ för alla vattendrag i området. Bäckar som avvattnar jordbruksmark har högre närsaltshalt, medan bäckar som avvattnar skogsområden har lägre halt. Med hjälp av källfördelningsmodellen har jag uppskattat kväve- och fosforhalter i 32 små vattendrag i Surtans avrinningsområde, jämför karta 1. Den modell jag använt mig av för att uppskatta kväveavskiljningen i våtmarker är bara giltig vid kvävehalter mellan 2-10 mg N/l. Den modell jag använt för att uppskatta fosforavskiljning är bara giltig inom haltintervallet 0,02-20 mg P/l, varför avskiljning i avrinningsområden med lägre fosforhalt än 0,02 mg/l har satts till 0. De båda modellerna har vidare, för att indata skall passa med samtliga giltighetsintervall, krävt olika storlek på våtmarkerna. Fosforretentionen uppskattas för våtmarker om 5 % av avrinningsområdets yta. Kväveretentionen uppskattas för våtmark om 0,1 % av avrinningsområdets yta.

Det är endast ett vattendrag, Surtan B3, som håller tillräckligt hög kvävehalt för att modellen skall kunna uppskatta avskiljningen. Halten i övriga vattendrag är så låg att det är osäkert om en våtmark har någon nettoeffekt på kväveflödet. Förutsatt en storlek om 5 % av avrinningsområdet kan dock en våtmark i alla vattendrag utom tre (Surtan B5, S11 och S13) ha en positiv effekt på fosforretentionen.

Den uppskattade retentionen presenteras i tabell 7, och i större detalj i bilaga 1. Avskiljningens effektivitet skall ses som ett ungefärligt värde; biologiska system är notoriskt svåra att simulera. Modellen är dock så pass tillförlitlig att jag placerar åtgärden i kategori 1.

6.3.3 Kommentarer till våtmarker i Surtans avrinningsområde

Jag vill redan nu passa på att kommentera våtmarkers vara eller icke vara i Surtans avrinningsområde. Med tanke på att närsaltshalterna är så pass låga som de är i Surtans huvudfåra och de flesta biflödena blir avskiljningen i våtmarker där liten eller obefintlig. Sedimentationsfällor av en annan typ än de våtmarker jag beskriver kan ha god effekt på fosfortransporten, men en traditionell våtmark blir orimligt stor – 5 % av avrinningsområdets yta! - om man bara är ute efter fosforretention. Vill man anlägga våtmarker för att minska närsaltsläckaget från åkermark bör man istället koncentrera sig på de dräneringsrör och diken som transporterar ut det mesta av vattnet från åkrarna. Här finner man förmodligen en högre koncentration näringsämnen än jag uppskattat i bäckarna i Surtans avrinningsområde. De typer av våtmarker som kan vara aktuella här är antingen hästskovåtmarker eller olika typer av översilningsängar i kombination med skyddszoner. Med rätt förutsättningar kan man då få en effektiv närsaltsretention, även om jag inte vågar gissa dess storlek.

Större våtmarker är dock värdefulla ur andra aspekter än för närsaltsretention. Våtmarker avskiljer också andra ämnen än kväve och fosfor, t.ex. metaller, organiska föroreningar, partiklar, patogener osv. Dessa har jag inte studerat i mitt arbete, men med tanke på flodpärlmussla och öring kan det finnas en poäng i att försöka minska mängden organiska föroreningar och partiklar i Surtan. Våtmarker är även värdefulla av flera andra anledningar än deras vattenrenande förmåga. De mildrar effekten av högvattenflöden, förbättrar förutsättningarna för ett rikt växt- och djurliv, och kan även ge estetiska mervärden i landskapet. De senare våtmarksvärdena är positiva ur rekreationssynpunkt, vilket i förlängningen även påverkar folkhälsan positivt.

6.4 Våtmark efter Hyssna avloppsreningsverk

Utloppsvattnet från Hyssna avloppsreningsverk har en kvävehalt på i snitt 14,26 mg N/l och en fosforhalt på i snitt 0,131 mg P/l. Jag har uppskattat närsaltavskiljningen i två typer av våtmarker, dels en s.k. FWS-våtmark (Free Water Surface, d.v.s. en våtmark där vattenytan är ovanför markytan), dels en rotzonsanläggning, där vattnet flödar i marken genom en matris av grus och rötter.

Rotzonsanläggningen har den fördelen att den kräver mindre markyta, men i gengäld är den mycket dyrare att anlägga. Reningsgraden är likvärdig i båda typerna, även om en FWS-våtmark generellt har något bättre fosforrening än en rotzonsanläggning. I en rotzonsanläggning sedimenterar fosfor inte i samma utsträckning som i en FWS-våtmark, utan fosfor komplexbinds till Fe-, Al- och Ca-mineral i marken. Fosforreningsförmågan beror därför i hög grad av vilket material som använts till anläggningen. Vanligtvis används material (grus osv.) som inte innehåller någon större mängd Fe, Al och Ca, och fosforreningsförmågan blir därför låg. Det är dock inte fosforflödet ut ur Hyssna avloppsreningsverk som är problematiskt, utan kväveflödet.

I Sverige finns sedan ett antal år fyra stora våtmarker, samtliga av FWS-typ, för efterpolering av avloppsvatten från reningsverk. Dessa är Magle i Hässleholm, Ekeby i Eskilstuna, Alhagen i Nynäshamn och Brannäs i Oxelösund. Erfarenheter härifrån visar på god reningsförmåga. Kvävereduktionen i de fyra våtmarkerna ligger på i snitt ca 40 %; fosforreduktionen uppgår till i snitt ca 60 %, jmf. tabell 6 (Andersson & Kallner, 2002).

Våtmark	Storlek, ha	Flöde, m ³ /d	Uppehållstid	N-belastning, ton/ha, år	P-belastning, kg/ha, år	N-reduktion	P-reduktion
Magle	20	11500	7-8	4,2	33	29 %	30 %
Ekeby	28	46500	6-7	6,3	77	24 %	53 %
Alhagen¹	28	4700	14	1,6	17	69 %	71 %
Brannäs¹	23	4800	8	1,7	30	41 %	90 %
Hyssna		276					

Tabell 6 - översikt över Sveriges fyra stora avloppsvattensvåtmarker. Kommentar 1: Alhagen och Brannäs nyttjas bara sommartid, därav den höga kväveavskiljningen.

Den kväverening jag uppskattat för våtmark efter Hyssna avloppsreningsverk presenteras i tabell 7. Åtgärden placeras i kategori 1.

6.5 Andra åtgärder

Hedån, en av Enåns två grenar, rätades och reglerades vid förra seklets början. En restaurering av Hedån till ett mer naturligt, meandrande lopp skulle förmodligen både minska erosionen från åbrinkar, och därmed fosfor- och partikeltillförseln, och öka retentionen av näringsämnen i ån. Jag kan dock inte uppskatta vilken kvantitativ effekt detta skulle kunna få på den totala närsaltstransporten, inte heller hur mycket det skulle kosta. Åtgärden placeras därför i kategori 3.

6.6 Kretsloppspotential

Fosfor och kväve kan komma att bli en bristvara i framtiden. Det fosfor som ingår i konstgödsel kommer från bergarter som bryts bl.a. i dagbrott i Marocko. Dessa fyndigheter kommer att sina. Kvävet som ingår i konstgödsel framställs genom en enormt energikrävande process där luftkvävet mineraliseras. Med tanke på den stundande oljebristen och klimatteffekterna av dagens energisystem kommer framtiden med största sannolikhet att medföra mycket högre energipriser än vi har idag. Det finns alltså all anledning att inte bara mildra närsaltens effekter på vattenmiljön utan även ta vara på kväve och fosfor. Detta gör man enklast genom att i största möjliga mån begränsa närsaltskretsloppet till den åkernära miljön, antingen genom att samla in näring och återföra den till åkern eller genom att minska läckaget från åkern.

De åtgärder som har störst potential att samla in näring är förbättrade avlopp och våtmarker. Förbättrade avlopp enligt åtgärdsförslaget ovan innebär att alla avlopp åtminstone har slamavskiljning. Enbart slamavskiljning ger dock en stor närsaltsförlust, endast ca 15 % av N och P avskiljs här. Kombinerat slamavskiljningen med kemisk fällning av fosfor (som i moderna avloppssystem) fångar man ca 90 % av fosfor i slammet. Urinseparering ger en ännu högre närsaltvinst; ca 88 % av det kväve och ca 67 % av det fosfor människan producerar lämnar kroppen med urin. För att avloppsslam från enskilda avlopp, eller urin från urinseparerande system, skall kunna brukas i jordbruket krävs en fungerande infrastruktur. Näringen måste på ett vettigt sätt föras från näringsproducent – toaletten – till näringskonsument – åkern. Detta torde dock inte utgöra något praktiskt hinder om vilja ett införa sådana system finns. Slam från enskilda avlopp har den fördelen jämfört med slam från större reningsverk att det inte innehåller gifter från industrin (t.ex. tungmetaller, lösningsmedelsrester, organiska gifter osv.), men använder man sig av kemisk fällning av fosfor får man fällningskemikalier, vanligtvis aluminiumsalter, i slammet. Detta skulle kunna bli ett problem om sådant slam används i stor utsträckning. Vid urinseparering slipper man

förorening av närsalterna. Eventuella patogener försvinner efter ca 6 månaders lagring. Även slammet från Hyssna avloppsreningsverk borde kunna spridas på åkermarken. Det finns inga större industrier i området, varför slammet inte bör vara särskilt förorenat annat än av fällningskemikalier.

I en anlagd våtmark kan man skörda våtmarksvegetationen och får då efter kompostering ett fullgott gödselmedel. Om man jäser, rötar eller bränner skörden får man både ett gödningsmedel (slam/aska) och viss energiproduktion. I en näringsrik våtmark är det teoretiskt möjligt att återvinna upp till 500 kg N, 50 kg P och även 500 kg K per hektar. För att få ekonomi i ett sådant system kan dock våtmarkspotentialen i Surtans avrinningsområde vara för låg (Tonderski et al, 2002).

Ett minskat åkerläckage – som kan åstadkommas genom de åtgärder som gåtts igenom ovan under rubriken ”Minskade arealförluster” – leder inte bara till minskade övergödningseffekter, utan också till att en större mängd näring stannar kvar i marken. Denna näring är visserligen inte till 100 % tillgänglig för växtproduktion, då t.ex. en del av fosfor förmodligen transporteras ner i markprofilen, men utgör ändå en näringsreserv som kan utnyttjas under kommande år. Fånggrödor, som ju tar upp en del näring under sin tillväxt, utgör också i sig en näringsreserv som tas tillvara då fånggrödorna brukas ner i jorden.

6.7 Sammanställning åtgärder

ÅTGÄRD	KOSTNAD (KR PER KG N, P, ÅR)		EFFEKT (KG N, P PER ÅR)											
	N	P	Surtan A		Surtan B		Surtan C		Surtan D		Surtan E		Hela Surtan	
			N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
Kategori 1:														
Fånggrödor på 50 % av stråsådsarealen	60	?	610	?	1250	?	1500	?	1140	?	370	?	4870	?
Fånggrödor på 100 % av stråsådsarealen	60	?	1270	?	2680	?	3190	?	2380	?	780	?	10300	?
50 % jordbruk med fosforhänsyn	?	?	?	4,5	?	7	?	13	?	13	?	3	?	40,5
100 % jordbruk med fosforhänsyn	?	?	?	16	?	24	?	47	?	46	?	9	?	142
50 % minskning av hyggesareal	3800	530000	63	0	498	4	287	2	411	3	809	6	2068	15
Vall på all trädomark	-	-	90	?	180	?	-	-	-	-	-	-	270	?
100 % acceptabla avlopp	720	1400	95	44	120	68	95	46	280	145	195	100	785	403
- och urinseparering	42	690	910	62	1730	102	1780	82	3140	205	2130	140	9690	591
100 % BMT-avlopp	970	10300	605	62	1125	103	1145	83	2060	208	1400	142	6335	598
Våtmarker i landskapet	2,5	2630	?	41	220	230	?	215	?	410	?	?	220	896
Våtmark efter Hyssna avloppsreningsverk	2,5	171	-	-	-	-	-	-	750	11	-	-	750	11
Rotzonsanläggning efter Hyssna avloppsreningsverk	6,5	400	-	-	-	-	-	-	700	11	-	-	700	11
Kategori 2:														
Vårbearbetning, 50 % av arealen	80	?	780	?	1460	?	2430	?	2000	?	640	?	7315	?
Vårbearbetning, 100 % av arealen	80	?	1560	?	2920	?	4860	?	4000	?	1280	?	14620	?
20 km skyddszon	150	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	400	300
50 km skyddszon	150	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1000	750
10 % minskning av atmosfäriskt kväve	-	-	9	-	88	-	38	-	176	-	283	-	594	-
50 % minskning av atmosfäriskt kväve	-	-	45	-	442	-	190	-	880	-	1410	-	2967	-
Summa (max)			3938	119	8670	360	10307	346	11561	675	6409	155	41885	2405

Tabell 7 – sammanställning av åtgärders effekt och kostnad. Kommentar: ? = ingen uppskattning - = inte aktuellt. Redovisade kostnader är inte absoluta uppskattningar – jmf. Metod – Kostnadsberäkning – utan syftar framför allt till att visa på de olika åtgärdernas relativa kostnadseffektivitet

6.7.1 Åtgärdernas effekt

Åkermarken står för det största antropogena närsaltsläckaget i Surtans avrinningsområde, följt av enskilda avlopp. Det är därför inte förvånande att det är åtgärder på dessa områden som kan leda till den största minskningen av läckaget. Fånggrödor och vårbearbetning på minst 50 % av åkerarealen står för den största potentiella kvävereduktionen, följt av antingen urinseparerande avloppssystem eller moderna system för enskilt avlopp med avancerad biologisk rening. Nya avloppssystem har även god effekt på fosforläckaget. Fånggrödor och vårbearbetning minskar förmodligen också fosforläckaget, även om det inte varit möjligt att uppskatta denna effekt. Skyddszoner och minskad hyggesareal har också stor potential att minska närsaltsflödet; minskad hyggesareal skulle dock kosta mycket om man skall ersätta skogsägare för utebliven inkomst. Större våtmarker i Surtans avrinningsområde löser inte övergödningsproblematiken. Den stora minskningen av fosforläckage som går att utläsa ur tabell 7 fordrar väldigt stora våtmarker. Man kan däremot tänka sig att mindre våtmarker, koncentrerade kring åkermarkens dräneringsrör och -diken, kan ha en påtaglig effekt på både fosfor- och kväveläckaget till rimligt pris. En våtmark efter Hyssna avloppsreningsverk har god effekt på både kväve- och fosforläckage därifrån.

De mest kostnadseffektiva åtgärderna är våtmarker, följt av godkända avlopp med urinseparering, fånggrödor, vårbearbetning och skyddszoner.

7 Åtgärdsförslag

Åtgärderna som krävs för att nå miljömålen är så pass omfattande att det inte blir meningsfullt att försöka skilja ut vilka åtgärder som är effektivast i respektive delavrinningsområde. Åtgärds paketet presenteras därför för Surtans avrinningsområde som helhet. För att nå miljömål 2010 kan man använda sig av flera tänkbara kombinationer av åtgärder. Jag presenterar två förslag. Miljömål 2020 kan inte nås genom de åtgärder jag har undersökt, se vidare i stycke 7.1.3.

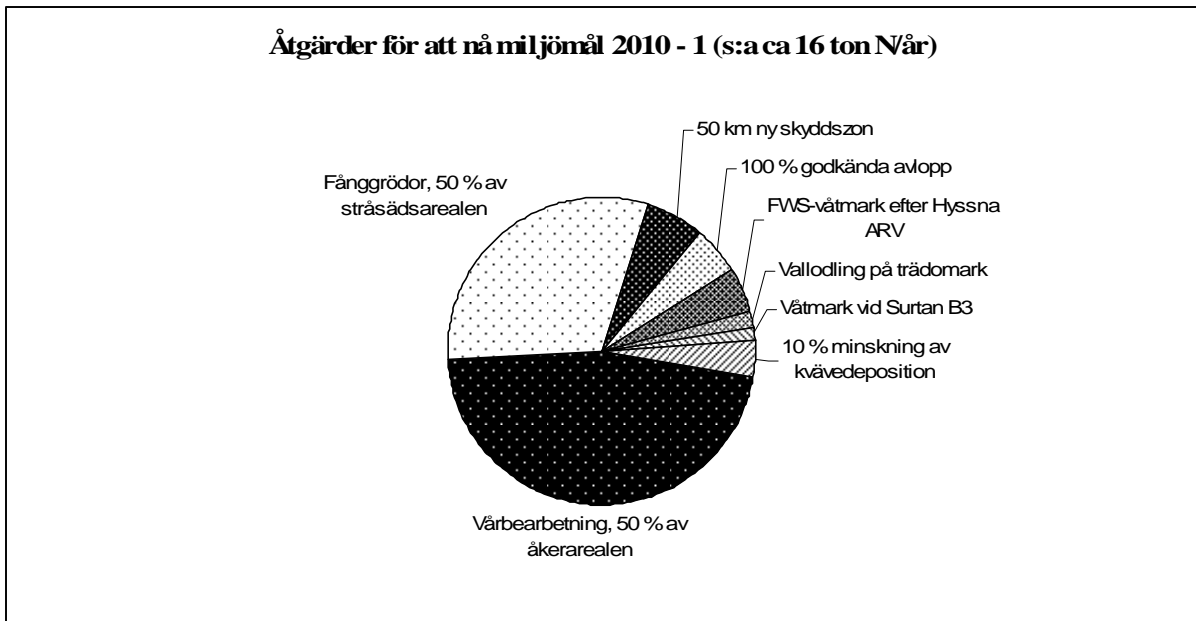
7.1.1 Åtgärdsförslag 2010 - 1

Målet till år 2010 är en minskning av kväveflödet från Surtan till Viskan med 25 % från 1990 års nivå eller ca 15 ton N/år. Förutsatt en minskning av atmosfärisk kvävedeposition om 10 % kan detta uppnås (till ca 98 %) genom t.ex. följande åtgärder (summa ca 16 ton N/år; jmf retention om ca 10 %):

- fånggrödor på 50 % av stråsädsarealen
- vårbearbetning på 50 % av åkerarealen
- 50 km ny skyddszon
- våtmark (FWS) efter Hyssna avloppsreningsverk
- 100 % godkända system för enskilt avlopp
- våtmark vid Surtan B3
- Vallodling på trädomark i Surtan A och Surtan B

Uppskattad kostnad för hela åtgärds paketet är ca 1,5 miljoner kr per år, inklusive kostnaden för att rusta upp dåliga enskilda avlopp. Åtgärderna är genomförbara, även om en ökning av arealen fånggröda och vårbearbetning från dagens 1-3 % till 50 % är dramatisk.

Åtgärderna skulle också minska fosforförlusterna med minst 1150 kg.

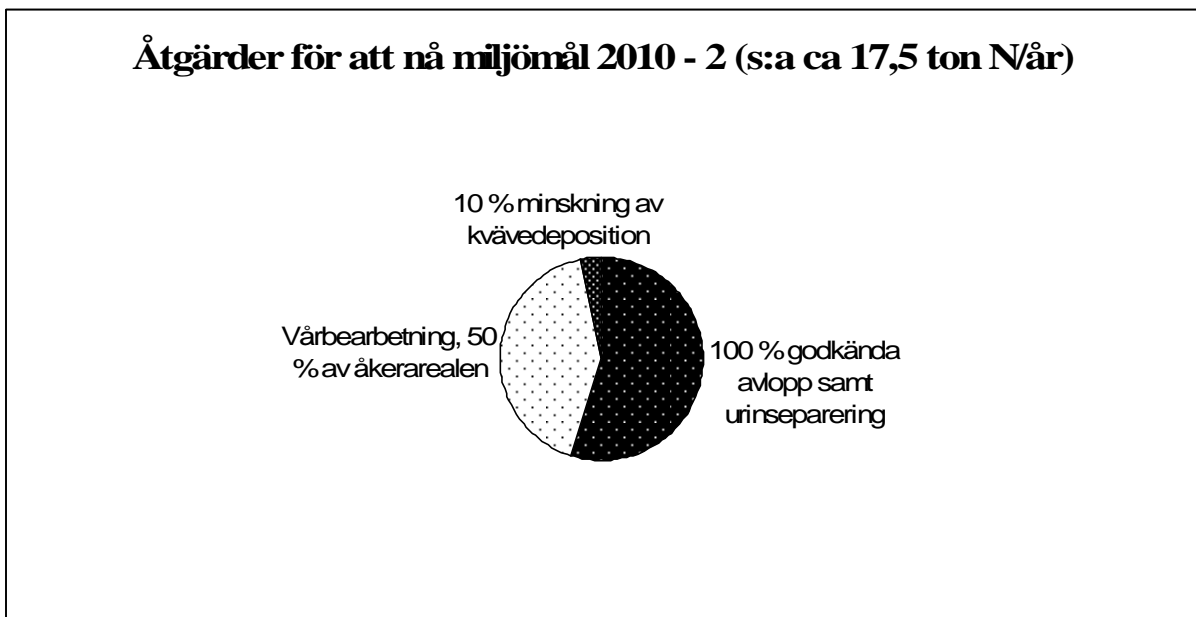


Figur 8 – Åtgärder för att nå miljömål 2010 - 1

7.1.2 Åtgärdsförslag 2010 – 2

Ett annat sätt att nå miljömål 2010 är att införa urinseparering vid samtliga enskilda avlopp, kombinerat med t.ex. vårbearbetning av 50 % av åkermarken. Detta är kanske ett större strukturellt ingrepp, då det kräver en ganska genomgripande förändring av framför allt mäns toalettvanor och en helt förändrad gödselregim för lantbrukarna. Fördelen med detta paket jämfört med 2010 -1 är att detta har en mycket större kretsloppspotential (jmf. stycke 6.6). Åtgärds paketet uppskattas kosta ca 1 miljon kr per år.

Åtgärderna skulle också minska fosforförlusterna med minst 590 kg.



Figur 9 – Åtgärder för att nå miljömål 2010 - 2

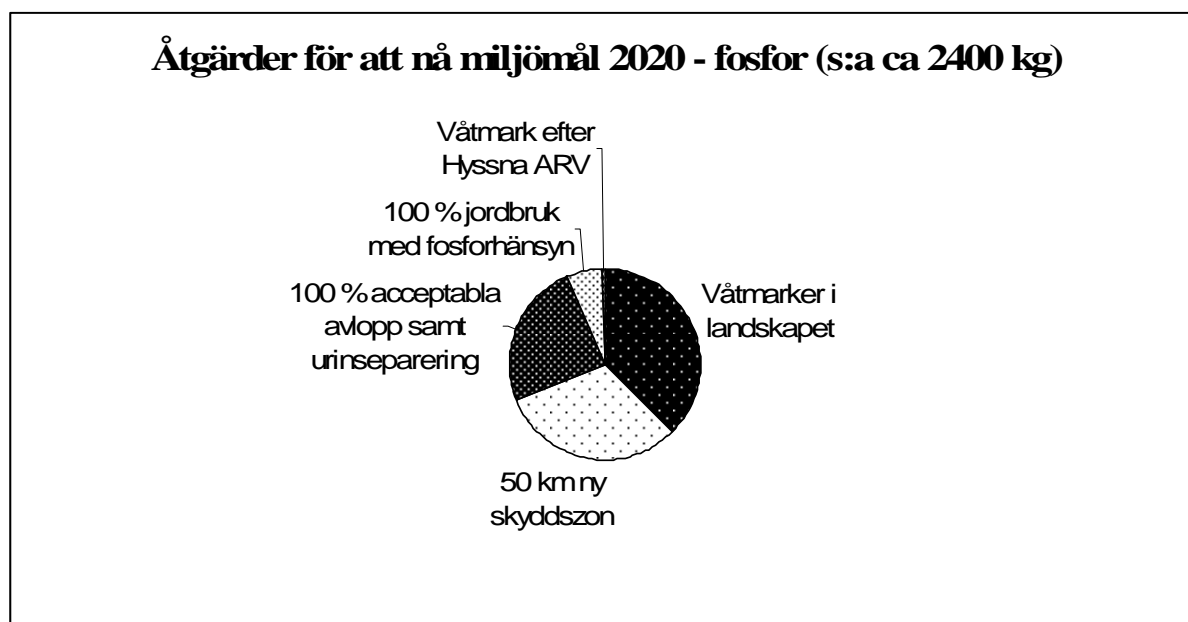
7.1.3 Åtgärdsförslag 2020

Målet till år 2020 är en minskning av arealförlusterna till max 2 kg N/ha, år och 0,8 kg P/ha, år, eller en maximal närsaltstransport om 42,5 ton N och 1,7 ton P. Detta innebär en minskning av närsaltsläckaget med 59,5 ton N/år och 1,7 ton P/år.

Fosfor

Fosforförlusterna kan pressas ner under 1,7 ton/år om samtliga åtgärder med kvantifierbar effekt genomförs, inklusive ett omfattande våtmarksprogram. Den sammanlagda effekten av åtgärderna är en minskning av fosforläckaget med 2,4 ton P/år, vilket vid en fosforretention om ca 20 % blir en minskning av fosfortransporten med ca 1,9 ton P/år.

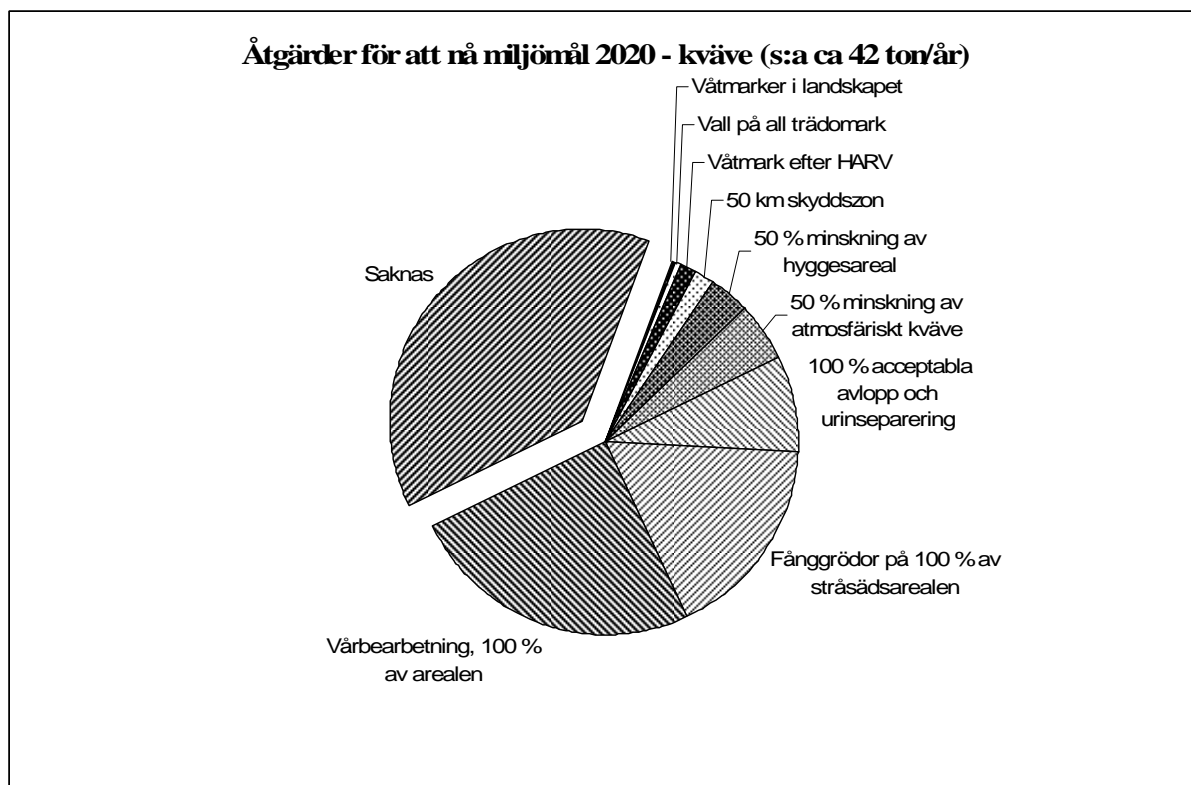
De våtmarker jag har beräknat retention i omfattar 5 % av avrinningsområdenas area. Det borde dock vara möjligt att konstruera effektiva sedimentfällor av annan typ än de jag har modellerat. Uppskattad kostnad för hela åtgärds paketet är ca 3 miljoner kronor per år. Undantar man kostnaden för våtmarker i landskapet (den retention som uppskattas i dessa stora våtmarker borde kunna åstadkommas på billigare sätt genom mindre våtmarker kring åkermarkens dräneringsrör och -diken, samt enklare sedimentfällor) blir kostnaden ca 600 000 kr per år.



Figur 10 – Åtgärder för att nå miljömål 2020, fosfor.

Kväve

Vad gäller kväve räcker inte ens ett fullständigt genomförande av samtliga åtgärder med kvantifierbar effekt för att nå målet. Samtliga åtgärder med kvantifierbar effekt, inklusive en minskning av kvävedeposition om 50 %, minskar kvävetransporten med ca 38 ton (läckageminskning om 42 ton, jmf diagram 10; antaget retention om 10 %) till en kostnad av ca 10 miljoner kr per år. Målet är en minskning om 59,5 ton. Detta betyder dock inte att målet är omöjligt att nå, utan enbart att det inte med dagens kunskap går att förutsäga vilka åtgärder som är tillräckliga för att trygga detta mål. Beräknad naturlig arealförlust av kväve (enligt modell från Wennerblom & Kvarnäs, 1996; den modell jag använt mig av baseras till del på uppmätta halter idag) uppgår till ca 1,8 kg N/ha, år. Arealförluster om 2 kg N/ha, år borde därför kunna nås. Målet ligger dock så nära den naturliga bakgrundsförlusten att väldigt omfattande åtgärder krävs (se vidare under ”Slutsats”).



Figur 11 – Åtgärder för att nå miljömål 2020, kväve

Hänvisning

Jag vill passa på att hänvisa läsaren till ett projekt kallat "Kväve & fosfor till Vänern och Västerhavet" (Sonesten et al, 2002). I detta projekt har man utfört en källfördelning av närsalter i hela Göta Älvs avrinningsområde, samt gett förslag på åtgärder för att minska närsaltsläckaget. Det mest omfattande åtgärdsprogrammet här minskar närsaltstransporten med Göta Älv med knappt 25 % av vardera kväve och fosfor, alltså långt under den minskning om 60 % för kväve och 50 % för fosfor som krävs för att uppfylla Marks miljömål Ingen övergödning för år 2020.

8 Slutsats

Det krävs omfattande åtgärder, framför allt i jordbruket och på avloppssidan, för att Marks kommun skall närma sig miljömålet Ingen övergödning. Det mindre omfattande målet för 2010, en minskning av kvävetransporten i Surtan med 25 % från 1990 års nivå, kan nås med flera olika åtgärds kombinationer (jmf. stycke 7.1.1 och 7.1.2). För att uppfylla miljömål 2020 krävs väldigt stora ansträngningar och målet kan inte nås genom enbart de åtgärder som har studerats i detta arbete. Delmålet för fosfor är möjligt att nå genom att tillämpa alla åtgärder vilkas effekt uppskattats i detta arbete. Delmålet för kväve nås endast till ca 70 % om samtliga åtgärder tillämpas. Om samtliga föreslagna åtgärder genomförs skulle kostnaden bli ca 10 miljoner kr per år, eller ca 2500 kr per person i Surtans avrinningsområde. Det är mycket pengar, men ekonomin är ändå ett mindre hinder. Det största problemet är att många åtgärder kräver en förändrad livsstil och samhällsstruktur – killar måste sitta och kissa, lantbrukare måste odla med begränsningar som påverkar produktiviteten, skogsbruket måste skötas utan dagens avkastningskrav. För att nå målet helt krävs utöver de åtgärder som diskuterats ovan att markanvändningen i Surtans avrinningsområde förändras i grunden. Det är tveksamt om jord- och skogsbruk då över huvud taget kan bedrivas i området, eftersom dessa verksamheter ofrånkomligen leder till omfattande närsaltsläckage. Miljö och samhälle kolliderar

uppenbarligen i denna fråga. Redan det mindre ambitiösa miljömål 2010 kräver stora insatser för att uppnås. Miljömål 2020 innebär en närsaltstransport i Surtan som endast ligger obetydligt över den naturliga bakgrundsbelastningen. Målet kan därför endast nås genom en genomgripande samhällsförändring, som dessutom kräver nya lösningar för livsmedelsproduktion, eftersom förändringen innefattar ett samhälle utan jordbruk. Detta är givetvis en orimlig framtidsvision, men det belyser ändå det centrala problemet; vår samhällsstruktur är i grunden ohållbar. Miljöproblem, som här övergödning, kan inte lösas endast med små insatser inom ramen för vad som är rimligt och genomförbart. En värld som är beboelig även för kommande generationer kräver ansträngningar, uppoffringar och helt nya lösningar. Det är därför bra att miljömål 2020 är så pass högt satt som det är; siktar man mot stjärnorna kommer man förhoppningsvis åtminstone över vattenytan.

8.1 Erfarenheter från Surtans avrinningsområde

Surtans avrinningsområde är glesbefolkat och sjöfattigt, till största delen skogsbevuxet och med ca 17 % åker. Enda större punktkällan i området är Hyssna avloppsreningsverk, men närsaltsbidraget härifrån utgör endast en väldigt liten del av det totala närsaltsflödet. Läckage från åkermark och enskilda avlopp står för den absolut största delen av det antropogena närsaltsläckaget, och det är också på de områdena som åtgärder bör sättas in för bästa effekt. Detta gäller även i andra liknande avrinningsområden.

9 REFERENSER

<http://www.avloppsguiden.se/ordlista.htm> 10/3 2005

<http://www.kompostcenter.se> 19/4 2005

<http://www.foretag.fargelanda.se/vatmark> 28/4 2005

af Petersens, E. **2003**. *Småskaliga avloppsreningsanläggningar – marknadsöversikt över prefabricerade produkter för behandling ”i slutet av röret”*. VA-Forsk rapport nr 7, februari 2003. VA-Forsk, Svenskt Vatten AB, Stockholm. 51 ss.

Alexandersson, H., Karlström, C. & Larsson-McCann, S. **1991**. *Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961-1990. Referensnormaler*. SMHI Meteorologi nr 81. SMHI, Norrköping. 87 ss.

Andersson, J. & Kallner, S. **2002**. *De fyra stora – en jämförelse av reningsresultat i svenska våtmarker för avloppsvattenrening*. VA-forsk 2002-6. Svenskt Vatten AB, Stockholm. 27 ss.

Arheimer, B., Brandt, M., Grahn, G., Roos, E. & Sjö, A. **1997**. *Modellerad kvävetransport, retention och källfördelning för södra Sverige*. SMHI REPORTS HYDROLOGY Nr 13. SMHI, Norrköping. 78 ss.

Brandt, M. & Ejhed, H. **2002**. *TRK Transport – Retention – Källfördelning Belastning på havet*. Naturvårdsverkets rapport 5247. Naturvårdsverket, Stockholm. 88 ss.

Egriell, N. **1997**. *Fiskevårdsplan för Surtan. Inventering av Surtan och dess biflöden med avseende på lax- och öringproduktion*. Miljö i Mark 1997:2. Miljökontoret, Marks kommun. 71 ss.

Eriksson, J., Andersson, A. & Andersson, R. **1999**. *Åkermarkens matjordstyper*. Naturvårdsverkets rapport 4955. Naturvårdsverket förlag, Stockholm. 26 ss.

Eriksson, J., Andersson, A. & Andersson, R. **1997**. *Tillståndet i svensk åkermark*. Naturvårdsverkets rapport 4778. Naturvårdsverket förlag, Stockholm. 59 ss.

Johnsson, H. & Mårtensson, K. **2002**. *Kväveläckage från svensk åkermark – Beräkningar av normalutlakning för 1995 och 1999*. Naturvårdsverkets rapport 5248. CM Gruppen, Bromma. 89 ss.

Kadlec, R.H., Knight, R.L., Vymazal, J., Brix, H., Cooper, P. & Haberl, R. **2000**. *Constructed wetlands for pollution control*. Scientific and Technical Report No. 8, IWA-publishing, Int. Water Assoc., London, UK. 156 ss.

Kärrman, E. **1995**. *Jämförande studier av avloppssystem: en litteraturstudie*. Naturvårdsverkets rapport 4432. Naturvårdsverket, Stockholm. 47 ss.

Löfgren, S. och Olsson, H. **1990**. *Tillförseln av kväve och fosfor till vattendrag i Sveriges inland*. Naturvårdsverket Rapport 3692. Solna, Naturvårdsverket.

Marks kommun. **2000.** *Det uthålliga Mark – lokala miljö kvalitetsmål.* Miljö i Mark, Marks kommun, Kinna.

Marks kommun. **1995-2004.** Förenklad miljörapport, avloppsreningsverk. Gatukontoret, Marks kommun.

Miljömålsrådet. **2004** *Miljömålen når vi dem? de Facto 2004*

Miljövårdsberedningens promemoria 2005:1. **2005.** *Strategi för hav och kust utan övergödning*

Nolbrant, P. **2003.** *Förändringar av arealförluster och halter av fosfor och kväve i Marks kommuns vattendrag 1987-2001.* Miljö i Mark 2003:1. Miljökontoret, Marks kommun. 21 ss.

Nolbrant, P. **1994.** *Näringstillförseln till Viskan vattensystem 1991-1993.* Miljökontoret, Marks kommun. 122 ss.

Olofsson, H. **2004.** *Samordnad recipientkontroll i Viskan 2003.* ALcontrol Laboratories. 108 ss.

Palme, U. **1991.** *Våtmarker som kvävefällor i Marks kommun – bakgrund och åtgärdsförslag.* Miljö i Mark 1991:4. Miljökontoret, Marks kommun. 48 ss.

SGUs jordartskarta från 18??

Sjödahl, M. & Söderberg, T. **2004.** *Tre nya miljöersättningar – Hur blev det? Rapport från Projekt CAP:s miljöeffekter.* Jordbruksverket rapport 2004:5. Jordbruksverket, Jönköping. 84 ss.

SMHI. **1996.** *Svenskt Vattenarkiv. Avrinningsområden i Sverige, vattendrag till Västerhavet.* SMHI Hydrologi, 70. SMHI, Norrköping.

Sonesten, L., Wallin, M. & Kvarnäs, H. **2004.** *Kväve och fosfor till Väner och Västerhavet. Transporter, retention och åtgärdsscenarioer inom Göta älvs avrinningsområde.* Länsstyrelsen i Västra Götalands län rapport nr 2004:33. Ekblad & Co, Västervik. 191ss.

Svensson, J.M., Strand, J., Sahlén, G. & Weisner, S. **2004.** *Rikare mångfald och mindre kväve. Utvärdering av våtmarker skapade med stöd av lokala investeringsprogram och landsbygdsutvecklingsstöd.* Naturvårdsverkets rapport 5362. Naturvårdsverket förlag, Stockholm. 65 ss.

Tonderski, K., Weisner, S., Landin, J. & Oscarsson, H. **2002.** *Våtmarksboken – Skapande och nyttjande av värdefulla våtmarker.* VASTRA rapport 3. Ekblad & Co, Västervik. 270 ss.

Ulén, B., Johansson, G. & Kyllmar, K. **2001.** *Model predictions and long-term trends in phosphorus transport from arable lands in Sweden.* Agric. Water Manage. 49, 197-210.

Ulén, B. **1997.** *Förluster av fosfor från jordbruksmark.* Naturvårdsverkets rapport 4731. Naturvårdsverket förlag, Stockholm. 78 ss.

Wennerblom, T. & Kvarnäs, H. **1996**. *Vattenplanering. Växtnäring: en beräkningsmodell*. Naturvårdsverket rapport 4490. Naturvårdsverket förlag, Stockholm. 9 ss + diskett.

Westling, O., Löfgren, S. & Akselsson, C. **2001**. *Arealförluster från skogliga avrinningsområden i Västra Götaland*. Skogsstyrelsens rapport 2001:2. Skogsstyrelsens förlag, Jönköping. 78 ss.

Wiederholm, T. **2000**. *Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Sjöar och vattendrag*. Naturvårdsverkets rapport 4913. Naturvårdsverket förlag, Stockholm. 100 ss.

10 Bilaga 1 - Metod

10.1 Avrinningsområden och avrinning

Avgränsningen av Surtans avrinningsområde jämte de fem delavrinningsområdena är hämtad från kartor tillhandahållna av Viskans vattenvårdsförbund. Den huvudsakliga källfördelningsmodelleringen är utförd på denna nivå.

PULS-data för vattenflödet finns för endast två punkter i Surtans vattensystem (Olofsson, 2004). Jag har därför antagit att avrinningen är densamma över hela Surtans avrinningsområde, vilket är ett rimligt antagande med tanke på områdets ringa sjöbestånd. Avrinningsberäkningen grundar sig på ett medelvärde för medelvattenföringen åren 1980-2004 (pers. komm., Dan Hellman, länsstyrelsen i Västra Götaland) enligt ekvationen:

$$a = Q_s/A_s * 3153600 \text{ (mm/år)} \quad \text{ekv. 1}$$

där

a = avrinning, mm/år

Q_s = medelvattenflöde i Surtans utlopp i Viskan 1980-2004, m³/s

A_s = Arean för Surtans avrinningsområde, ha

$$3153600 = 60 \text{ s} * 60 \text{ min} * 24 \text{ h} * 365 \text{ d}$$

För att uppskatta anlagda våtmarkers förväntade reningseffekt krävs data om vatten- och närsaltsflöde in i våtmarken. Våtmarker som skall rena vatten från närsalter anläggs vid eller i vattendrag snarare än i utströmningsområden för grundvatten. Jag har därför utifrån topografiska kartans höjdkurvor avgränsat de områden som kan tänkas avvattna de på markanvändningskartan markerade vattendrag som rinner till Surtan eller Hedån. Inom dessa avrinningsområden, vilka har omfattat mellan ca 10-1500 ha, har jag bestämt avrinning samt punkt- och diffusa utsläpp av kväve och fosfor på samma sätt som i de större delavrinningsområdena (se ovan samt nedan under "Källfördelningsmodell"). Utifrån detta har jag kunnat bestämma var våtmarker gör störst nytta, samt vilken nytta de gör. Jag använder dock inte dessa resultat i källfördelningspresentationen då dessa modelleringar innehåller fler förenklingar och osäkerheter än den källfördelningsmodellering som utförts för de fem större delavrinningsområdena.

10.2 Källfördelningsmodell

Källfördelningsmodellen är en uppdaterad version av Tord Wennerblom, länsstyrelsen i Älvsborgs län och Hans Kvarnäs, SLU, källfördelningsmodell (Wennerblom & Kvarnäs, 1996), som i sin tur bygger på Löfgren & Olsson (1990).

Modellen baseras på antagandet att närsaltsflödet i ett avrinningsområde beror av punktutsläpp av närsalter, markanvändning, avrinning och atmosfäriskt nedfall. Dessa parametrar kan beskrivas med hjälp av ett antal relativt enkla samband. Genom detta kan man med modellens hjälp även förutsäga effekterna av t.ex. förändrad markanvändning och minskade eller ökade punktutsläpp.

De förändringar som gjorts i modellen inför detta arbete rör sambanden mellan markanvändning och närsaltsläckage i de fall där nya rön framkommit samt där data specifik

för Surtans avrinningsområde eller Marks kommun i stort varit tillgängliga. Dessa data har ersatt generella antaganden. De olika sambanden och datakällor beskrivs i större detalj nedan.

Marks lokala anpassning av miljö kvalitetsmålet Ingen övergödning sätter 1990 som referensår för framtida kväveförlustminskning. Jag har inga data för transporten av kväve för 1990 i Surtan. Det är heller inte någon större vits med att använda kvävetransporten för ett enskilt år som referens, då den kan skilja sig mycket åt från år till beroende på faktorer som t.ex. nederbördsmängd, tidpunkt för snösmältning osv. Jag har därför använt mig av medelvärdet för åren 1991-1993 som referens. Detta torde väl motsvara normalförhållandet år 1990. Referenstransporten är då 116 ton N/år i Surtans utlopp i Viskan (Nolbrant, 1994). En minskning med 25 % till år 2010 innebär då att transporten inte får överstiga 87 ton N/år.

10.2.1 Diffusa källor

Till de diffusa källorna hör närsaltsförluster från mark samt atmosfärisk deposition av närsalter på vattenyta.

Markanvändningsstatistik

Markanvändningsstatistik har hämtats från markanvändningskartan. Markanvändning i Surtans avrinningsområde som framgår av denna karta är:

- Åker
- Barr- och blandskog
- Lövskog
- Hygge
- Sankmark normal – barrskog
- Sankmark normal – annan öppen mark
- Sankmark svår – barrskog
- Sankmark svår – annan öppen mark
- Vatten
- Annan öppen mark

Källfördelningsmodellen gör inte skillnad på alla dessa typer av markanvändning, varför jag har slagit ihop Barr- och blandskog och Lövskog till Skog, samt de fyra sankmarkstyperna till en, Sankmark. Vidare är bebyggd mark inkluderad i typen Annan öppen mark. Då bebyggelsen i Surtans avrinningsområde är gles eller väldigt gles, torde dock skillnaden mellan arealförlust för bebyggelse och öppen mark spela mindre roll än i t.ex. tätortsområden.

Av någon anledning summerar de olika markanvändningstypernas ytor i ett område inte alltd upp till områdets totala yta. Detta kan eventuellt bero på att MapInfo feltolkar små ytor med låg yta/omkrets-kvot.

Kartbearbetning

Kartmaterialet har bearbetats i MapInfo. De förenklingar av verkligheten som gjorts under kartbearbetningens gång framgår nedan.

Statistik från Jordbruksverket om odlade gröders areal redovisas på församlingsnivå. Surtans fem delavrinningsområden följer inte församlingsgränserna, varför varje delavrinningsområde har ansetts tillhöra den församling där den största delen av dess jordbruksmark ligger.

Grödo fördelningen på jordbruksmarken i delavrinningsområdena har då ansetts motsvaras av grödo fördelningen inom den aktuella församlingen.

Djurtätheten redovisas per fastighet. Om en fastighet med djur sträckt sig över mer än ett delavrinningsområde har djuren fördelats mellan delavrinningsområdena i proportion till fastighetens åkerareal i vardera delavrinningsområde.

Mjölkrum och gödselbrunnar har antagits befinna sig på samma plats som djuren. Hänsyn har inte tagits till mjölkrummens och gödselbrunnarnas verkliga placering.

Fastigheter med enskilt avlopp har placerats i det delavrinningsområde som innehåller 50 % eller mer av fastigheten. Hänsyn har inte tagits till bostadshusets placering på fastigheten.

Kväveförluster från åkermark

Storleken på kväveförlusten från åkermark antas bero av klimat, gödselregim, åkermarkens jordart och vilken gröda som odlas. Sambanden mellan dessa parametrar har tagits fram av en forskargrupp vid SLU (Johnsson & Mårtensson 2002). Uppskattad kväveförlust vid kombinationer av olika parametrar enligt ovan har sammanställts i ett tabellmaterial (Johnsson & Mårtensson, 2002, appendix 3) varifrån data till denna rapport hämtats.

Klimat och gödselregim har i Johnsson & Mårtensson, 2002, hanterats genom att Sveriges åkermark delats in i 22 utlagningsregioner. Dessa baseras på 18 produktionsområden enligt SCBs indelning för redovisning av jordbruksstatistik, vilka har modifierats för att ta hänsyn till skillnader i avrinning mellan olika delar av dessa produktionsområden. I utlagningsregionen har även data rörande temperatur, nederbörd och gödselregim arbetats in. Marks kommun ligger i utlagningsregion 7a, Sydsvenska höglandet, västra delen (Johnsson & Mårtensson, 2002).

Åkermarkens jordart har bestämts med hjälp av statsgeolog Mats Engdahl, SGU, samt Eriksson et al (1999). Jordarten är bestämd för de fem olika delavrinningsområdena, samt för våtmarksdelavrinningsområden där jordarten antagits kunna skilja sig åt från de större delavrinningsområdena enligt äldre kartor. Jordartsbestämningen har gjorts utifrån SGUs ännu ofullständiga jordartskarteringen av Marks kommun. Denna information har sedan jämförts med de fyra mätpunkter i området som ingår i en rikstäckande kartering av åkermarkens tillstånd (Eriksson et al 1997, Eriksson et al 1999, pers. komm., Jan Eriksson).

Uppgifter om vilka grödor som odlats i området kommer från Jordbruksverkets databas IAKS, som innehåller uppgifter om vad som odlats på den areal för vilken produktionsstöd söktes. Detta anses här vara detsamma som hela den odlade arealen. Jag har i modelleringen använt mig av genomsnitt av odlade grödor under åren 1998-2004 för att få en så representativ bild som möjligt. Datan är aggregerad på församlingsnivå, varför manuell interpolering har gjorts för att bestämma vilka grödor som odlats inom de olika delavrinningsområdena (se ovan under "Kartbearbetning").

Det värde som utläses i tabellen i Johnsson & Mårtensson (2002), avser halten eller mängden kväve som når markens rotzon. Markretentionen, d.v.s. den mängd kväve som stannar i marken eller i lokala ytvatten och utströmningsområden för grundvatten mellan rotzon och närmaste vattendrag, ingår inte i denna beräkning. Jag har satt markretentionens storlek till 20

% av bruttobelastningen av kväve i enlighet med Arheimer et al (1997). I uppskattningen av arealförluster från övrig markanvändning ingår markretentionen.

Andel lantbrukare som antas använda sig av fånggrödor, dvs vallodling direkt efter spannmålsskörd, har uppskattats för vart och ett av delavrinningsområde. Fånggrödor antas minska kväveförlusterna från marken med 50 % upp till en maximal minskning av kväveförlusten om 50 % (Sonesten et al, 2004)

Fosforförluster från åkermark

Fosforläckaget från åkermark beror inte så mycket av vilken gröda som odlas. Fosforförluster från åkermark antas istället kunna beskrivas som en funktion av jordart, jordens halt av lösligt fosfor samt mängden betesdjur på åkermarken enligt ekvationen (Brandt & Ejhed, 2002):

$$\text{Fosforförlust} = (-0.0803 + 0.1 * \text{dLD} + 0.003 * \text{Soilsp} + 0.0025 * \text{PHCLss}) * Q \text{ (kg P/km}^2\text{/år)} \quad \mathbf{Ekv 2}$$

där

dLD = antal djurenheter per hektar

Soilsp = $1,250 * (8 * (\text{andel lera i jord}) + 2,2 * (\text{andel silt i jord}) + 0,3 * (\text{andel sand i jord}))$
($\text{m}^2 * \text{m}^{-3} * 10^{-6}$)

PHCLss = mängd med saltsyra urlakningsbar fosfor, mg/100g torr jord

Q = avrinning, mm/år

Jordens halt av lera, silt och sand har uppskattats av statsgeolog Mats Engdahl, SGU, utifrån SGUs ännu ofullständiga jordartskarteringen av Marks kommun. Denna information har sedan jämförts med de fyra mätpunkter i området som ingår i en rikstäckande kartering av åkermarkens tillstånd (Eriksson et al 1997, Eriksson et al 1999, pers. komm., Jan Eriksson). PHCLss har hämtats från bakgrundsmaterialet till Eriksson et al, 1997, och utgör ett medelvärde för de 14 provpunkterna i Marks kommun (Pers. komm., Jan Eriksson.).

I Brandt & Ejhed, 2002, och Sonesten et al, 2004, antas 70 % av de betande djuren beta på åkermark och resten på betesmark. Då betesmarken i min statistik är inräknad i den totala åkerarealen har jag låtit djuren beta jämnt över hela åkerytan.

30 % av lantbrukarna antas bruka jorden med fosforhänsyn (efter enkät; pers. komm. Sven-Erik Bergström)

Kväveförluster från skogsmark

Data om skogsmarkens förlust av $\text{NO}_3\text{-N}$ och $\text{NH}_4\text{-N}$ har hämtats från Westling et al, 2001. Där redovisas beräknade genomsnittliga arealförluster för bl.a. oorganiskt kväve från skog i kommuner i Västra Götalands län, däribland Marks kommun, utifrån uppmätta halter i vattendrag.

Skogsmarkens förlust av organiskt kväve redovisas inte kommunvis i Westling et al, 2001, varför det samband som använts i TRK-projektet använts istället. Förlusten av organiskt kväve antas vara relativt homogen över hela den areal som avvattnas till Västerhavet, och är en funktion av en utlakningskoefficient (0,356 mg N/l) och avrinningen (Brandt & Ejhed, 2002). Skogsmarkens förlust av organiskt kväve beskrivs av ekvationen:

$$\text{Kväveförlust} = 0,356 * Q * A / 100 \text{ (kg org N/år)}$$

ekv. 3

där

0,356 = utlakningskoefficient (mg N/l)

Q = avrinning (mm/år)

A = områdets yta (ha)

Dikad skog anses läcka dubbelt så mycket kväve som odikad skog under fem år efter dikningsföretaget (Wennerblom & Kvarnäs, 1996). Då endast en obetydlig andel av skogen dikas i Mark (1 ha per år) har andel dikad skog satts till 0 i samtliga delavrinningsområden. Areal hygge kommer från Ingvar Persson, Skogsvårdsstyrelsen i Svenljunga. Slutavverkningen ligger på i snitt över tio år 1,09 %; utöver detta gallringsavverkas ca dubbelt så mycket.

Fosforförluster från skogsmark

Skogsmarkens förlust av fosfor redovisas inte kommunvis i Westling et al, 2001, varför jag har använt det grova samband som använts i TRK-projektet. Samma samband användes redan i projektet HAV-90, men har bedömts vara svårt att uppdatera p.g.a. bristande nya dataunderlag (Brandt & Ejhed, 2002). Skogsmarkens förlust av fosfor beskrivs av ekvationen:

$$\text{Fosforförlust} = A * (0,00014 * Q) - 0,00383 \text{ (kg P/år)}$$

ekv. 4

där

A = områdets yta (ha)

0,00014 = utlakningskoefficient

0,00383 = utlakningskonstant

Q = avrinning (mm/år)

Dikad skog anses även läcka dubbelt så mycket fosfor som odikad skog. Effekten kvarstår dock bara under ett år efter dikningsföretaget (Wennerblom & Kvarnäs, 1996, ?). Då endast en obetydlig andel av skogen dikas i Mark (1 ha per år) har andel dikad skog satts till 0 i samtliga delavrinningsområde.

Kväveförluster från hygge

Hyggen läcker mer oorganiskt kväve än skogsmark. Detta har flera orsaker, bland annat nedbrytningen av hyggesrester inklusive rötter i marken och förändrad hydrologi efter avverkning. Data om hyggens förlust av NO₃-N och NH₄-N har hämtats från Westling et al (2001). Genomsnittlig årsavverkning i delavrinningsområde har satts som ett medelvärde av avverkningen i Marks kommun åren 1994-2003 och uppgår till 1,09 % av skogsarealen (pers. komm. Ingvar Persson, Skogsvårdsstyrelsen, Svenljunga distrikt). Avverkningen har antagits vara jämt fördelad över skogsmarken.

Inte heller hyggens förlust av organiskt kväve redovisas kommunvis i Westling et al, 2001, varför jag har använt det samband som används i TRK. Detta är detsamma för hygge som för skogsmark, se **ekv. 3**.

Fosforförluster från hygge

Hyggen antas läcka dubbelt så mycket fosfor som skogsmark. Tre år efter kalavverkning har nyetablerad vegetation återfört läckagets omfattning till det normala för skogsmark (Brandt & Ejhed, 2002). Genomsnittlig årsavverkning i varje delavrinningsområde har satts som ett medelvärde av avverkningen i Marks kommun åren 1994-2003 och uppgår till 1,09 % av skogsarealen (pers. komm. Ingvar Persson, Skogsvårdsstyrelsen, Svenljunga distrikt). Avverkningen har antagits vara jämt fördelad över skogsmarken. Fosforförlusten från hyggen beskrivs av ekvationen (Brandt & Ejhed, 2002):

$$\text{Fosforförlust} = A \cdot (0,00028 \cdot Q) - 0,00766 \text{ (kg P/år)} \quad \text{ekv. 5}$$

där

A = områdets yta (ha)
0,00028 = utlakningskoefficient
0,00766 = utlakningskonstant
Q = avrinning (mm/år)

Kväveförluster från sankmark

Det finns många olika typer av sankmark, allt från fattiga, sura myrar till högproduktiva rikkärr. Kväveförlusterna från dessa olika typer av sankmarker skiljer sig åt i hög grad, men sankmarkers näringsstatus går inte att utläsa ur kartmaterialet, och dessutom finns det inte några vedertagna samband mellan sankmarkers näringsstatus och arealförlusten. Jag har därför antagit att sankmarker, oavsett näringsstatus, läcker lika mycket oorganiskt kväve men dubbelt så mycket organiskt kväve som skogsmark (Brandt & Ejhed, 2002). För förlust av oorganiskt kväve från sankmark används här data från Westling et al, 2001 (jämför ”Kväveförluster från skogsmark” ovan). För förlust av organiskt kväve används ekvationen (Brandt & Ejhed, 2002):

$$\text{Kväveförlust} = 0,77 \cdot Q \cdot A / 100 \text{ (kg org N/år)} \quad \text{ekv. 6}$$

där

0,77 = utlakningskoefficient (mg N/l)
Q = avrinningen (mm/år)
A = områdets yta (ha)

Fosforförluster från sankmark

De olika typer av sankmark som finns i verkligheten, från sura, näringsfattiga myrar till högproduktiva rikkärr, kan inte särskiljas från varandra i kartmaterialet. Även om fosforförlusterna från de olika typerna förmodligen skiljer sig åt i hög grad finns inget vedertaget samband mellan sankmarkers näringsstatus och arealförlusten. Sankmark antas därför läcka ungefär dubbelt så mycket fosfor som skogsmark (Brandt & Ejhed, 2002). Sambandet beskrivs av ekvationen:

$$\text{Fosforförlust} = A \cdot (0,00028 \cdot Q) - 0,00766 - 0,0127 \text{ (kg P/år)} \quad \text{ekv. 7}$$

där

A = områdets yta (ha)
0,00028 = utlakningskoefficient (2*skogsmarkens)
Q = avrinningen (mm/år)
0,00766 = utlakningskonstant (2*skogsmarkens)
0,0127 = sankmarksspecifik utlakningskonstant

Kväveförluster från annan öppen mark

Annan öppen mark innefattar en mängd olika markanvändningstyper, t.ex. betesmark, bebyggelse, vägar, impediment, hållmark, nedlagda åkrar osv. Arealförluster av kväve från hårdgjorda ytor beror av den atmosfäriska depositionen av kväve, men andelen hårdgjord yta i Surtans avrinningsområde är försumbar. I brist på bättre data för arealförluster från denna brokiga markanvändningskategori antas därför att annan öppen mark har samma arealförlust av kväve som skogsmark (Brandt & Ejhed, 2002). Då detta är en schabloniserad bild av verkligheten har jag för kväveförlusten använt mig av ett generellt samband för totalkväveförluster från skogsmark ur Brandt & Ejhed, 2002, istället för platspecifik data från Westling et al, 2001. Ekvationen som beskriver arealförluster av totalkväve från annan öppen mark (Brandt & Ejhed, 2002):

$$\text{Kväveförlust} = 0,4425 * Q * A / 100 \text{ (kg tot-N/år)} \quad \text{ekv. 8}$$

där

0,4425 = utlakningskoefficient (mg N/l)
Q = avrinningen (mm/år)
A = områdets yta (ha)

Fosforförluster från annan öppen mark

Även fosforförluster från annan öppen mark antas vara desamma som från skogsmark (Brandt & Ejhed, 2002). Fosforförlusterna beskrivs därför med **ekv. 4**.

Atmosfäriskt nedfall av kväve på sjöar och vattendrag

Närsaltsbalansen i Surtan påverkas förutom av markens arealförluster även av det direkta atmosfäriska nedfallet av kväve och fosfor på sjöar och vattendrag. Det atmosfäriska nedfallet på land ingår i beräkningarna av arealförluster för de olika markanvändningskategorierna. Uppgifter om atmosfäriskt nedfall av kväve har hämtats från mätningar i Ösjö, Marks kommun. Storleken på nedfallet har i detta arbete satts till ett genomsnitt för åren 1989-2001 och uppgår till 10,96 kg N/ha, år (Nolbrant, 2003). Tillförseln av tot-N via sjöar och vattendrag beräknas med ekvationen:

$$\text{Kvävenedfall} = 10,96 * A \text{ (kg tot-N/år)} \quad \text{ekv. 9}$$

där

10,96 = atmosfäriskt nedfall av N i marks kommun, snitt 1989-2001 (kg N/ha, år)
A = vattenyta (ha)

Atmosfäriskt nedfall av fosfor på sjöar och vattendrag

Det atmosfäriska nedfallet av fosfor uppgår till ca 80 g/ha, år, och härrör framför allt från stoft från åkermark. Nedfallet beräknas till 67 % vara av antropogent ursprung (Wennerblom & Kvarnäs, 1996). Fosfordnedfallet anses vara försumbart i Brandt & Ejhed, 2002, då det utgör en ytterst liten del av det totala fosforflödet. Jag har inte ansett detta vara skäl nog att utesluta detta fosforbidrag från källfördelningen. Tillförseln av fosfor via sjöar och vattendrag beräknas som:

$$\text{Fosfordnedfall} = 0,08 * A \text{ (kg P/år)} \quad \text{ekv. 10}$$

där

0,08 = atmosfäriskt nedfall av P, snitt för landet
A = vattenyta (ha)

10.2.2 Punktkällor:

Hyssna avloppsreningsverk

Hyssna avloppsreningsverk släpper ut 1306,5 kg N/år och 11,79 kg P/år (10-årsmedelvärde, Marks kommun 1995-2004) vid kontinuerlig drift. Till detta kommer utsläpp vid bräddning. Detta utsläpp har beräknats enligt följande formel:

$$\text{Utsläpp av N, P vid bräddning} = C_{in} * \text{bräddvolym} / 1000 \text{ kg N, P/år} \quad \text{ekv. 11}$$

där

C_{in} = halten N, P i vatten in till Hyssna avloppsreningsverk, medelvärde 1995-2004, mg/l
Bräddvolym = volym bräddat avloppsvatten (utsläpp utan behandling) medelvärde 1995-2004, m³

Hajoms markbädd

Markbädden i Hajom tar emot toalett- och BDTavlopp från 22 hushåll samt Hajoms skola och förskola. Närsaltstillförseln från hushållen har beräknats enligt antagandet att hushållen i snitt består av 3 p.e. (Wennerblom & Kvarnäs, 1996) samt att varje p.e. producerar 4,93 kg N och 0,55 kg P per år. Till detta kommer fosfor från fosfathaltiga disk- och tvättmedel, 0,22 kg P/p.e och år (Kärroman, 1995). 95 % av hushållen använder fosforfria disk- och tvättmedel (pers. komm. Sven-Erik Bergström, miljökontoret, Marks kommun).

På skolan och förskolan vistas 108 personer (pers. komm., rektor Hajoms skola). Då skolan stänger för lov en del av året har jag satt antalet p.e. från denna verksamhet till 108*0,66.

Data om markbäddens reningsförmåga kommer från VA- och renhållningskontoret, Marks kommun (Marks kommun, 1995-2004). Då reningsgraden för framför allt N är avsevärt högre i mitten av 90-talet än idag har jag valt att sätta reningsgraden till medelvärdet åren 2001-2004.

Bräddning av avloppsvatten vid pumpstation, Fotskäl

Pumpstationen i Fotskäl hanterar avloppsvattnen till Björketorp avloppsreningsverk från 70 hushåll i Fotskäls samhälle. Vid t.ex. driftstopp i Björketorp avloppsreningsverk bräddas avloppsvattnet vid pumpstationen. Detta innebär att orenat avloppsvatten släpps ut. Det finns inga mätningar på närhaltsinnehåll i det bräddade vattnet, varför jag har beräknat utsläpp av N och P enligt följande formel:

$$\text{Utsläpp av N/P vid bräddning} = Pe * Pe_{\text{prod}} * \text{bräddtid} / 8760 \text{ kg N, P/år} \quad \text{ekv. 12}$$

där

Pe = personekvivalenter, antaget 3 Pe /hushåll (Wennerblom & Kvarnäs, 1996)

Pe_{prod} = närhaltsproduktionen per Pe , år (4,93 kg N, 0,77 kg P minus $0,22 * 0,95$ enligt antagandena att fosforfria disk- och tvättmedel minskar P-prod med 0,22 kg/år (Kärman, 1995) samt att hushållen använder fosforfria disk- och tvättmedel till 95 % (pers. komm. Sven-Erik Bergström, miljökontoret, Marks kommun).

Bräddtid = antal timmar pumpstationen bräddar avloppsvattnet. Jag antar här att avloppsflödet är konstant till mängd och sammansättning över året.

Pumpstationen i Fotskäl bräddar ca 156,5 timmar per år (Förenklad miljörapport, 1995-2003, VA- och renhållningskontoret, Marks kommun).

Enskilda avlopp

Information om områdets enskilda avlopp kommer från en inventering som utfördes av miljökontoret i Mark 1996. Den informationen är i stort sett giltig även idag (pers. komm., Ove Lindner, miljökontoret, Marks kommun). Inventeringen resulterade i en indelning av avloppen i fyra klasser, 1-4, där avlopp i klass 1 var undermåliga och de i klass 4 var godkända. Då inventeringen fokuserade mer på avloppsrecipientens känslighet än avloppens egentliga reningsförmåga har jag klassat om avloppen efter reningsgrad. De fyra avloppsklasser jag har använt mig av är (Wennerblom & Kvarnäs, 1996):

- Avlopp utan rening
- Avlopp med slamavskiljning, 15 % reduktion av N, 15 % reduktion av P
- Avlopp med slamavskiljning och markbädd, 30 % N, 50 % P
- Avlopp med slamavskiljning och infiltration, 30 % N, 95 % P

Avlopp med stenkista har placerats i klassen endast slamavskiljning, då stenkistor inte har tillräckligt hög reningseffekt för att motsvara de krav som ställs på en godkänd infiltrationsanläggning för avlopp (<http://www.avloppsguiden.se/ordlista.htm>). Jag har inte kunnat skilja ut markbäddar och infiltrationsanläggningar, som båda hamnade i klass 4 enligt miljökontorets i Mark inventeringsklassificering, vid den geografiska hanteringen av avloppen. Då markbäddar står för ca 25 % av de godkända avloppen i hela Surtans avrinningsområde har jag antagit att samma proportionalitet gäller i de olika delavrinningsområde.

Inventeringen omfattade dock inte samtliga avlopp i Surtans avrinningsområde, utan endast de som ligger i direkt anslutning till vattendrag. I Surtan E inventerades endast ett avlopp, varför jag har antagit att andelen av olika avloppstyper i Surtan E är fördelade på samma sätt som i Surtan D. Antalet avlopp i de fem del-avrinningsområde har beräknats genom att räkna

antalet fastigheter med bostadshus, och från denna lista subtrahera antalet fastigheter anslutna till det kommunala avloppsnetet. Fritidshus i området har antagits utnyttjas under 10 % av året; information om andelen fritidshus på församlingsnivå kommer från Lantmäteriverket.

Beräkningarna grundar sig på antagandet att varje enskilt avlopp betjänar 3 personer (Wennerblom & Kvarnäs, 1996), och att varje person producerar 4,93 kg N/år och 0,77 kg P/år (Excelblad Bydén). Fosforfria diskmedel antas minska fosforproduktionen med 0,22 kg P/person, år (Excelblad Bydén). Hushållens tvätt- och diskmedelsanvändning antas bestå av 95 % fosforfria disk- och tvättmedel (pers. komm., Sven-Erik Bergström, miljökontoret, Marks kommun).

Mjölkrumsavlopp och övrigt närsaltsläckage från djurhållning

Mjölkrum antas producera 0,1 g N och 1,11 g P per ko och dygn. Vid användning av fosforfria diskmedel försvinner fosforbidraget (Wennerblom & Kvarnäs, 1996). Fosforfria diskmedel antas uppgå till 95 % av den totala diskmedelsanvändningen (pers. komm., Sven-Erik Bergström, miljökontoret, Marks kommun). Alla mjölkgårdar i området har godkända avlopp, men det finns inte information om exakt hur avloppsfrågan lösts på de olika mjölkgårdarna (pers. komm., Teresia Persson, miljökontoret i Mark). Jag har antagit att 50 % av mjölkrumsavloppen leds till gödselbrunnen, och 50 % till avlopp med slamavskiljning och infiltration. Om avloppet leds till gödselbrunnen har utsläpp från mjölkrum satts till 0 medan närsaltstillförseln till gödselbrunnar höjts i motsvarande mängd. Avlopp med slamavskiljare och infiltration har antagits ha samma reningsgrad som motsvarande enskilda avlopp (Wennerblom & Kvarnäs, 1996).

Närsaltsläckage från den del av gödseln som sprids på åkrarna finns inbakat i modellerna för kväve- respektive fosforläckage från åkermark, se ovan. Närsaltstillskott från betande djur har inte beaktats, då markanvändningskartan inte särskiljer betesmark från annan öppen mark. Jag har istället antagit att all gödsel från djur i området har tagits omhand i gödselbrunnar. Gödselbrunnarna antas läcka 0,5 % av sitt näringsinnehåll. Ett års gödsel från en djurenhet antas innehålla 75 kg N och 12 kg P (Löfgren & Olsson, 1990). Djurenheterna definieras enligt tabell 1.

Djurtätheten i de olika områdena har kommunicerats av djurskyddsinspektörer Teresia Persson och Tina Persson, miljökontoret i Mark. Mindre besättningar, om en eller ett par djurenheter, har inte tagits med. Uppgifter om antal hästar i delavrinningsområde är väldigt osäkra, då hästinnehav inte registreras någonstans och därför endast de besättningar som besökts av djurskyddsinspektörerna den senaste tiden tagits med.

Djurslag	Mjölkkö	Ungdjur, nöt	Häst	Sugga	Slaktsvin	Får	Gås/kalkon
Djurenheter	1	0,5	0,5	0,33	0,1	0,1	0,02

Tabell 8 - Förteckning över djurslag och det antal djurenheter de motsvarar (Wennerblom & Kvarnäs, 1996, modifierad). Kommentar: I Wennerblom & Kvarnäs (1996) finns inte gås/kalkon med, men dock höns. Jag har antagit att en gås/kalkon motsvarar två höns.

Uppskattning av naturliga och antropogena källors storlek

Samtliga punktkällor (enskilda avlopp, mjölkrum, gödselbrunnar och reningsverk) räknas som antropogena.

88 % av det atmosfäriska nedfallet av kväve på sjöar räknas som antropogent i enlighet med Wennerblom & Kvarnäs (1996).

Markläckage från åkermark och hyggen räknas som antropogent efter subtraktion av den naturliga bakgrundsbelastningen, dvs. den mängd närsalter marken skulle ha läckt om den inte påverkats av mänskliga aktiviteter. Naturlig bakgrundsbelastning av närsalter från hyggen motsvaras av läckaget från skog (Brandt & Ejhed, 2002). Naturlig bakgrundsbelastning av kväve och fosfor från åkermark motsvaras av läckaget från skog av bonitet I, dvs. bördig skog. Antagandet är här att då åkermark vanligtvis återfinns på jordar som binder mycket näringsämnen, t.ex. lerjordar, skulle marken utan mänsklig påverkan bevuxits av bördig skog. Den naturliga bakgrundsbelastningen från åkermark kan då inte representeras av arealförlusterna från skogsmarken i övrigt i Mark, då den skogen vanligen växer på mindre bördiga jordar. Istället används typhalter för skog bonitet I från Wennerblom & Kvarnäs (1996), vilket innebär att åkermarkens naturliga bakgrundsbelastning uppgår till

$$((0,004005*Q + 0,00279*Q + 0,09852) \text{ kg/ha, år} \quad \text{ekv. 13}$$

där Q = avrinning (mm/år)

Övriga markanvändningars närsaltsläckage anses inte ha påverkats av människan. Detta har visst stöd i Löfgren & Westling (2002) (refererad i Brandt & Ejhed, 2002), där det konstateras att brukad skog i södra Sverige inte läcker mer närsalter än obrukad. Mänsklig påverkan gömmer sig dock ändå i denna naturliga bakgrundsbelastning genom det atmosfäriska nedfallet av kväve. Detta är inbakat i arealförlusterna från alla markanvändningskategorier. Detta innebär att även de referensmarkanvändningar som skall motsvara den naturliga bakgrundsbelastningen innehåller en del av okänd storlek som motsvarar det atmosfäriska nedfallet av kväve, som till 88 % har antropogent ursprung.

10.3 Åtgärdsförslag

10.4 Våtmarker i landskapet

Halterna av kväve och fosfor i vattnet i Surtans avrinningsområde är höga enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för miljö kvalitet (Olofsson, 2004). Halterna av kväve är dock ändå väldigt låga jämfört med halterna i de avrinningsområden där våtmarker anlagts för vattenrening (Tonderski et al, 2002). Detta medför att det inte finns några säkra modeller för att förutsäga reningsgraden för kväve i våtmarker på de flesta ställena i Surtans avrinningsområde. Den modell som närmast beskriver förhållandena i Surtans avrinningsområde är en regressionsformel ur Tonderski et al (2002):

$$\text{Avskiljning} = -198 + 56 * C_{\text{tot-N}} + 682 * Q_{\text{som}}/Q_{\text{år}} + 0,26 * Q_V + 23 D_V \text{ (kg tot-N/ha, år) ekv. 14}$$

där

$C_{\text{tot-N}}$ = årsmedelkoncentrationen av totalkväve i tillrinnande vatten, mg/l.

$Q_{\text{som}}/Q_{\text{år}}$ = kvoten mellan sommertilrinning och årstillrinning av vatten

Q_V = årsmedelvärde för den hydrauliska belastningen på våtmarken (m/år)

D_V = våtmarksdjup

$C_{\text{tot-N}}$ har beräknats med formeln

$$C_{\text{tot-N}} = N_{\text{arealförlust}} * A / Q / 1000 \text{ (mg/l)} \quad \text{ekv. 15}$$

där

$N_{\text{arealförlust}}$ = arealförlusten av kväve för de olika markanvändningstyperna enligt utförd källfördelning, kg/ha

A = respektive markanvändningstyps yta, ha

Q = vattenflöde i avrinningsområde, m³/år

Giltighetsintervallet för $C_{\text{tot-N}}$ ligger mellan 2-10 mg N/l. Halten i Surtans avrinningsområde uppgår till endast 1 mg/l. De andra regressionsformlerna jag har tittat på har tagits fram utifrån än högre $C_{\text{tot-N}}$. Andra modeller jag har hittat (jämför avsnittet Våtmark efter Hyssna avloppsreningsverk) är framtagna för att beskriva reningsgraden i en våtmark som mottar avloppsvatten. Avloppsvatten har, till skillnad från vattnet i landskapet, relativt homogen sammansättning och flöde, varför denna modell inte är applicerbar här. Jag har endast använt modellen för att beskriva förväntad kväverening i det enda av Surtans mindre biflöden med en N-halt på över 2 mg N/l.

Halterna av fosfor är också låga relativt de våtmarker jag har hittat data om (Kadlec et al, 2000). De är dock inte så låga att de faller utanför ramarna för tillgängliga regressionsformler. Fosforretentionen i våtmarker i Surtans avrinningsområde har uppskattats med ekvationen:

$$C_{\text{ut}} = 0,195 * q^{0,53} * C_{\text{in}}^{0,91} \text{ (mg/l)} \quad \text{ekv. 16}$$

där

C_{ut} = koncentrationen av P i utloppsvattnet (mg/l)

q = hydraulisk belastning (cm/d)

C_{in} = koncentrationen av P i inloppsvattnet (mg/l)

C_{in} har beräknats på samma sätt som $C_{\text{tot-N}}$, jmf ovan.

De modeller jag har använt mig av ställer olika krav på våtmarkens storlek. Kvävemodellen kräver en våtmark som inte är större än 0,1 % av avrinningsområde; fosformodellen kräver en våtmark som upptar 5 % av avrinningsområde-ytan. Använder jag mig av samma yta för att beskriva N- och P-avskiljning hamnar jag utanför den åtminstone den ena modellens giltighetsintervall. Jag har därför redovisat två olika typer av våtmarker, en för N-avskiljning och en för P-avskiljning.

10.4.1 Våtmark efter Hyssna avloppsreningsverk

Kvävereringsgraden har uppskattats efter en regressionsekvation i Kadlec et al (2000). Den ser likadan ut för både FWS och rotzonzanläggningar:

$$C_2 = 0,409C_1 + 1,22q \quad \text{ekv. 17}$$

där

C_2 = utloppskoncentrationen av kväve, mg/l

C_1 = inloppskoncentrationen av kväve

q = hydraulic loading rate, cm/d, = A/Q

där

A = våtmarksarea, m^2

Q = avloppsvattenbelastning, m^3/d

Våtmarkens storlek är inte given på förhand. Jag har därför satt q till 0,2 för FWS och 0,7 för rotzonzanläggningar. Dessa q -värden motsvarar regressionsformelns nedre gräns för giltighet, och därför den högsta belastningen som våtmarkerna som ligger till grund för regressionsformeln haft. Då hög belastning ger högre rening har jag valt att dimensionera våtmarken utifrån detta. N.B: Våtmarkerna som ligger till grund för regressionsekvationen kommer från North American Treatment Wetland Database. Korrelationskoefficienterna för denna enkla regressionsmodell är låga, vilket beror på att viktiga faktorer inte ryms i modellen. Resultatet bör därför tas med en nypa salt.

Regressionsekvationen ger en reningsgrad som stämmer väl överens med erfarenheterna från de fyra stora våtmarker som efterpolerar avloppsvatten från reningsverk idag (se Andersson & Kallner, 2002), även om belastningen på våtmarken vid Hyssna avloppsreningsverk blir något högre än vid de fyra stora.

Hyssna avloppsreningsverk renar idag 96,1 % av fosfor i inloppsvattnet. Fällningskemikalier följer troligen med avloppsvattnet ut, varför fosforfällningen kan förväntas fortgå även i våtmarken. Det finns ingen modell som tar hänsyn till effekterna av fällningskemikalier på fosforreningsgraden i våtmarker. Jag har antagit att fosforreningen i våtmarken efter Hyssna avloppsreningsverk är av samma storlek som fosforreningen i Brannäs våtmark, som även den mottar vatten med rester av fällningskemikalier (Andersson & Kallner, 2002). Detta innebär en reningsgrad om 90 %.

10.4.2 Moderna system för enskilda avlopp

I af Petersens (2003) presenteras en genomgång av de prefabricerade produkter för småskalig avloppsrening som finns på marknaden idag. Jag har ur detta material valt ut fyra anläggningar. Urvalet gjordes efter reningförmåga (rening av både N och P var ett krav) och tillförlitligheten av uppskattningen av reningförmågan. De fyra anläggningarna har likartad reningförmåga, och har också testats ordentligt av oberoende organisationer, forskargrupper eller institut i Sverige. För att inte ge något fabrikat otillbörlig uppmärksamhet har jag i presentationen av åtgärdsförslaget presenterat reningsresultat, pris etc. som motsvarar ett

medel av de fyra modellerna. De system för enskilda avlopp som använts som utgångspunkt är:

- Baga RVBK från Alfa Miljöteknik/ Baga International AB
- BioTrap från Ifö Eco Trap Avloppssystem
- Biovac från Miljö & Bioteknik - Biovac
- EkoTreat från EkoTreat, kompletterad med markbädd/infiltration och AquaStone från Green Rock Sverige AB

Den genomsnittliga reningskapaciteten hos dessa anläggningar uppgår till 65 % för kväve och 95 % för fosfor. För mer information hänvisar jag till af Petersens, 2003, samt respektive företag.

10.4.3 Urinseparering

Vid användning av urin som gödningsmedel antas att gödsling med stall- eller konstgödsel minskar i motsvarande grad. Uringödslingen leder således inte till något nettotillskott av gödningsmedel. Därför anses urinsortering motsvara en 100 % rening av de i urin ingående näringsämnen. Urin innehåller 88 % av det kväve och 67 % av det fosfor som lämnar människan på toaletten (Kärman, 1995).

10.4.4 Kostnadsjämförelser

Jag har beräknat kostnaderna för de olika åtgärderna på enklast möjliga sätt, och därför bortsett från t.ex. avskrivningstid och räntor. Detta beror på att kostnaderna är av vitt skilda slag, från statliga stöd för odling av fånggrödor till enskilda fastighetsägares investering i nya avloppssystem. Tar jag hänsyn till ränta och avskrivning för ett nytt avloppssystem måste jag även ta hänsyn till framtida höjningar av statliga miljöersättningar. Detta är svårt, och nyttan av det arbetet motiverar inte mödan.

Våtmarker i landskapet

Uppskattad kostnad för anläggandet av våtmarker i landskapet är hämtad från Svensson et al, 2004, och uppgår till 174 000 kr/ha. Detta är ett medelvärde för ett stort antal våtmarker runt om i Sverige, och inkluderar markersättning m.m. Kostnaden fördelas på 30 år.

Våtmark efter Hyssna avloppsreningsverk

Kostnad för anläggande av FWS-våtmark är hämtad från Kadlec et al, 2000, och är ett genomsnitt av anläggningskostnaderna för ett antal våtmarker i USA. Valutakursen den 19/4 2005 (1 US\$ = 7,06 SKR) har använts för att räkna ut kostnad i svenska kronor. För FWS uppgår anläggningskostnaden till 409 000 kr/ha. En rotzonsanläggning är dyrare att anlägga. En nyligen projekterad rotzonsanläggning i Sverige kostar ca 166 000 kr för 500 m². (pers. komm., Stefan Bydén). Rotzonsanläggningen efter Hyssna avloppsreningsverk skulle bara vara 400 m² stor, varför kostnaden uppskattas till 133 000 kr. Utgifter för markinköp ingår inte i dessa kostnadsuppskattningar. Kostnaden fördelas på 30 år.

Kostnader för nya avloppssystem

Rördragning, grävning och andra anläggningskostnader saknas i uppskattningen av kostnad för olika system för enskilt avlopp då dessa kostnader varierar stort beroende förutsättningarna på platsen. Ett avloppssystem med slamavskiljare och infiltrationssystem kostar ca 12000 kr (pers. komm., Tomas Wallin, Bohus Betong AB). Slamtömning kostar ca 1000 kr per år. De moderna avloppssystem som ingår i rapporten ligger i prisklassen 40000-

70000 kr, med en årlig driftskostnad om 2000-4000 kr (af Petersens, 2003). Jag har i kostnadskalkylen antagit en genomsnittlig inköpskostnad om 60000 kr och en genomsnittlig driftskostnad om 3000 kr. Urinseparerande toalettstol kostar ca 4000 kr (www.kompostcenter.se). Tank för lagring av urinen kostar ytterligare ca 2000. Slamtömningen antas bli gratis, då slammet förutsätts hämtas av lantbrukare för spridning på åker. Kostnaderna fördelas på 30 år.

Kostnad för fånggrödor, vårbearbetning och skydds-zoner

Den miljöersättning som utgår till lantbrukare för odling av fånggrödor, vårbearbetning och anläggande av skydds-zoner skall motsvara lantbrukarens verkliga kostnader (inklusive inkomstbortfall). Kostnaden för åtgärderna har därför satts lika med miljöstödet storlek, vilket uppgår till 900 kr/ha, år för fånggröda, 400 kr/ha, år för vårbearbetning och 3000 kr/ha, år för skydds-zoner.

Kostnad för minskad hyggesareal

Kostnaden för att minska avverkningen med 50 % har ansetts motsvaras av priset för virket som ej avverkas. Produktionen har antagits uppgå till 280 m³ per hektar, plus 70m³ per hektar vid gallringsavverkning. Priset vid försäljning på rot har antagits vara 300 kr/m³, vilket motsvarar priset innan stormen Gudrun (pers.komm., Ingvar Persson, SVS Svenljunga). Kringkostnader (plantinköp, plantering osv) har antagits till 50 kr/m³.

Kostnad för övriga åtgärder

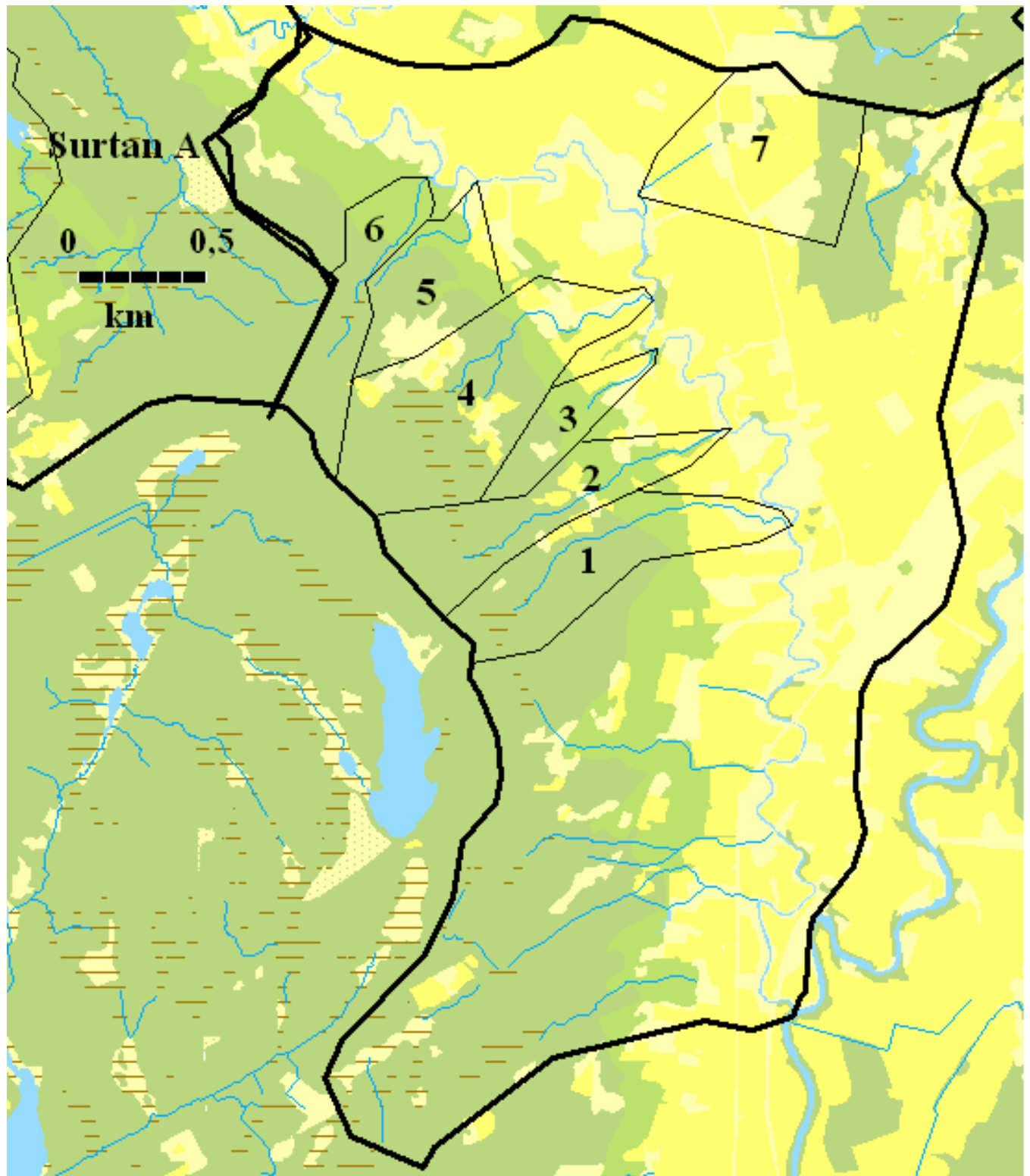
Kostnader för minskat atmosfäriskt nedfall av kväve har inte beräknats. Jordbruk med fosforhänsyn är inte preciserat, varför kostnader inte kan beräknas. Vallodling på trädomark har inte ansetts medföra någon merkostnad.

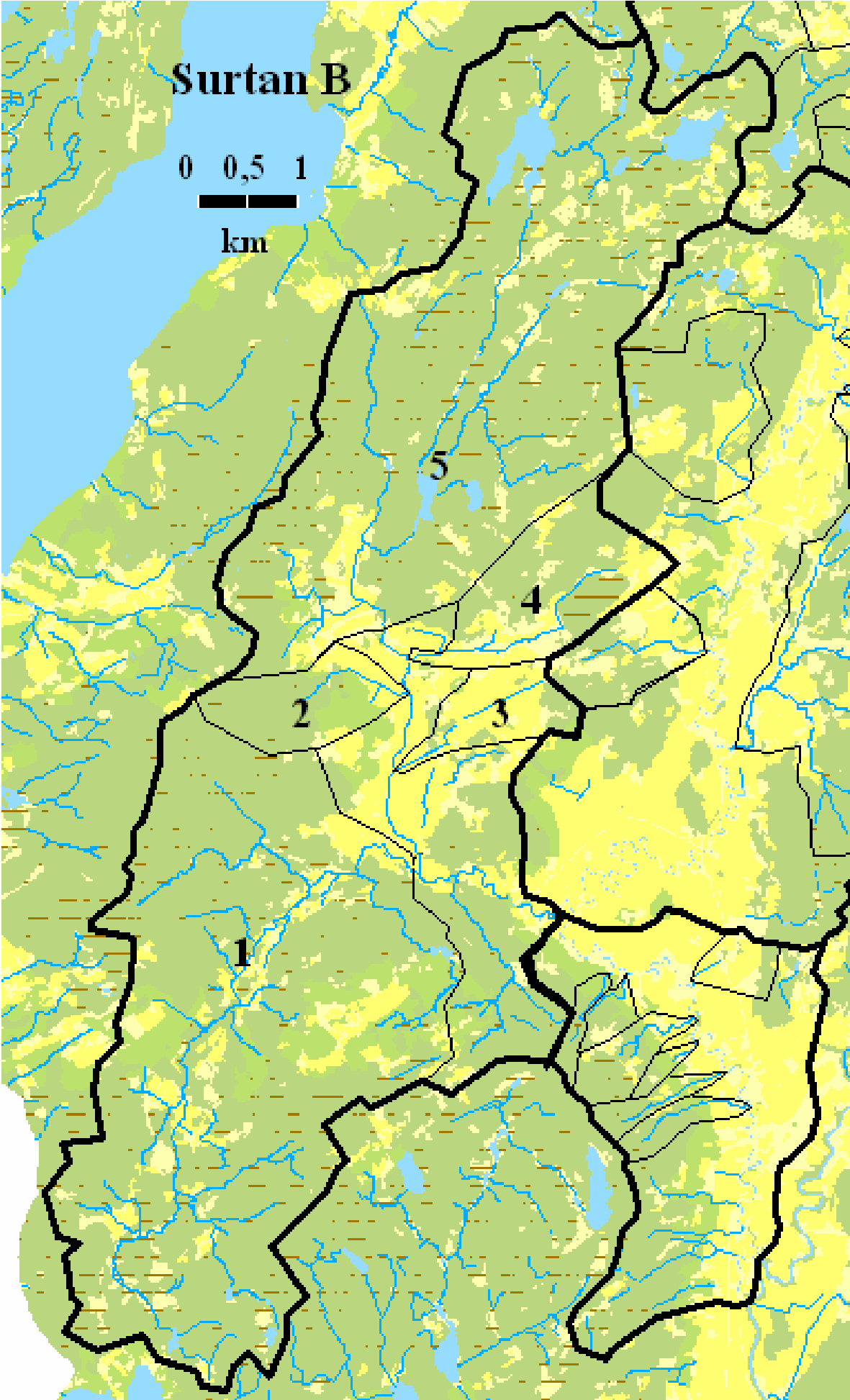
Bilaga 2 - reningspotential i våtmarker i Surtans avrinningsområde

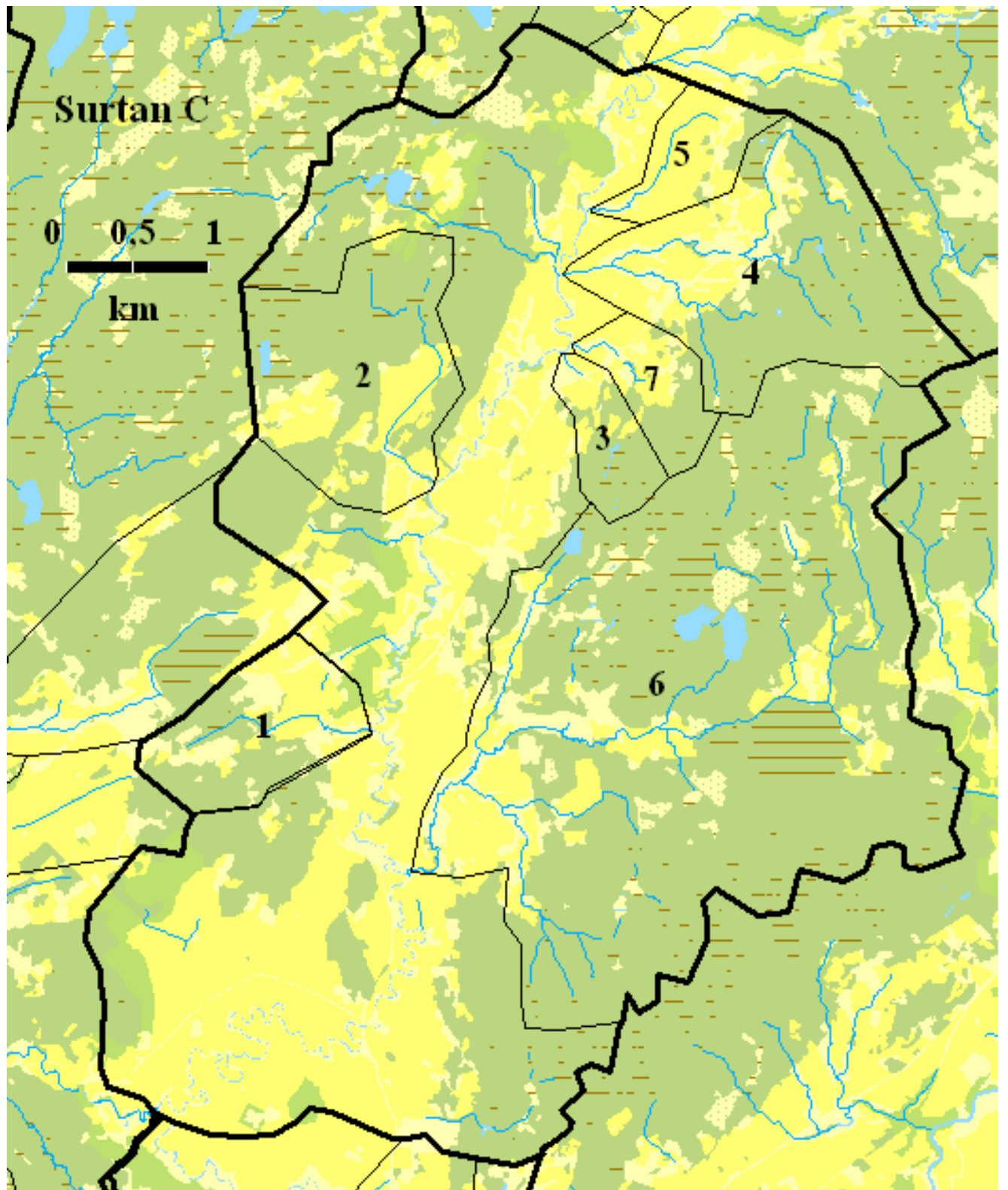
Vattendrag	avrinningsområde storlek, ha	Våtmarksstorlek, ha	N-halt, mg/l	P-halt, mg/l	Möjlig rening, kg N/år	Möjlig rening, kg P/år
A1	39,9	2,00	0,85	0,044	0	5,37
A2	36,6	1,83	0,7	0,022	0	2,25
A3	13,9	0,70	0,69	0,022	0	0,86
A4	63,8	3,19	0,89	0,06	0	11,8
A5	26,7	1,34	0,94	0,036	0	2,86
A6	25,1	1,26	0,69	0,026	0	1,86
A7	44,7	2,24	1,57	0,11	0	16
B1	1830	91,50	0,78	0,023	0	117
B2	149	7,45	1,37	0,051	0	23,2
B3	112	0,112/5,60	2,94	0,1	219	38
B4	254	12,70	1,25	0,064	0	50,2
B5	1836	91,80	0,72	0,018	0	0
C1	126	6,30	1,03	0,037	0	14,1
C2	247	12,35	0,98	0,041	0	30,8
C3	53,5	2,68	1,05	0,041	0	6,64
C4	302	15,10	1,2	0,048	0	44,6
C5	59,3	2,97	1,88	0,12	0	23,1
C6	1135	56,75	0,74	0,024	0	78,3
C7	60,8	3,04	1,18	0,089	0	17,3
D1	1481	74,05	0,83	0,025	0	105
D2	406	20,30	0,87	0,039	0	47,4
D3	55,1	2,76	1,33	0,12	0	21,3
D4	29,3	1,47	0,98	0,029	0	2,45
D5	152	7,60	0,89	0,027	0	11,6
D6	72,3	3,62	1,67	0,17	0	40,2
D7	31,7	1,59	1	0,037	0	3,51
D8	669	33,45	1	0,044	0	88,7
D9	487	24,35	1,27	0,05	0	74,3
D10	150	7,50	0,88	0,025	0	10,8
D11	159	7,95	0,68	0,017	0	0
D12	19,1	0,96	0,78	0,025	0	1,38
D13	162	8,10	0,69	0,019	0	0

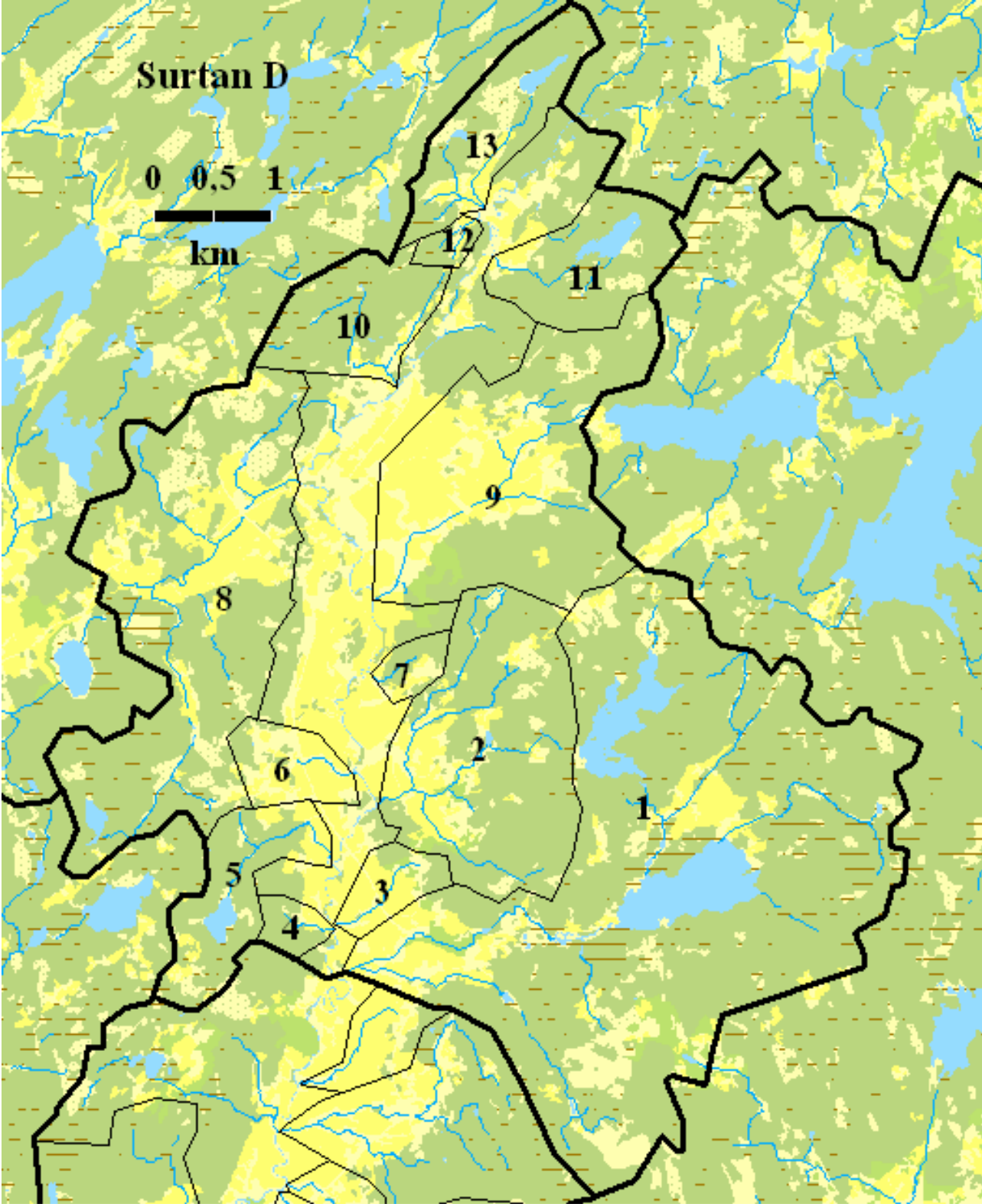
Tabell 1. Kommentar: Två storlekar anges för våtmark i Surtan B3; den vänstra gäller antagen kväverening, den högra antagen fosforering (jmf "Metod – Våtmarker i landskapet").

Bilaga 3 – delavrinningsområde i Surtans avrinningsområde

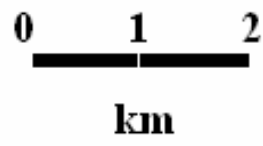




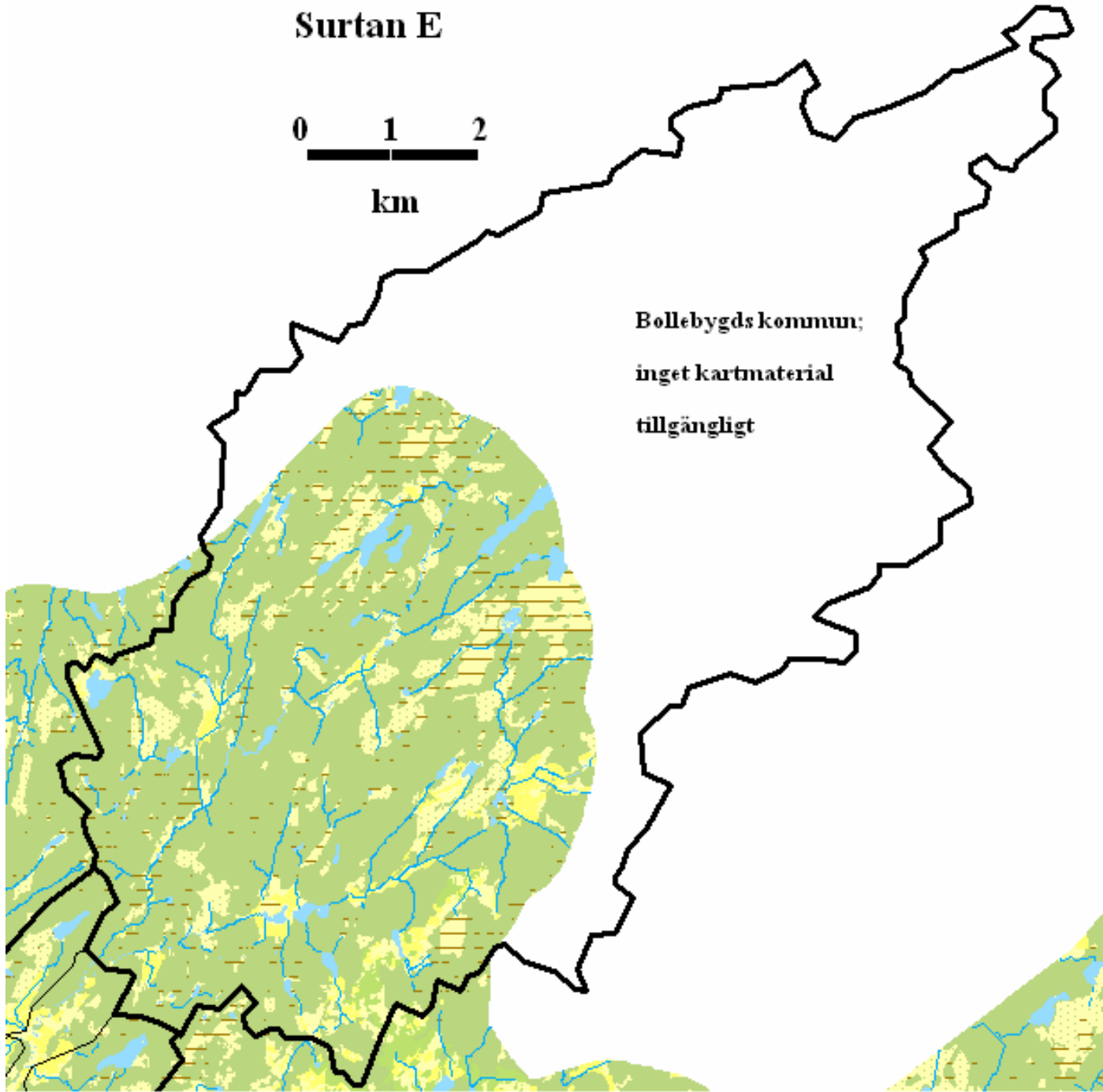




Surtan E



Bollebygds kommun;
inget kartmaterial
tillgängligt



Rapportserien **MILJÖ I MARK**

Rapportserien började ges ut 1988, och sedan 1991 finns följande rapporter :

- 1991:1 Grusförsörjningsplan – revidering
- 1991:2 Vattenöversikt – grundvatten
- 1991:3 Vattenöversikt – ytvatten
- 1991:4 Våtmarker som kvävefällor i Marks kommun – bakgrund och åtgärdsförslag

- 1992:1 Kvävefälla i Veselången – teknisk utformning
- 1992:2 Bottenfaunan i Slottsåns vattensystem våren 1991
- 1992:3 Bottenfaunan i Surtans vattensystem hösten 1991

- 1993:1 Dokumentation av några hotade och sällsynta arter i Marks kommun
- 1993:2 Radon i hus – undersökningar gjorda 1972–1992 i Marks kommun

- 1994:1 Slottsåns vattensystem – Fiskevårdande åtgärder
- 1994:2 Märgelgravar och andra småvatten i Marks kommun
- 1994:3 Naturvårdsplan
- 1994:4 Lavar och luft i Marks kommun 1993
- 1994:5 Miljö i Mark – Lokal Agenda 21

- 1995:1 Miljöprojekt i Mark - så här har vi gjort

- 1996:1 Färghandeln - Bilhandeln, underlag till miljödiplomering
- 1996:2 Bottenfauna i Marks kommun - En sammanställning

- 1997:1 Fiskevårdsplan för Lillån, Viskan
- 1997:2 Fiskevårdsplan för Surtan
- 1997:3 Naturvärdesbedömning av rinnande vatten - En bedömning, efter *System Aqua* av 29 vattendrag i Mark

- 1998:1 Texilkemikalier och plastadditiver

- 2001:1 Projekt Småvatten i Mark 2001 – en del i SNF:s jordbrukskampanj

- 2002:1 Lokalisering av en järnvägsanknuten godsterminal i Marks kommun

- 2003:1 Förändringar av arealförluster och halter av fosfor och kväve i Marks kommuns vattendrag 1987-2001

- 2004:1 Häggån i Marks kommun-beskrivning och naturvärdesbedömning av skyddsvärda vatten- och landmiljöer samt förslag till åtgärder
- 2004:2 Sjön Lygnerns miljötilstånd - förr och nu
- 2004:3 En dammrivnings effekter på flora och fauna i och längs en å – Ljungaån, Marks kommun

- 2005:1 Ängar och hagar i Marks kommun – En återinventering sommaren 2004
- 2005:2 Miljöanalys av sediment i dämd å – Ljungaån, Marks kommun
- 2005:3 Närsalter i Surtan – källfördelning och åtgärdsförslag