

Miljö i Väst Skärgård  
Länsstyrelsen Västra Götaland  
Ekelundsgatan 1  
403 40 Göteborg

## Levande skärgård: Övergödning - förslag till åtgärder

Följande synpunkter på projektet "Levande skärgård" grundas på fyra årtiondens verksamhet i, intresse för och av alla konstaterade förändringar i skärgårdens vattenmiljöer. Studiet av förekomsten av sjöfågel i relation till deras marina biotoper har indikerat och förklarat de stora miljöförändringar som inträffat. Samtidigt har sötvattenvåtmarkernas funktion varit föremål för forskningsarbete, som ur skötselsynpunkt genererat tillämpningar i olika delar av landet. Detta har samtidigt gett information om hur våtmarker skall utformas och hävdas för att de effektivt skall kunna hejda flödet av närsalter till havet.

Redan under 1970-talets första år kunde markanta förändringar noteras - d.v.s. vid den tid när reningsverksepoken inleddes. Reningsverken och andra reningsanläggningar reducerade utsläppen av organiskt material, men i stället ersattes dessa utsläpp med ett flöde av lösta närsalter, främst kväve. En - ännu på vissa håll pågående - diskussion huruvida fosfor eller kväve är begränsande i den marina miljön, har lett till att man på kommunal nivå fortfarande lägger störst vikt vid reduktionen av fosfor - som är begränsande i sötvatten - även om de stora reningsverken mot bakgrund av EU-direktiv nödgas skärpa kvävereduktionen.

Tidigare politiska beslut om reduktion av kväveutsläppen har inte kunnat realiseras. Detta torde bero på att de grundats mer på önsketänkande än på ekologiska kunskaper om hur ekosystemen fungerar. De åtgärder som satts in har därför fått försumbara effekter. Utsläppsvariabler av typ ton/år grundade på schablonartade uppgif-

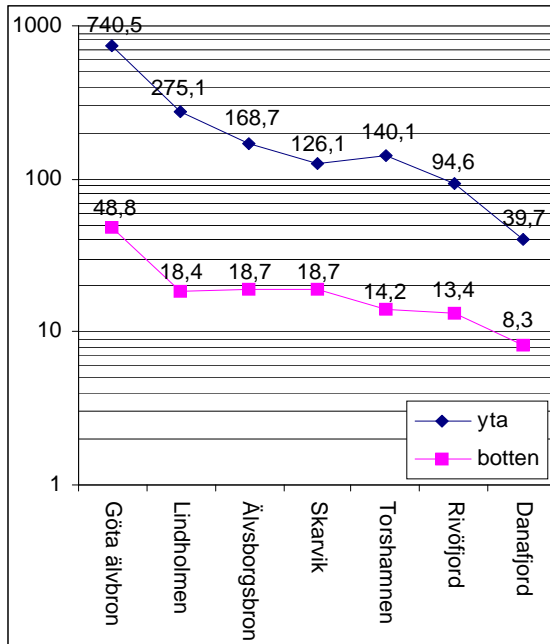
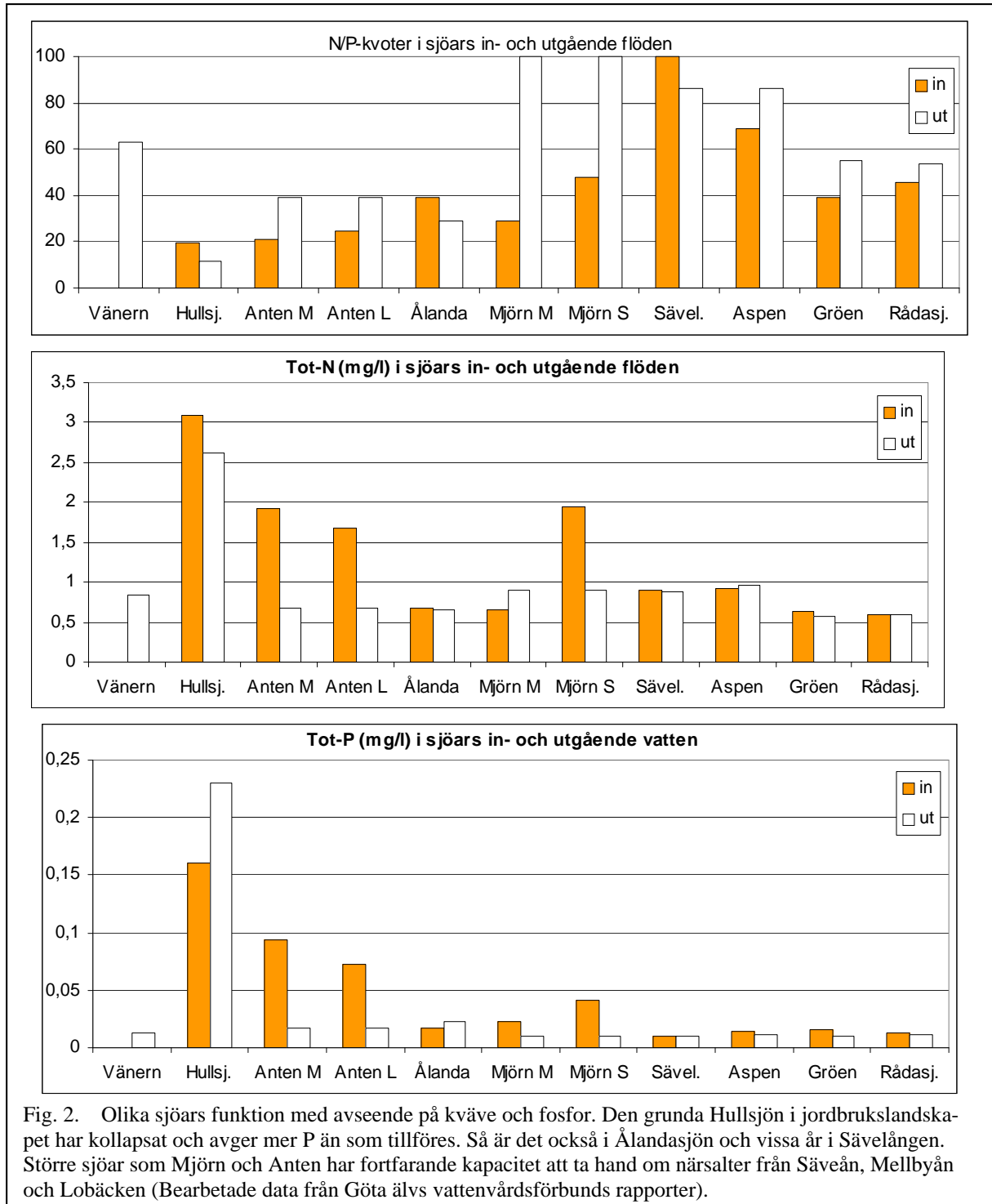


Fig. 1. Genom den kraftigare reduktionen av fosfor (P) i reningsverk och markbäddar jämfört med kväve (N) - i viss mån förstärkt genom luftnedfall - blir N/P-kvoten i utgående vattenflöden (här i Göta älv) kraftigt snedvriden. Vid Göta älv-bron når den exempelvis upp till 740,5 i ytvattnet. Först när det kväverika men fosforfattiga sötvattnet blandas med det fosforrikare saltvattnet - där det är underskott på kväve, som på så sätt är begränsande - och N/P-kvoten närmar sig optimala förhållanden (N/P = 16), blir primärproduktionen maximal. Övergödning genom växtplankton och gröna makroalger drabbar då skärgård och kustvatten i större utsträckning än vattendragens mynningar (estuarierna). (Data från Selmer, J-S. & Rydberg, L. 1993. Effects of nutrient discharge by river water and waste water on the nitrogen dynamics in the archipelago of Göteborg, Sweden. Mar. Ecol. Prog. Ser. 92:119-133.)

ter kan vara önskvärda av beslutsfattare men är relativt intetsägande vid ekologiska tolkningar. Ännu sommaren 1998 hävdade dåvarande miljöministern att 90 % av de näringsämnen som cirkulerar längs västkusten är import från andra länder medan endast 10% skulle komma från svenska källor. Såsom framgår av fig. 1 torde huvuddelen av kvävet komma från land medan fosfor redan finns i havet men förbrukas allteftersom kväve tillföres. N/P-kvoten (antalet andelar kväve per en andel fosfor, som i fig. 1 mätts i  $\mu\text{mol/l}$ ) är en viktig parameter, vars stora betydelse för förståelsen av övergödningprocesserna hittills inte uppmärksammats.

## Jordbrukets roll

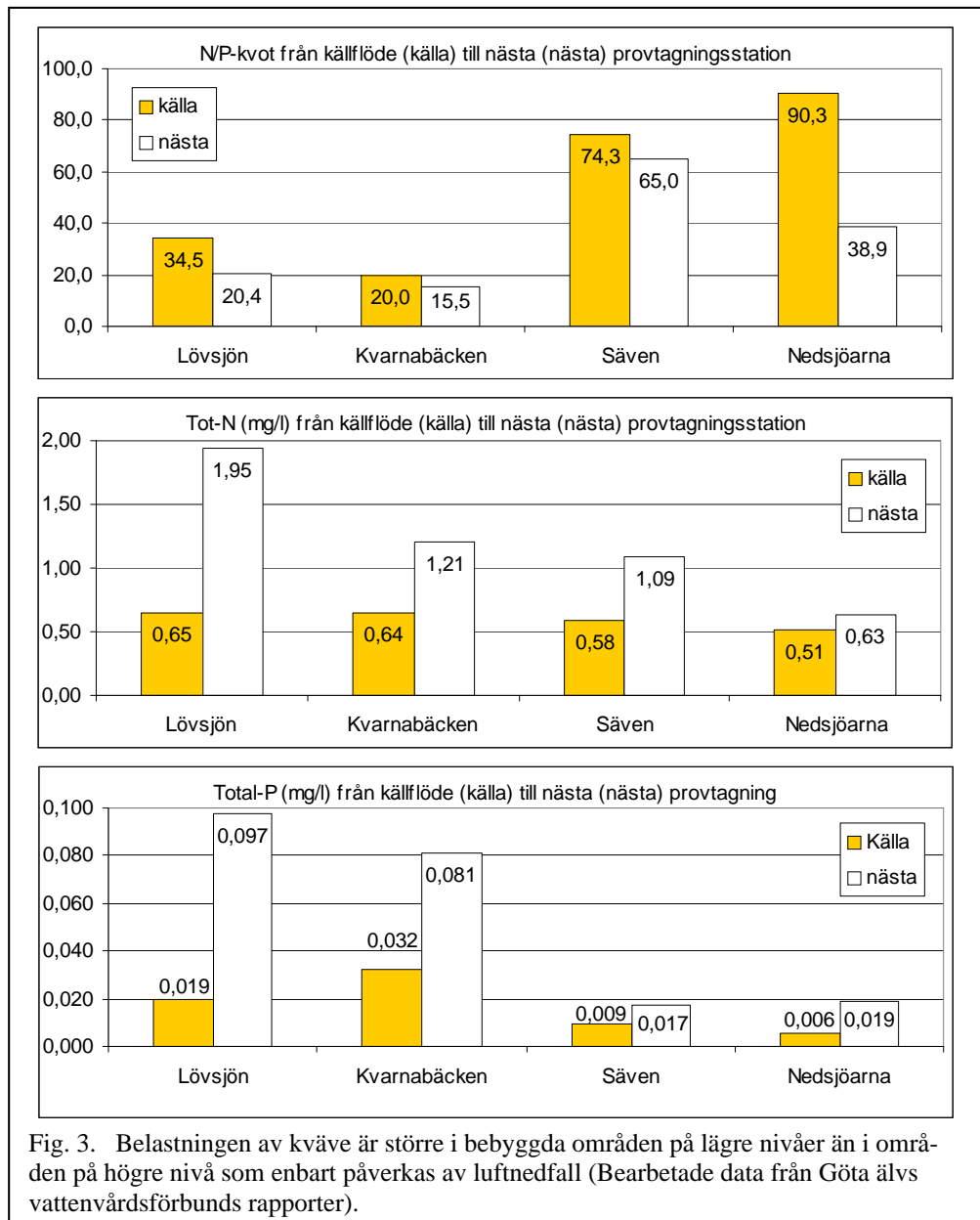
Jordbruket har länge utpekats som den huvudsakliga boven i övergödningdramat. Stränga



åtgärder genom direktiv om gödselhantering, vilka bl.a. lett till reducerade kreatursbesättningar, synes ej ha lett till förbättringar i den marina miljön. Åtgärder för att stall- och flytgödsel effektivare skall tas upp av odlade växter synes ej i förväntad utsträckning ha stannat på åkermarkerna. Närsalter från jordbruket (t.ex. Hullsjön i fig. 2) - liksom från hushållen - har en "naturlig" N/P-kvot ( $N/P \sim 7$  vid mg/l och  $\sim 16$  vid  $\mu\text{mol/l}$ ), vilket innebär en snabb primärproduktion vid lämpliga ljusförhållanden. I grunda estuariemiljöer kan närsalter i dessa proportioner effektivt omvandlas till biomassa av de speciella organismerna i denna miljö. Tidigare var dessa processer effektiva i öppna, slätter- och beteshävdade diken innan vattnet nådde större vattendrag och havet. Nu leds överskottet snabbt och effektivt genom täckdiken och kulverterade diken mot havet.

### Luftnedfall av kväve

Detta nedfall uppges successivt ha minskat, och en stor del av detta kväve når inte vattendrag och havet som en effekt av upptag genom algproduktion i rännilar och vattenpölar på land. Halterna av både kväve och fosfor är således betydligt lägre i källflöden och sjöar på högre nivåer än i flöden som påverkas av reningsanläggningar i bebyggda områden (fig. 3). Tillförseln av luftburet kväve

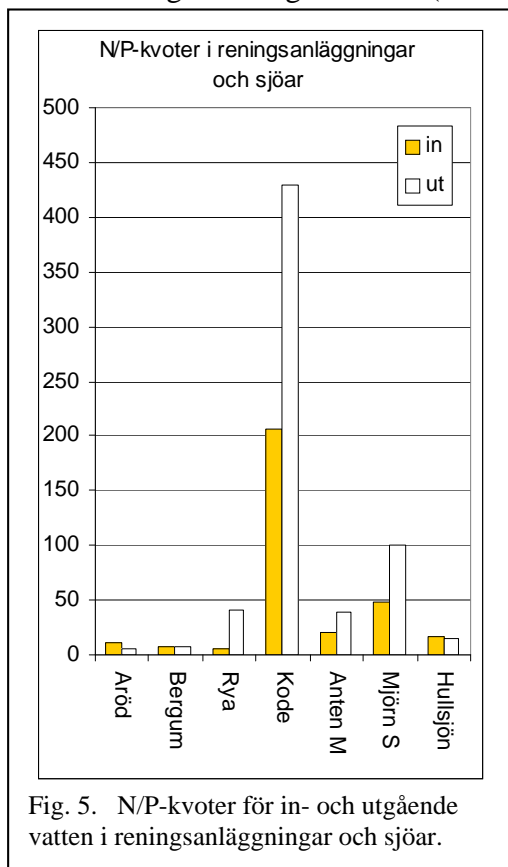


är beroende av nederbörden, men denna ger också möjlighet för grönalger att förbruka tillförda närsalter på land innan vattnet når vattendragen

## Antropogen tillförsel

I motsats till närsalter från jordbruk och luftnedfall leds spillvatten från reningsverk och markbäddar med höga närsaltkoncentrationer till vattendrag och hav oberoende av nederbörds- eller torrperioder. Under torrperioder kan i stället koncentrationen öka som en effekt av minskad utspädning. Ökad koncentration i kombination med god tillgång på ljus ökar algproduktionen. En samtidig ökning av befolkningen vid kusten sommartid ger än större produktion. Övergödningen blir uppenbar.

Eftersom reningsverk och markbäddar är dåliga på att reducera kväve men bättre på att reducera fosfor inträder en förskjutning av N/P-kvoten (Fig. 4). I spillvatten från hushåll (t.ex. Bergum och Rya) ligger den kring 7 (vid mätning i mg/l) och i vatten från ladugård och gödselstad (t.ex. vid



		total-	lösta
Bergum	in	6,7	6,9
	ut	7,2	10,2
	uppt.	6,6	6,7
Aröd	in	11,2	12,2
	ut	4,8	7,5
	uppt.	12,5	12,7
Ryaverket, fällning av fosfor	in	6,2	
	ut	40	
	uppt.	1,8	
	rötslam uppt.	0,85	
Kode, dammar efter reningsverk	in	206	
	ut	429	
	uppt.	89	

Fig. 4. N/P-kvoter vid olika anläggningar för in- och utgående vatten samt i upptag av närsalter för total-N / total-P och för lösta närsalter av N och P (Pehrsson, O. 1998-08-10. Vattenreningskärret i Bergum - utvärdering av en försöksperiod. Manuskript.

Aröd) ligger den något högre (jämför också Hallsjön i fig. 2). Vid Rya får rötslammet en låg N/P-kvot (överskott på P och underskott på N). Kvävet går ut i Göta älvs estuarium (se fig. 1), där tillgången på fosfor i det salta vattnet successivt ökar algproduktionen. Vid den artificiella våtmarksanläggningen (vattenreningskärret) i Bergum har upptaget genom biologisk produktion kvar den naturliga N/P-kvoten. Vid motsvarande anläggning i Aröd har upptaget en högre N/P-kvot som en effekt av mer omfattande kvävereduktion genom denitrifikation. Vid Kode reningsverk är fosforreduktionen och därmed också N/P-kvoten hög, redan när vattnet kommer ut i de avslutande dammarna. Sedan dessa passerats blir N/P-kvoten mycket hög (Fig. 5).

## Sjöar och dammar som reningsverk

Bland rekommenderade åtgärder i Ledningsgruppens skrift (sid. 28) ingår "anläggning av våtmarker, framför allt dammar". Mot bakgrund av de förhållanden som här redovisats i figurer och text är det på sin plats att revidera denna rekommendation, beroende på att det är stor skillnad mellan effektiva våtmarker av typ vattenreningskärr och dammar. Sjöar och dammar fungerar som "närsaltfällor" i betydelsen att närsalter fångas (kvarhålls, retention). Stora sjöar som Vänern och Mjörn (Fig. 2) har stor kapacitet att lagra näringsrikt organiskt material i sitt bottensubstrat. Genom strömsättning kan detta överföras i näringskedjor utan att syrebrist behöver inträda.

I mindre sjöar och i synnerhet i dammar tar kapaciteten med tiden slut. Vid alltför hög biologisk primärproduktion, som inte hinner tas om hand i näringskedjor, inträder syrebrist

när biomassan sjunker ner till botten. Stora delar av det biologiska livet slås ut. Sjön (dammen) kollapsar. Vid syrebrist kan fosfat frigöras. Närsaltfällan har slutat fungera därför att den inte har vittjats. Ett återställande kan innebära att sedimenten måste avlägsnas - en dyrbar process om den över huvud taget kan genomföras. Och var skall detta placeras för att närsalter inte åter ska ge sig iväg mot havet? Ålandasjön är ett exempel på detta (Fig. 6). Sävvelången är ett annat exempel, där

avgången av P är större än tillförseln under två av sju år. Farhågor finns för att Anten snart skall drabbas på samma sätt. Anläggning av dammar är således ingen hållbar metod.

Även djupare vattendrag synes kunna återberda tidigare sedimentrat fosfat till det rinnande vattnet. Detta kan ha drabbat nedre delen av Mölndalsån (Fig. 6). I brist på annan förklaring synes dessa processer också ha drabbat Göta älv under 90-talet (Fig. 7). Under dessa två tidsperioder (1988-90 resp. 1994-97) har halterna av tot-P minskat i fem av sex tillflöden till älven. Under samma perioder har ingen förändring skett av kvävehalterna i älvens vatten (0,815 resp. 0,809 mg tot.-N/l).

Anläggning av dammar och mindre sjöar i vattendrag för att fånga in närsalter av fosfor och kväve, så att dessa ej når havet, är således mot bakgrund av presenterade data ingen bra metod. De stora satsningarna i Gullmarens avrinningsområde inom Munkedals, Färgelanda och Dals-Eds kommuner kan därför på sikt visa sig ha varit en felsatsning, om vunna resultat

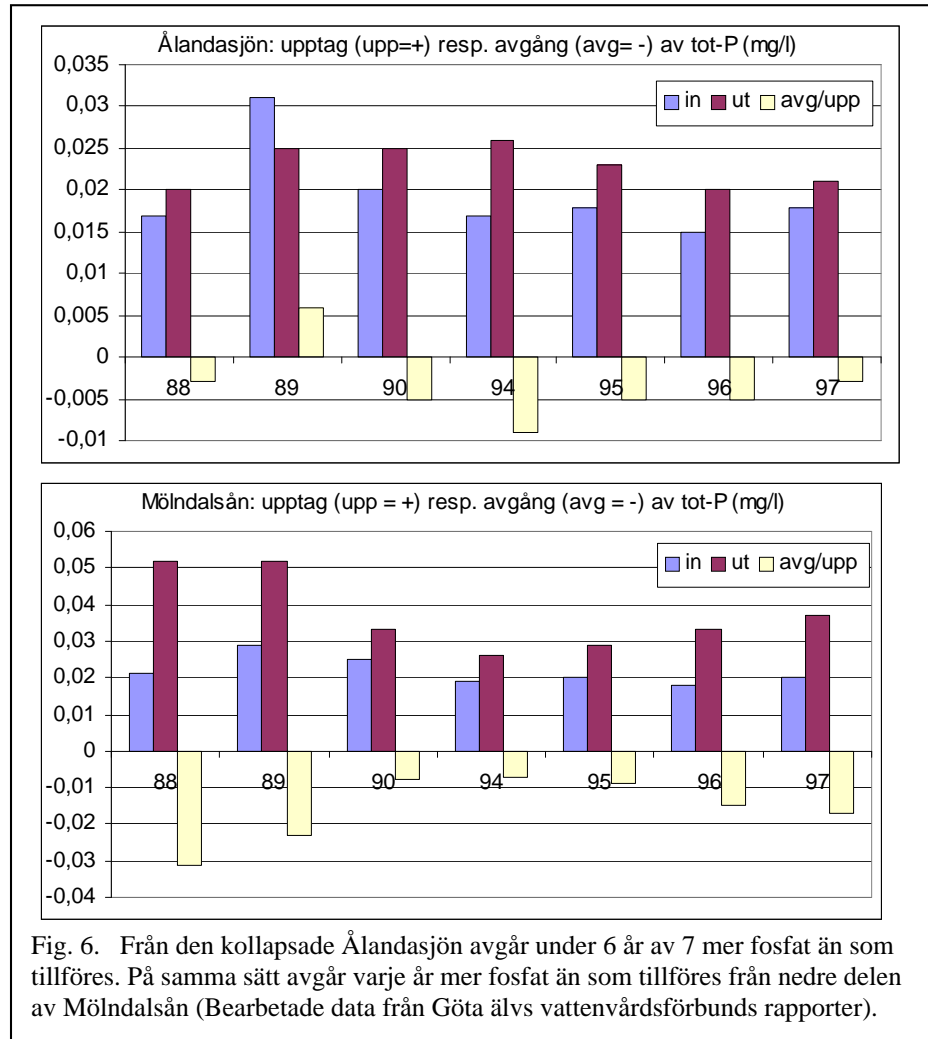


Fig. 6. Från den kollapsade Ålandasjön avgår under 6 år av 7 mer fosfat än som tillföres. På samma sätt avgår varje år mer fosfat än som tillföres från nedre delen av Mölndalsån (Bearbetade data från Göta älvs vattenvårdsförbunds rapporter).

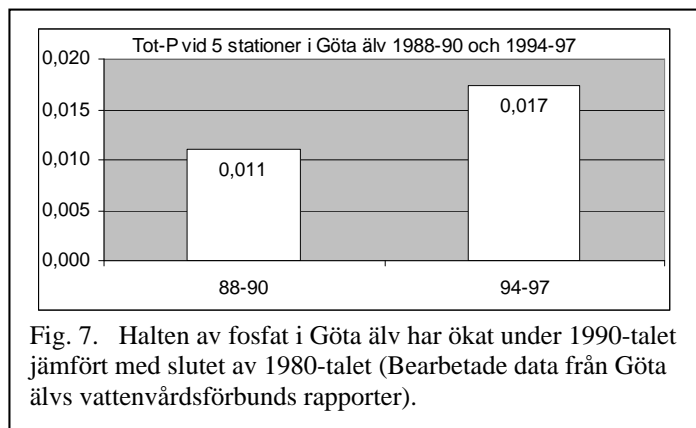


Fig. 7. Halten av fosfat i Göta älv har ökat under 1990-talet jämfört med slutet av 1980-talet (Bearbetade data från Göta älvs vattenvårdsförbunds rapporter).

skall ställas i relation till kostnaderna. Det är för sent att åtgärda när vattnet nått större vattendrag. Insatser måste göras närmare utsläppspunkterna.

### Närsaltupptag genom grunda, hävdade våtmarker i form av vattenreningskärr

Alternativet är artificiella våtmarker av modell "vattenreningskärr", vilka kan placeras nära utsläppspunkter innan vattnet hunnit spädas ut. Eftersom denna metod har hög effektivitet med avseende på kväve är den väl lämpad för kustnära vatten. Metoden skiljer sig från de flesta andra tekniska typer av reningsanläggningar genom att inte fungera som närsaltfällor utan genom att enligt ekologiska principer överföra närsalterna till

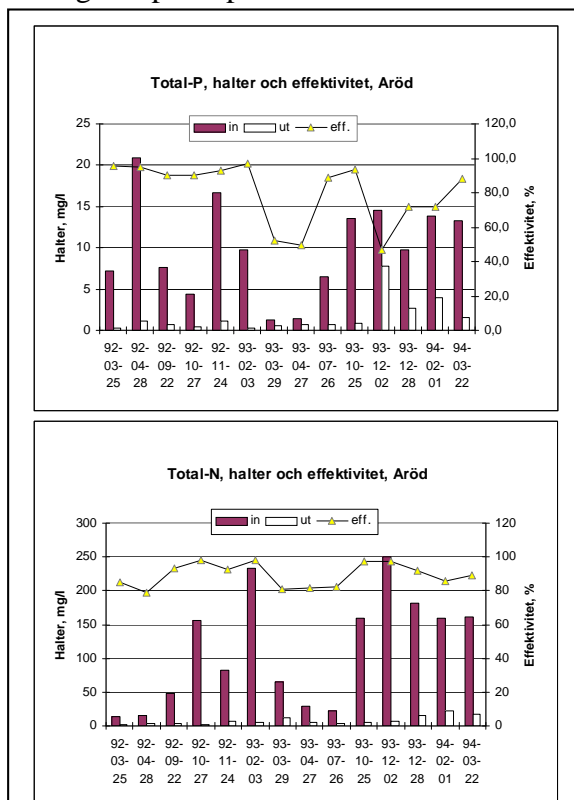


Fig. 9. Halter av P och N i in- och utgående vatten samt effektivitet i vattenreningskärr i Aröd.

som biprodukt utrymme för en rik biologisk mångfald av organismer som hotas i försvinnande och igenväxande mer eller mindre tillfälliga (efemära) vatten.

Medelvärden för effektiviteten i upptaget (Fig. 8-9) var för tot-P 91,2% i Bergum och 83,7% i Aröd och för tot-N 90,4% i Bergum och 93,0 i Aröd. Lägre effektivitet för såväl P som N kunde noteras dels vid låga halter i tillflödet och dels under den mörkaste tiden på året (december-januari). Å andra sidan

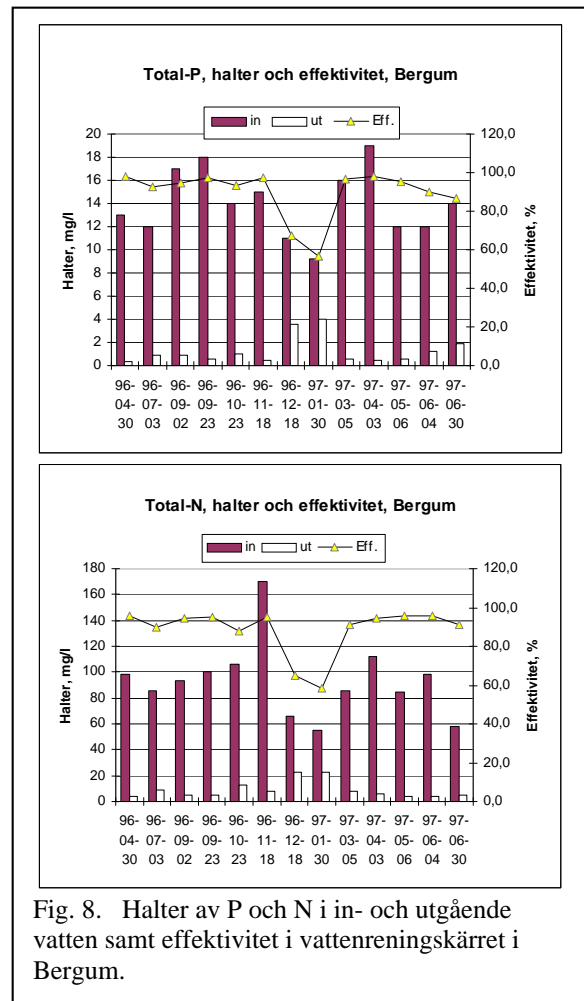


Fig. 8. Halter av P och N i in- och utgående vatten samt effektivitet i vattenreningskärr i Bergum.

biomassa av växt- och djurorganismer i levande näringskedjor och vid överskott på kväve också i kombination med denitrifikation till luftkväve. I de bildade näringskedjorna finns

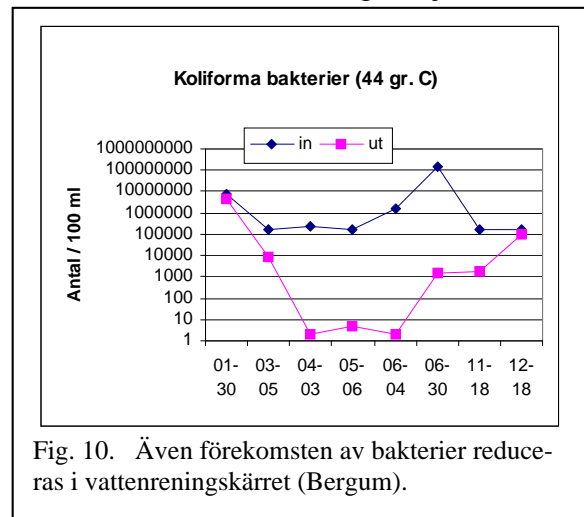


Fig. 10. Även förekomsten av bakterier reduceras i vattenreningskärr (Bergum).



blev effektiviteten 100% under torrare perioder, när torrläggning kunde inträffa (tillfällen utan utflöde, vilka avsevärt skulle ha höjt effektiviteten, ej medtagna i diagrammen) i de lägre partierna (levéerna) av vattenreningskärren. Detta inträffade sommartid när behovet att hindra utflöde till havet är som störst. Även bakteriereduktionen blev sämre under den mörkaste tiden (Fig. 10).

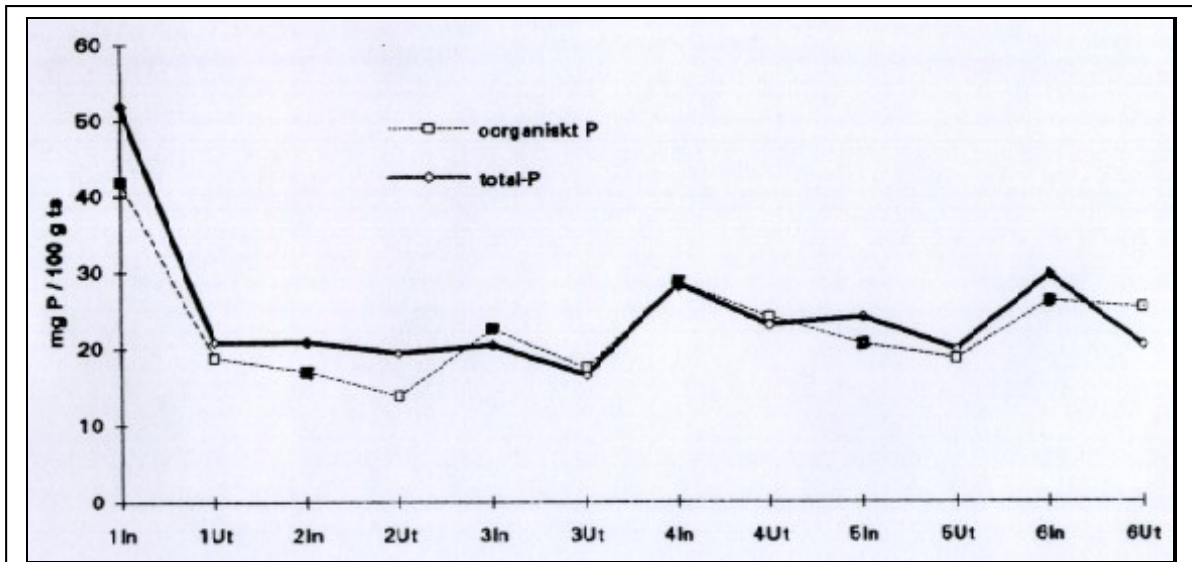


Fig. 11. Koncentration av fosfor i bottenlammet i Bergums vattenreningskärren (Lycke, K. 1997. Vattenreningskärret i Bergum. Vad händer med kolet, kvävet och fosfor? 20 p. examensarbete i Tillämpad miljövetenskap. Avd. för tillämpad miljövetenskap. Rapport nr 13).

För en kontroll av huruvida närsalterna verkligen tas upp genom biologisk produktion och inte genom sedimentation i bottensubstratet, har en analys gjorts av sedimenten (Fig. 11). Denna visade att exempelvis fosfat i nämnvärd omfattning enbart kunde påvisas i början av vattenreningskärrets första levé (av totalt sex levéer), d.v.s. i den del av vattenvolymen, där de biologiska processerna ännu inte hunnit komma igång.

### Vattenreningskärrets näringskedjor

Eftersom de 91,2 % av den totalfosfor, som tas upp i Bergums vattenreningskärren, inte heller i nämnvärd omfattning sedimenterar i bottensubstratet, så återstår endast upptag i biomassa genom biologisk produktion. Bakterier, detritus och alger konsumeras då först av zooplankton (Fig. 12), vilka i sin tur äts av insekter (Fig. 13), vilka till stor del utgöres av predatorer. De vuxna insekterna (images) kan lämna vattenreningskärret för att uppsöka andra vatten. På så

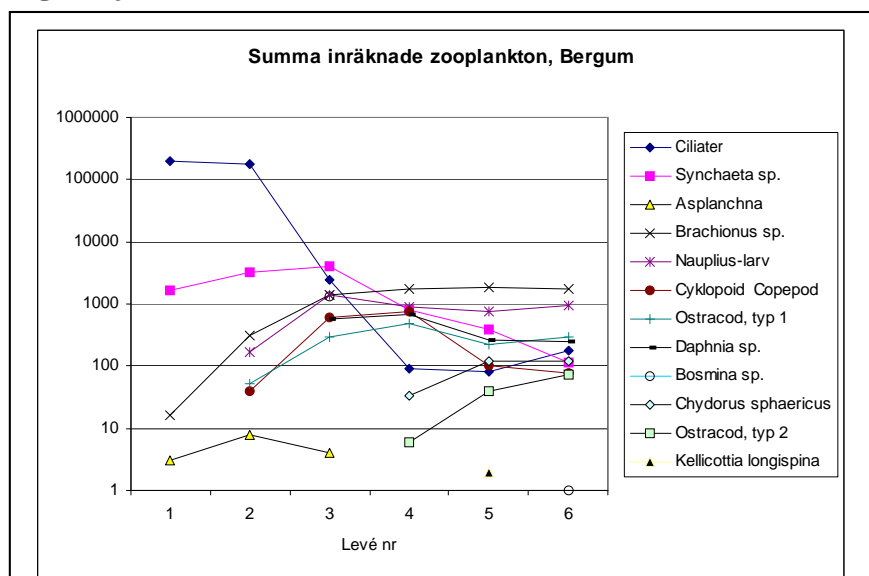


Fig. 12. Förekomst (antal per volymsenhet) av arter och grupper av zooplankton i vattenreningskärrets levéer 1 - 6 i Bergum (Persson, E. 1997. Zooplankton - en myllrande länk i framtidens reningsverk. Examensarbete i zoologisk ekologi, 20 p. Zoekologi, Göteborgs universitet).

sätt sprids de tillföra närsalterna till omgivningarna i form av levande biomassa. Men dessa insekter blir förr eller senare uppätta av andra djur högre upp i näringskedjorna, såsom fåglar och andra djur. Redan i vattenreningskärret konsumeras evertebrater av paddor, grodor, snok och gräsänder.

Art/grupp	Funktion / känslighet	Förekomst i levé nr					
		1	2	3	4	5	6
Aeshna sp. (Odon)	predator	x					
Leptophlebia marignata (Ephem)	skrapare; klarar pH<4,5; i vatten med hög påverkan	x					
Culiseta sp. (Dipt)	filtrerare; klara pH<4,5; i vatten med hög påverkan	x					
Agabus sp.(Col)	predator	x	x				
Acilius sulcatus (Col)	predator	x	x			x	
Coleon dipterum-gr. (Ephem)	skrapare; i vatten med hög påverkan	x	x	x	x	x	x
Limnephilus rombicus-typ (Trich)	sönderdelare	x	x	x	x	x	x
Ilybius sp. (Col)	predator	x	x	x	x	x	x
Chironomidae (Dipt)		x	x	x	x	x	x
Dytiscus circumcirclus (Col)	predator		x				
Hespeocorixa sahlbergi (Hem)	predator; pH 4,5-4,9; i vatten med hög påverkan		x	x	x		
Hydroporus sp. (Col)	predator		x		x	x	
Sigara nigrolineata (Hem)	predator		x		x		x
Coenagrion sp. (Odon)	predator		x	x	x	x	x
Chaoborus crystallinus (Dipt)	predator		x	x	x	x	x
Callicorixa praeusta (Hem)	predator; pH 4,5-4,9; i vatten med måttlig påverkan		x		x	x	x
Corixa punctata (Hem)	predator		x				x
Fåborstmaskar (Oligoch)	detritusätare			x	x	x	
Sigara limitata (Hem)	predator				x		
Sigara sp.(Hem)	predator				x		
Laccophilus minutus (Col)	predator				x		
Hexatominæ (Dipt)					x		
Notonecta glauca (Hem)	predator; klarar pH <4,5; i vatten med måttlig påverkan				x	x	x
Sigara lateralis (Hem)	predator					x	
Gyrinus sp. (Col)	predator					x	
Helophorus sp. (Col)						x	
Limnephilus sp. (Trich)	sönderdelare						x
Oligotricha striata (Trich)	sönderdelare; i vatten helt utan påverkan						x
Porhydrus lineatus (Col)	predator						x

Fig. 13. Förekomst av högre evertebrater i skilda levéer i Bergums vattenreningskärr (Persson, E. & Medin, M. 1998. Inventering av bottenfaunan på tre lokaler i Göteborgs kommun 1997. Medins Sjö- och Åbiologi AB), ordnade efter konstaterad känslighet.

Ett vattenreningskärr består av ett antal levéer (6 st. i Bergum), mellan vilka vattnet sakta kan rinna genom regleringsrör med självfall. Varje levé utgör funktionellt ett separat ekosystem vars organismer är anpassade med hänsyn till deras krav på näringstillgång och vattenkvalitet. Toleranta arter finns högst upp, där näringstillgången är störst. Längst ner i systemet finns utrymme för arter som kräver vatten utan påverkan, men där det fortfarande finns god tillgång på bytesorganismer. Sådant vatten - med acceptabla krav - kan då ledas ut i vattendrag och hav. Ett rätt utformat vattenreningskärr utgör på detta sätt en gradient med avseende på förekomsten av vattenorganismer. Anläggningen ger utrymme för hög biologisk mångfald.

### Vattenreningskärrs utformning, skötsel och kontroll

För anläggning och skötsel av ett optimalt vattenreningskärr fordras kunskaper om de ekologiska grundprinciper som utgör förutsättningar för att anläggningen med alla dess organismer skall fungera:

- ✘ vattnet måste vara grunt (<30 cm), nivån kan efter behov regleras,
- ✘ arealen (inklusive vallar) anpassas för spillvatten till antalet pe (~8-12 m<sup>2</sup>/pe),
- ✘ utbytstiden (~7 dagar) kan regleras genom vattendjupet,
- ✘ växtplankton och makroalger skall utgöra den viktiga växtligheten (primärproduktion),



- ⊠ unga successionsstadier måste bibehållas så att ljusstillförseln blir maximal,
- ⊠ en plats bör väljas där beskuggningen är minimal,
- ⊠ topografin avgör hur levéerna kan placeras,
- ⊠ diken kan omvandlas till vattenreningskärr genom breddning och uppgrundning,
- ⊠ mark med underlag av lera förhindrar läckage,
- ⊠ med sandjord som underlag kan ett plastmembran placeras på botten,
- ⊠ med plastfolie eller stenplattor kan etablering av makrofytvegetation reduceras,
- ⊠ ett bottenskikt av dött organiskt material med syrebrist tillåts för att få denitrifikation,
- ⊠ enstaka makrofytbestånd ger dock beskuggning och gömställen för vissa arter,
- ⊠ nyetablerade bestånd av högre vattenväxter avlägsnas innan de hinner breda ut sig,
- ⊠ i skärgårdsmiljöer kan anläggningen gjutas i betong,
- ⊠ metoden passar bra vid sommarbostad eftersom organismerna snabbt kan blomma upp,
- ⊠ då och då tillses anläggningen så att nivåören ej täpps till,
- ⊠ vid anläggning efter reningsverk installeras fosfatfällning för erhållande av rätt N/P-kvot,
- ⊠ anläggningskostnaden är lägre och effektiviteten större än hos andra reningsanläggningar,
- ⊠ anläggningens funktion kan lätt kontrolleras genom okulär besiktning.

### Utveckling av vattenreningskärret

En viktig länk i vattenreningskärrets funktion utgöres av bakterier, varav det finns både nyttiga och skadliga. Nedbrytande och därför nyttiga bakterier förs i stora mängder till vattenreningskärrets första levé, där de konsumeras främst av ciliater (Fig. 12). Här sker då också den största reduktionen av "skadliga" bakterier. Eftersom detta ekosystem är beroende av ljus för optimal funktion, nedsätts effektiviteten för bakteriereduktion under årets mörkaste tid (Fig. 10). Även primärproduktionen begränsas under sådana förhållanden (Fig. 8). Detta kan också inträffa vid beskuggning under andra tider på året. Att i denna situation tillgripa exempelvis UV-bestrålning är helt fel, eftersom då också ekosystemets nyttiga organismer kan slås ut.

En lösning av detta problem finns planerad genom att placera ut momentan belysning med värme- och/eller växthuslampa i lämpliga delar av de första levéerna under den aktuella mörkaste tiden. Genom exempelvis värmeslingor kan en viss vattentemperatur bibehållas. För att bedriva sådan försöksverksamhet saknas dock f.n. ekonomiska medel, vilka erfordras såväl för apparatur som för provtagning och bearbetning av vattenprov för såväl kemisk som biologisk analys.

De goda resultat som hittills uppnåtts, har framtagits utan tilldelning av forskningsanslag. Erforderliga resurser har dock ställts till förfogande av lantbrukare Bertil Nilsson (Aröd) och Göteborgs kommun (Bergum). En förhoppning är nu att Miljö i Väst Skärgård kan ställa resurser till förfogande för fortsatt utveckling av vattenrening i artificiell våtmark av modell vattenreningskärr.

### Ambition för hållbar skärgårdsutveckling

Flertalet av de punkter som anförs i Ledningsgruppens promemoria berörs mer eller mindre av punkten Övergödning (t.ex. Fiske och vattenbruk, Boende och verksamheter, Friluftsliv, Naturvårdsförvaltning, Marin naturmiljö och Regional och lokal planering). Övergödningproblemet måste därför betecknas som det f.n. allvarligaste och helt överskuggande. Den här presenterade metoden för att hejda närsaltflödet - i synnerhet av kväve - till havet har visats stort intresse från enskilda och grupper av fastighetsägare, eftersom det visat sig vara en mindre kostnadskrävande men samtidigt effektiv metod. Studerande och forskare vid Göteborgs universitet har också visat stort intresse och dessutom medverkat vid studiet av delproblemet. På kommunal nivå, fränsett Göteborgs kommun, har anläggning av nya objekt motarbetats, försvårats och förbjudits. Det är en förhoppning att organisationen Miljö i Väst Skärgård

kan medverka till att helt nya grepp och åtgärder skall kunna tillåtas i varje kommun. En första målsättning kan vara att åtminstone anlägga ett vattenreningskärr i varje kommun för att inte minst kunna nyttjas för demonstration för politiker, tjänstemän och skolelever. Detta är en viktig del för att åstadkomma nytänkande, något som erfordras inför nästa århundrade.

På uppdrag av  
Naturskyddsföreningen i Kungälv  
Lycke den 21 juli 1999

Olof Pehrsson  
Fil. dr., docent och högskolelektor emeritus vid Göteborgs universitet

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.