

Växt- ekologi



**Stefan Dahlgren: Undersökning av fem
grunda havsvikar i Bergkvara skärgård,
egentliga Östersjön.**

**Botaniska institutionen
Stockholms Universitet**

2001·6

UNDERSÖKNING AV FEM GRUNDA HAVSVIKAR I BERGKVARA SKÄRGÅRD, EGENTLIGA ÖSTERSJÖN.

**SAMT BEDÖMNING AV MILJÖFÖRENINGEN SÖDRA RAGNABO:s
MILJÖFÖRBÄTTRANDE ÅTGÄRDER I VIKARNA KITTELN OCH
ENESKÄRSVIKEN.**

Examensarbete i Botanisk ekologi vid Botaniska institutionen, Stockholms Universitet, 27
November 2000, utgåva 2

Handledare Professor Lena Kautsky

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	2
1.1 BAKGRUND	2
1.2 SYFTE	2
1.3 GRUNDA SKÄRGÅRDSVIKAR	3
1.4 MILJÖFÖRENINGENS ÅTGÄRDSPROGRAM	5
1.3.1 ÖPPNANDE AV VÄGBANK (A)	5
1.3.2 ÅTER ÖPPNANDE AV KANAL VID BASEN AV ENESKÅR (B)	5
1.3.3 RENSNING AV INLOPP TILL ENESKÅRSVIKEN (C)	5
1.3.4 VASSLÅTTER OCH BORTTAGANDE AV VASSGYTTJA (D)	5
1.3.5 SKÖRD AV UNDERVATTENSVÄXTER (E)	5
2. METODER	6
2.1 MORFOMETRI (FORM) OCH UTBYTESTID	6
2.2 BERÄKNING AV NÄRSALTSTILLFÖRSEL FRÅN LAND	6
2.3 BERÄKNING AV FOSFORTILLFÖRSEL FRÅN HAV	7
2.4 VATTENKEMI	7
2.5 VEGETATIONENS TÄCKNINGSGRAD OCH UTBREDNING	7
3. VIKARNAS STATUS	8
3.1 TILLRINNINGSOMRÅDET OCH EXTERNTILLFÖRSELN AV NÄRSALTER	8
3.2 VIKARNAS FORM	8
3.3 VATTENKEMI	9
3.3.1 NÄRSALTER	9
3.3.2 KLOROFYLL	9
3.3.3 SIKTDJUP	9
3.3.4 SYREMÄTTNAD	10
3.3 VATTENVEGETATION	10
3.3.1 VEGETATIONSZONERNAS UTBREDNING	10
3.3.2 ARTSAMMANSÄTTNING OCH TÄCKNINGSGRAD	10
3.4 DELSAMMANFATTNING	13
4. BEDÖMNING AV EFFEKTER	15
4.1 INLEDNING	15
4.1.1 ÖPPNANDE AV VÄGBANK (A)	15
4.1.2 ÅTER ÖPPNANDE AV KANAL VID BASEN AV ENESKÅR (B)	16
4.1.3 RENSNING AV INLOPP TILL ENESKÅRSVIKEN (C)	16
4.1.4 VASSLÅTTER OCH BORTTAGANDE AV VASSGYTTJA (D)	17
4.1.5 SKÖRD AV UNDERVATTENSVÄXTER (E)	17
REFERENSER	19

BILAGOR

BILAGA 1. ÖVERSIKTSKARTA.

BILAGA 2. ÖVERSIKTLIG DJUP- OCH VEGETATIONSKARTA, OMRÅDE 1 OCH 2, KITTELN OCH ENESKÅRSVIKEN.

BILAGA 3. ÖVERSIKTLIG DJUP- OCH VEGETATIONSKARTA, OMRÅDE 3 OCH 4, STENGÅRDSVIKEN OCH APPELVIKEN.

BILAGA 4. ÖVERSIKTLIG DJUP- OCH VEGETATIONSKARTA, OMRÅDE 5, ÖSTERVIKEN.

1. INLEDNING

1.1 BAKGRUND

Bakgrunden till den här rapporten handlar om att Miljöföreningen Södra Ragnabo planerar att utföra miljöförbättrande åtgärder i två havsvikar (Eneskärsviken och Kitteln) i Bergkvara skärgård. Ändamålet med åtgärderna är att förbättra miljö kvaliteten i vikarna. Södra Ragnabo Miljöförening i Torsås kommun, har tillsammans med andra miljöföreningar efter en kustmiljö konferens den 14/10 1999, dragit upp riktlinjer för ett aktivitetsprogram för att förbättra kustmiljön i Torås kommun. Länsstyrelsen i Kalmar län kräver dock att aktivitetsprogrammet skall utformas i samråd med Länsstyrelsen och att miljöföreningen undersöker havsvikarna och redogör för de effekter åtgärderna får. I det här projektet har vikarnas vattenkemi, form och vegetation undersökts. Undersökningen ligger till grund för en bedömning av effekter av miljöföreningens åtgärdsprogram. Utöver de två aktuella vikarna, Eneskärsviken och Kitteln, har även tre andra vikar i området undersökts (Stengårdsviken, Österviken och Appleviken) och dessa vikar används som referensvikar i rapporten, se tabell 1. Samtliga undersökta vikar beskrivs i kapitel, 3. För att få en uppfattning om närsaltshalterna i vattnet utanför vikarna har vattenkemiska prover uttagits i vattnet en bit utanför Bergkvara hamn, se översiktskarta, bilaga 1.

Tabell 1. Koordinater (Rikets nät) för undersökta vikar och provtagningspunkter, se även översiktskarta.

Nr	Område	Koordinater	
1	Kitteln	1517843	6252133
2	Eneskärsviken	1517818	6252340
3	Stengårdsviken	1517720	6253299
4	Österviken	1518353	6254140
5	Appleviken	1518137	6252983
6	Provtagningspunkt	1517942	6252543

1.2 SYFTE

Syftet med arbetet är att på ett uppföljningsbart sätt undersöka havsvikarna och bedöma vilka effekterna blir av det aktuella åtgärdsprogrammet i Kitteln och Eneskärsviken. Rapporten skall fungera som ett beslutsunderlag för Miljöföreningen och Länsstyrelsen i Kalmar län.

1.3 GRUNDA SKÄRGÅRDSVIKAR

Skärgårdens grunda vegetationsklädda och isolerade vikar, fladerna, är produktiva miljöer som är mycket viktiga som reproduktions-, uppväxt- och födolokaler för fisk och fågel. Fladerna hyser en speciell och skyddsvärd flora som är rik på undervattensväxter. Ofta förekommer stora ängar med kransalger av vilka många är rödlistade. Fladerna är också mycket viktiga ackumulationsområden för närsalter och metaller. De naturligt höga närsaltsnivåerna i kombination med en snabb och tidig uppvärmning av vattenmassan ger goda förutsättningar för en hög produktion av växter och djur och för en mångfald av arter.

I grunda fågelsjöar framstår undervattensväxterna som nyckelorganismer för sjöarnas tillstånd. Då dessa växter dominerar är vattnet klart, makrovertebratfaunan rik och rovfisken gallrar hårt bland evertebratätande fisk. Födoresurserna är lättillgängliga och sjöfågelfaunan är talrik. Om primärproduktionen istället domineras av växtplankton blir vattnet grumligt och många små evertebratätande fiskar får konkurrera om en liten födoresurs (Anderson et al, 1990; Scheffer, 1998). Födottillgången för flertalet sjöfåglar blir dålig och fåglarna blir därför fåtaliga. Enligt oss fungerar fladerna på samma sätt.

I sjöar betraktas förekomsten av stora vegetationsklädda områden i sig som en buffert mot ett växtplanktondominerat tillstånd. Detta gäller särskilt för kransalgsängarna då dessa snabbt kan kolonisera störda områden och binda upp närsalterna i bottenfast biomassa samtidigt som de försvårar uppgrumlingen av sedimentet. Följden av detta blir ett klarvattentillstånd med god vattenkvalitet och med goda möjligheter för andra växter att kolonisera djupare områden.

I sjöar kan man vid kransalgsängarna få lokala områden med klarare vatten än i omgivande områden (Van den Berg et al. 1997). Detta fenomen har av oss också noterats i flader. En stor produktion av undervattensväxter, i synnerhet kransalger, kan vara en självstabiliserande faktor som får en sjö att bibehålla ett stabilt stadium med dominans av undervattensväxter (Van den Berg et al, 1997). Motsvarande förhållande gäller enligt våra erfarenheter även i flader.

En rik undervattensvegetation i de grunda vikarna är också en förutsättningen för en hög fiskproduktion. Tätare vegetation medför att överlevnaden för fisk förbättras genom det skydd som erhålls och att det ansamlas en mängd födoorganismer. Områden med välutvecklad bottenvegetation har ett större antal fisk och en högre fiskbiomassa än områden utan. Den högsta årsproduktionen av fisk finns i måttligt vågexponerade till skyddade områden med vegetation. Ju mer vegetation som finns desto mer bidrar årsynglen till årsproduktionen.

Näringsrikedomen har i grunda vegetationsklädda havsområden en ekosystemsiftande effekt (Valiela et al, 1997). I våra tidigare arbeten (Dahlgren & Kautsky, i manus) har det tydligt framkommit att det finns en brytpunkt, då områdena går över från ett klarvattentillstånd till ett växtplanktondominerat tillstånd, vid ungefär 35 - 40 µg totalfosfor/l. Områden med totalfosforhalter högre än 40 µg/l är ofta starkt påverkade medan områden med lägre halter oftast är relativt opåverkade.

I de grunda kustområdena fungerar vattenväxterna som filter för närsalter, både fosfor och kväve, och för tungmetaller. Dessa binds upp i vegetationen och hålls på så sätt kvar i inner-skärgården. Då växten dör ackumuleras mycket av materialet i sedimenten.

Filteregenskaperna är särskilt effektiva långt in i stora skärgårdsområden och i inneslutna områden med trösklar mot havet. Närsalterna binds till stor del i sedimenten så länge ytsedimentet är syresatt. Vid syrgasfria förhållanden förändras de kemiska egenskaperna hos yt-sediment och näringsämnen frigörs. I och med att ytsedimentet hela tiden pålagras av nytt material från omgivande vatten blockeras syrgastillförseln till djupare liggande sediment-skikt, vilket medför att biomassan ackumuleras och försvinner ut ur ekosystemet.

I områden med hög produktion av organiskt material och dålig vattenomsättning blir syrgas-koncentrationen periodvis låg. Lokalt kan syrebrist uppstå, framför allt vintertid, men även i djuphålur under sommaren då dessa fungerar som fällor för organisk material. Består den övervägande delen av primärproduktionen av undervattensväxter och inte av växtplankton råder det dock sällan brist på syre i bottenvattnet under sommaren. Vattenväxterna syresätter vattnet och kan konkurrera ut växtplankton genom upptag av närsalter. Undervattensväxterna kan även minska planktontillväxten genom att utsöndra allelopatiska substanser som har en direkt gifteffekt på växtplanktonen. Goda syreförhållanden är helt avgörande för grundområdenas filteregenskaper.

I bottensedimentets ytskikt sker denitrifikation genom att bakterier omvandlar nitrit och nitrat till kvävgas. Processen sker under anaeroba förhållanden och förekommer därför i de syrefria delarna av sedimenten. Utöver frånvaron av syre krävs också tillgång på organisk kol och nitrat för denitrifikationseffekten (Jansson et al 1993). Tillgången på kol är oftast god i ackumulationsbottnar. Nitrat kan tillföras från vattnet eller genom nitrifikation av ammonium under förutsättningen att det finns tillgång på syre. Denitrifikationsprocessen sker därför i gränsskiktet mellan syrgasrika och syrgasfria förhållanden och denitrifikationshastigheten kan regleras av tillgången på syre (Ahlgren et al. 1993). Undervattensväxterna gynnar denitrifikationen, dels så förser vattenväxterna denitrifikationsbakterierna med organiskt kol och dels skapar växterna ytor för bakterierna att kolonisera. Under syrefria förhållanden kan vissa växter transportera ner syre till rotsystemet och på så sätt höja syremättnaden kring rötterna (Agami & Waisel, 1986). I områden där nitrifikationen begränsas av syrebrist kan denitrifikation vara gynnad av vattenväxterna då dessa syresätter sedimenten och på så sätt ökar ytan mellan det syrgasrika och syrgasfria sedimenten (Kemp et al. 1982).

Flader med mycket vegetation är av stor betydelse ur ett ekologiskt perspektiv och det är därför viktigt att man i den fysiska planeringen kan bedöma och värdera dessa områden.

1.4 MILJÖFÖRENINGENS ÅTGÄRDSPROGRAM

Miljöföreningen Södra Ragnabo har till Länsstyrelsen i Kalmar län meddelat vilka åtgärder de planerar att utföra för att förbättra miljö kvaliteten i vikarna Kitteln och Eneskärsviken. Nedan redogörs för de planerade åtgärderna i punktform. Punkterna A, B, C, D och E framgår även på kartan över Kitteln och Eneskärsviken, bilaga 2, och i Länsstyrelsen i Kalmar läns samrådsyttrande 2000-06-07 (dnr. 232-1381-0). Effekterna av de planerade åtgärderna diskuteras i kapitel 4.

1.3.1 ÖPPNANDE AV VÄGBANK (A)

Öppnande av vägbank mellan Kitteln och utanför liggande hav för att återskapa tidigare vattenförbindelse vid Saltskärsvägen. Vägbanken ut till Saltskär begränsar vattenutbytet och vattengenomströmningen i Kitteln. Arbetet medför att vägbanken grävs ut på en av miljöföreningen utvald plats, se bilaga 2, att en bro byggs på platsen och att en större mängd uppgrävda schaktmassor måste deponeras. Öppningens storlek planeras bli 1 x 4 meter. Vi diskuterar i bedömningen också effekterna av en större öppning (1 x 7 meter).

1.3.2 ÅTER ÖPPNANDE AV KANAL VID BASEN AV ENESKÄR (B)

Återöppnande av kanal, vid basen av halvön Eneskär, mellan Eneskärsviken och Kitteln. Idag utgörs detta område av en igenvuxen strandäng. Tidigare flödade vatten mellan vikarna i detta område. Arbetet medför att uppgrävda schaktmassor måste deponeras. Med tanke på djupet i vikarna där kanalen skall dras kan den inte bli särskilt djup. Det framgår inte heller av samrådsyttrandet vilken storlek kanalen skall ha. Här antas storleken uppgå till 0,5 x 5 meter.

1.3.3 RENSNING AV INLOPP TILL ENESKÄRSVIKEN (C)

Rensning av inloppet vid Eneskärsvikens öppning. Arbetet omfattar, enligt samrådsyttrandet, borttagning av stenar och av en mindre mängd sediment.

1.3.4 VASSLÅTTER OCH BORTTAGANDE AV VASSGYTTJA (D)

Vasslätter och borttagande av vassgyttja. Arbetet omfattar vegetationsröjning med hjälp av vassröjare i den inre delen av Eneskärsviken samt Kitteln. Arbetet medför att skördat biologiskt material måste deponeras.

1.3.5 SKÖRD AV UNDERVATTENSVÄXTER (E)

Skörd av undervattensvegetation. Arbetet omfattar skörd av undervattensväxter i vikarna Eneskärsviken och Kitteln. Arbetet medför att skördat växtmaterial måste deponeras.

2. METODER

2.1 MORFOMETRI (FORM) OCH UTBYTESTID

De morfometriska parametrarna (formparametrarna) som används för att beräkna vattenvoly- men och ytvattnets utbyteshastighet, har beräknats enligt metoder och formler i naturvårds- verkets rapport 1905 "Vattendynamik och botten- dynamik i kustzonen" (Håkanson, L. Kulins- ki, I & Kvarnäs, 1984). Strandlinjelängd, konturlinjelängd och ytor har uppmäts från vektorer på upprättade digitala kartor i kartprogrammet Ocad 7, med fastighetskartan som underlags- karta, skala 1:12500. Ytvattnets utbytestid har beräknats med formeln som redogörs för nedan i enlighet med Naturvårdsverkets rapport 3916 " Digital sjökortsinformation för beräkning av kustmorfometriska parametrar och ytvattnets utbytestid" (NV, 1991). Med formeln kan vatt- nets utbyteshastighet i en havsvik beräknas. Beräkningsförfarandet ger en mycket god förklar- ingsgrad, $r^2 = 0,93$, mellan predikterade utbytestider och empiriskt uppmätta utbytestider (NV, 1991). Sambandet kan skrivas;

$$\ln T_y = -4,36 \times v(100 \cdot \text{öppningsarean} / \text{vikarean}) + 3,49$$

Där

T_y = predikterad utbytestid
-4,36 och +3,49 = empiriska konstanter

2.2 BERÄKNING AV NÄRSALTSTILLFÖRSEL FRÅN LAND

Externtillförsel har beräknats enligt Naturvårdsverkets rapport 4490 "Växtnäring - en beräk- ningsmodell" (Wennerblom & Kvarnäs, 1996). I modellen finns inlagda schablonvärden för läckage av närsalter från olika marktyper, reningsverk, enskilda avlopp och kreatur. Med in- formation från kartering av de olika marktypernas areella utbredning, från kartmaterial och fältkontroller har tillförseln till recipienten beräknats med schablonvärden för mellansvenska förhållanden. Antal personekvivalenter i permanent- och fritidsfastigheter har beräknats med schablonvärden, från en opublicerad undersökning i Norrtälje kommun, som används av Länsstyrelsen i Stockholms län för att beräkna utsläpp från fastigheter med enskilda avlopp. Enligt dessa schabloner bebos varje enskild fastighet av 2,3 personer och fritidsfastigheterna bebos 110 dagar per år. I Kitteln, Eneskärsviken och Stengårdsviken har antalet personekviva- lenter uppskattats till 19, 15 respektive 15. Den beräknade externtillförseln ska inte uppfattas som något exakt värde utan som en uppskattning av storleken på tillförseln av kväve och fos- for till recipienten. Specifik avrinning i tillrinningsområdet uppgår till 6 l / (s x km²) enligt SMHI (1994).

2.3 BERÄKNING AV FOSFORTILLFÖRSEL FRÅN HAV.

Tillförseln av fosfor från havet har beräknats enligt formeln nedan. Beräkningen baseras på medelvärden för vattenutbyte per år och koncentrationen av närsalter i provtagningspunkt 6.

$$C = (R \times Ch)$$

Där

C = Tillförd mängd fosfor från hav per år

R = mängden utbytt vatten per år minus mängd tillfört vatten från land per år.

Ch = ämnets koncentration i havet

2.4 VATTENKEMI

De vattenkemiska proven är tagna på 0,5-1 meters djup. De vattenkemiska parametrarna har analyserats av ackrediterat vattenlaboratorium, Stockholm Vatten AB, enligt deras standard med avvikelsen att proverna varit frysta innan analys. Klorofyllhalten har analyserats av Professor Lena Kautsky, Botaniska institutionen vid Stockholms Universitet. Siktdjupet har kontrollerats med secchi-skiva.

2.5 VEGETATIONENS TÄCKNINGSGRAD OCH UTBREDNING

Vegetationen har inventerats längs transekter, vecka 32 år 2000, som placerats på representativa platser i varje vik. Transekterna har inventerats längs en sjunkande mätlina som utgår från strandlinjen och går ut mot vikens djupaste områden. Position för transektens utgångspunkt och slutpunkt har tagits med GPS, Garmin 12, dykinventering har sedan utförts längs mätlinan ned till det djupaste området. Under inventeringen har vegetationens naturliga zoner uppmäts med hänsyn till djuputbredning och utbredning efter mätlinan. Djupet är uppmätt vid botten med en analog djupmätare som kalibrerats vid vattenytan vid respektive inventeringsområdet. Inom varje zon har varje arts procentuella täckning av botten skattats, en meter åt vardera sida om mätlinan, enligt en 7-gradig skala, 0,1, 5, 10, 25, 50, 75 och 100 %. Varje arts djuputbredning och utbredning längs linan har också noterats.

Arternas täckningsgrad har beräknats med data från taxeringslinjerna med formeln:

$$\text{Täckningsgrad i procent av inventeringsyta} = S \cdot A \times (B \times C)$$

Där

A = artens täckningsgrad i zonen

B = zonens andel av taxeringslinjens längd

C = taxeringslinjens andel av taxeringslinjernas längd

Täckningsgraden är flerskiktad och tar hänsyn till hur tät vegetationen är i de vegetationsklädda områdena samt de vegetationsfria områdenas storlek.

Vegetationszonernas utbredning både undervattensvegetationen och övervattensvegetationen har mätts upp digitalt från kartor som sammanställts med hjälp av inventeringsmaterialet samt med fastighetskartan, skala 1:12500, som underlag.

3. VIKARNAS STATUS

3.1 TILLRINNINGSSOMRÅDET OCH EXTERN TILLFÖRSELN AV NÄRSALTER

Bergkvara samhälle ligger vid kusten i Torsås kommun, cirka 4 mil söder om Kalmar. Markanvändningen i landområdena längs kuststräckan domineras av jordbruk och andelen åkermark i det kustnära området är stor. Av de inventerade havsvikarna är Kitteln, Eneskärsviken och Stengårdsviken belägna vid fastlandet medan Österviken och Appleviken är vikar som ligger på kustnära öar. I Eneskärsviken, Kitteln och Stengårdsvikens tillrinningsområden finns även ett flertal permanent och fritidsfastigheter. Av dessa är flertalet inte anslutna till det kommunala avloppsvattennätet. I Stengårdsvikens tillrinningsområde finns ingen åkermark men flera bebodda fastigheter. Extern tillförseln är störst till de mest avsnörda och isolerade vikarna, område 1-3. Vattnet i dessa vikar har också den längsta utbyttestiden, se tabell 3. I tabell 2 och 3 redovisas ett område som kallas 1+2. Detta område utgörs av Kitteln och Eneskärsviken tillsammans, Kitteln och Eneskärsviken betraktas i detta exemplet som en vik.

Tillförseln av närsalter till vikarna har beräknats enligt Naturvårdsverkets rapport 4490 "Växtnäring - en beräkningsmodell" som beskrivs under metoder, kapitel 2.2. De värden som redovisas i tabell 2 skall inte uppfattas som några exakta värden utan som uppskattningar på extern tillförsels storlek. Extern tillförsel från havet har beräknats enligt formel i kapitel 2.3.

Tabell 2. Extern tillförsel av kväve och fosfor till vikarna. Område 1 = Kitteln, 2 = Eneskärsviken, 1+2 = Kitteln och Eneskärsviken tillsammans, 3 = Stengårdsviken, 4 = Österviken, 5 = Appleviken.

Område	1	2	1+2	3	4	5
Kväve (ton från land/år)	0,10	0,55	0,65	0,07	0,03	0,01
Fosfor (kg från land/år)	9,9	44,6	54,5	7,5	0,29	0,08
Fosfor (kg från hav /år)	-	-	60	-	-	-
Fosfor (kg total/år)	-	-	114,5	-	-	-
Fosfor (% från land)	-	-	48	-	-	-

3.2 VIKARNAS FORM

De inventerade vikarna är små och grunda med areor mellan 0,006-0,080 km² och maxdjup mellan 1-2 m. Vattenvolymen i vikarna är följaktligen relativt liten, se tabell 3. De inventerade vikarnas öppenhet mot havet utanför varierar vilket kraftigt påverkar vattnets utbyttestid i havsvikarna. Utbyttestiden varierar från 0,3-16,7 dygn. Kitteln, Eneskärsviken och Stengårdsviken är kraftigt avsnörda och trösklade, det vill säga att maxdjupet i vikarna är större än djupet i deras öppningar. Det tar mycket längre tid för vattnet i dessa vikar att bytas ut, jämfört med Österviken och Appleviken, som är breda och relativt djupa i sina öppningar.

Samtliga vikar är mycket grunda, djupet varierar mellan 1 och 2 meter i de undersökta vikarna. I tabell 3 nedan, redovisas de uppmätta morfometriska parametrarna.

Tabell 3. Vikarnas hydrologi och morfometri. Område 1 = Kitteln, 2 = Eneskärsviken, 1+2 = Kitteln och Eneskärsviken tillsammans, 3 = Stengårdsviken, 4 = Österviken, 5 = Appleviken.

Område	1	2	1+2	3	4	5
Area (km ²)	0,023	0,057	0,080	0,015	0,027	0,006
Maxdjup (m)	1,1	1,5	1,5	1,1	2	1,5
Medeldjup (m)	0,6	1	0,9	0,5	0,75	1,1
Volym (m ³)	13806	56489	70295	8238	19925	4845
Öppningsarea (m ²)	5,5	30,5	30,5	5,5	120,5	69
Öppningsbredd (m)	22	40	40	8	89	63
Öppningsdjup (m)	0,6	1	1	1	2	1,5
Enkla öppenheten (dim.lös)	0,024	0,053	0,038	0,037	0,452	1,100
Vattnets utbytestid (dygn)	16,7	12,1	14,1	14,3	1,8	0,3
Volymutveckling (dim.lös)	1,66	1,97	1,71	1,49	1,12	1,55
Effektiv fetch (km)	0,22	0,67	0,67	0,48	0,33	0,28
Strandflikighet (dim.lös)	1,23	1,09	1,57	1,02	1,14	1,31

3.3 VATTENKEMI

3.3.1 NÄRSALTER

Totalfosforhalten i vikarna varierade mellan 45 µg/l och 29 µg/l. Högst var totalfosforhalten i Kitteln, Eneskärsviken, och Stengårdsviken. I dessa vikar, som helt uppenbart är kraftigt påverkad av övergödning, uppgick totalfosforhalten till 45 µg/l, 42 µg/l, respektive 43 µg/l. I Appleviken och i Österviken var totalfosforhalten 30 µg/l respektive 29 µg/l. I det utanförliggande havet uppgick totalfosforhalten till 33 µg/l.

Totalkvävehalten i vikarna varierade mellan 200 och 360 µg/l. De högsta värdet uppmättes i Kitteln. Där uppgick halten till 360 µg/l. Kvävehalten varierade mellan 200-360 µg/l i de undersökta vikarna. Lägst var totalkvävehalten i Eneskärsviken och i Österviken med 200 µg/l respektive 210 µg/l. I havet utanför vikarna uppgick totalkvävehalten till 240 µg/l.

3.3.2 KLOROFYLL

Halten klorofyll a varierade i de undersökta vikarna mellan 1,7 µg/l och 7,3 µg/l. I Stengårdsviken och Österviken var klorofyll a halterna högst, 7,3 µg/l respektive 5,1 µg/l. Lägst var halten i Kitteln och vid provtagningspunkt 6 i havet utanför vikarna, se tabell 4.

Den totala klorofyllhalten, summan av klorofyll a, b och c, var ungefär dubbelt så hög som klorofyll a halten. De vikar med högst klorofyll a halt hade också högst total klorofyllhalt, se tabell 4.

3.3.3 SIKTDJUP

Ljusförhållandena var mycket goda i samtliga vikar. Siktdjupet tangerade maxdjupet i alla områden. Vid provtagningspunkt 6, i öppna havet, var siktdjupet 4,5 meter.

3.3.4 SYREMÄTTNAD

Kitteln, Eneskärsviken och Stengårdsviken var kraftigt övermättade vad det gäller syre i vattenet. I övriga undersökta områden var mättnadsgrad mer normal och uppgick ungefär till 100 %.

Tabell 4. Vattenkemi i de undersökta vikarna och vid provtagningspunkt 6. Område 1=Kitteln, 2 = Eneskärsviken, 3 = Stengårdsviken, 4 = Österviken, 5 = Appleviken, 6 = provtagningspunkt 6.

Område	1	2	3	4	5	6
Totalfosfor (µg/l)	45	42	43	29	30	33
Totalkväve (µg/l)	360	200	290	210	250	240
Klorofyll a (µg/l)	1,7	3,4	7,3	5,1	2,1	1,2
Klorofyll totalt (µg/l)	2,7	6,5	15,2	11	5,3	1,9
Siktdjup (m)	1,1	1,5	1,1	2	1,5	4,5
Syrehalt (mg/l)	11,3	11,1	13,0	9,4	8,3	10,1
Syremättnad (%)	125	134	131	98	92	104
Temperatur (C)	19,3	19,5	19,1	17,7	17,3	16,2

3.3 VATTENVEGETATION

3.3.1 VEGETATIONSZONERNAS UTBREDNING

Vegetationszonernas utbredning beskriver hur stor area (i % av vikarea) de olika växtzonerna har och säger ingenting om täckningsgraden. Inslaget av övervattensvegetation är relativt litet i samtliga vikar med undantag för Stengårdsviken, se tabell 5. I de öppna vikarna Österviken och Appleviken förekom nästan ingen övervattensvegetation. I dessa vikar dominerade undervattensvegetationen. Vegetationsfria zoner hade inte utvecklats i någon vik. I Eneskärsviken fanns ett område centralt i viken där ett tjock grönsläcksskikt låg direkt på botten. I detta område förekom nästan ingen annan undervattensvegetation, vilket tyder på att ett vegetationsfritt område är på väg att utvecklas. Detta område har markerats med en cirkel, 40 meters diameter, i ena transekten på kartan i bilaga 2.

Tabell 5. Vegetationszonernas utbredning (% av vikarea). Område 1=Kitteln, 2 = Eneskärsviken, 3 = Stengårdsviken, 4 = Österviken, 5 = Appleviken.

Områdes	1	2	1+2	3	4	5
Övervattensväxter zon	13	11	12	25	0,5	0
Undervattensväxt zon	87	89	88	75	99,5	100
Vegetationsfri zon	0	0	0	0	0	0

3.3.2 ARTSAMMANSÄTTNING OCH TÄCKNINGSGRAD

Artsammansättningen var ganska lika i de avsnörda vikarna (område 1-3) och de öppna vikarna (område 4 och 5). Några arter förekom dock endast i endera av viktyperna. Kransalgen grönsträfsse (*Chara baltica*) påträffades endast i Kitteln och Eneskärsviken. Kransalgen raggsträfsse (*Chara horrida*), som är endemisk för Östersjön och klassificeras som sårbar i den nationella rödlistan, påträffades endast i Kitteln. Endast några enstaka exemplar av dessa kransalger påträffades. Raggsträfsse förekommer nästan alltid i enstaka exemplar medan grönsträfsse kan vara bältesbildande. Kransalgen borststräfsse (*Chara aspera*) påträffades i område 2, 4 och 5. Borststräfsse är vanligare på sand- och grusbotten än på dybotten. Detta förklarar förmodligen utbredningsmönstret då även den kraftigt avsnörda Eneskärsviken har en del sand- och grusbotten längs den södra och västra stranden. Borststräfsse kan liksom grönsträfsse vara bältesbildande men endast enstaka exemplar påträffades under inventeringen.

De arter som förekom i samtliga vikar var blåstång (*Fucus vesiculosus*) både fastsittande och fritt liggande på botten, skruvning (*Ruppia chirrosa*), borstnate (*Potamogeton pectinatus*), axslinga (*Myriophyllum spicatum*) samt grönslick som i den här inventeringen till största del består av *Cladophora glomerata* men även till viss del av *Spirogyra sp.*

I de avsnörda vikarna var vegetationens täckningsgrad mycket högre än i de öppna vikarna, Österviken och Appleviken. I tabell 6 redovisas täckningsgraden, i % av inventeringsyta, för respektive art och totalt. Den totala täckningsgrad i Kitteln, Eneskärsviken och Stengårdsviken är större än 100 %, vilket kan förefalla märkligt. Att täckningsgraden överskrider 100 % beror på att täckning för varje art har summerats till en total täckningsgrad och att de olika växterna växer i olika skikt. Om siktförhållandena är goda finns ofta ett skikt med relativt små arter nere vid botten. Dessa övertäcks sedan av större växter som borstnate och axslinga. I Kitteln, Eneskärsviken och Stengårdsviken övertäcktes de undre och övre växtskikten också av ett mycket tät skikt av grönslick.

I de tre avsnörda vikarna dominerades vegetationen av grönslick som låg som ett tjockt täcke över undervattensväxterna. Förekomsten av grönslick var extrem, värst var situationen i Stengårdsviken. I Eneskärsviken var situationen något bättre än i Stengårdsviken och Kitteln men i den centrala delen av Eneskärsviken var grönslickstäckets lika kraftigt som i de två mindre vikarna. I Eneskärsvikens centrala del låg grönslickens på botten och annan undervattensvegetation saknades nästan helt. Detta tyder på att en vegetationsfri yta var på väg att utvecklas i viken. I de öppna vikarna växte vegetationen mycket glesare än i de avsnörda och grönslickens täckningsgrad var mycket lägre. Grönslickens relativa täckningsgrad, artens procentuella bidrag till den totala täckningen, var dock relativt hög även i dessa vikar. Samma förhållande gäller för de näringsgynnade arterna borstnate och axslinga. Den relativa täckningsgraden för skruvning var betydligt högre i de öppna vikarna.

I den västra, grunda delen av Kitteln fanns ett område med havsnajas som inte inventerades i transekten. Arten har alltså en högre täckningsgrad i Kitteln än vad som framgår i tabell 6 och 7, se även bilaga 2.

Tabell 6. Undervattensväxternas täckningsgrad (% av inventeringsyta). Område 1=Kitteln, 2 = Eneskärsviken, 3 = Stengårdsviken, 4 = Österviken, 5 = Appleviken. * = havsnating och skruvnating har ej separerats under inventeringen.

Område	1	2	3	4	5
Art					
Borststräfsse	0	< 1	0	< 1	< 1
Grönsträfsse	< 1	< 1	0	0	0
Raggsträfsse	< 1	0	0	0	0
Snärjtång	0	7	0	< 1	< 1
Blåstång	< 1	6	< 1	< 1	1,2
Hornsärv	< 1	< 1	0	< 1	< 1
Najas	< 1	0	< 1	0	0
Havsnating	*	0	*	0	0
Skruvnating	3	< 1	23	9	10
Särv	0	0	23	0	7
Borstnate	36	39	63	7	5
Axslinga	15	12	29	8	< 1
Vitstjälksmöja	0	< 1	0	< 1	0
Dvärg/nålsäv	< 1	< 1	0	< 1	0
Grönslick	70	44	92	8	12
Tarmtång	0	0	0	< 1	< 1
Total täckning i transekt (m2)	326	447	480	84	72
Vegetationstäckt yta (%)	124	108	229	35	36
Vegetationsfri yta (%)	0	0	0	65	64

Tabell 7. Undervattensväxternas relativa täckningsgrad (% av vegetationens totala täckning i transekt). Område 1=Kitteln, 2 = Eneskärsviken, 3 = Stengårdsviken, 4 = Österviken, 5 = Appleviken. * = havsnating och skruvnating har ej separerats under inventeringen.

Område	1	2	3	4	5
Art					
Borststräfsse	0	< 1	< 0	< 1	< 1
Grönsträfsse	0	< 1	0	< 1	< 1
Chara baltica	< 1	< 1	0	0	0
Raggsträfsse	< 1	0	0	0	0
Snärjtång	0	6	0	< 1	< 1
Blåstång	< 1	6	< 1	1,4	3
Hornsärv	< 1	< 1	0	< 1	< 1
Najas	< 1	0	< 1	0	0
Havsnating	*	0	*	0	0
Skruvnating	3	< 1	10	26	28
Särv	0	0	10	0	19
Borstnate	29	36	27	21	14
Axslinga	12	11	12	24	3
Vitstjälksmöja	0	< 1	0	< 1	0
Dvärg/Nålsäv	< 1	< 1	0	3	0
Grönslick	56	41	40	23	33
Tarmtång	0	0	0	< 1	< 1

3.4 DELSAMMANFATTNING

Externtillförseln var störst till de mest avsnörda och isolerad vikarna Kitteln, Eneskärsviken och Stengårdsviken. Vattnet i dessa vikar har också den längsta utbytestiden.

Totalfosforhalten var högst i Kitteln, Eneskärsviken, och Stengårdsviken. I dessa vikar uppgick totalfosforhalten till 45 µg/l, 42 µg/l, respektive 43 µg/l. I Appleviken och i Österviken var totalfosforhalten 30 µg/l respektive 29 µg/l. I det utanför liggande havet uppgick totalfosforhalten till 33 µg/l. Enligt de bedömningsgrunder vi tagit fram för totalfosforhalter i flader klassificeras Kitteln, Eneskärsviken och Stengårdsviken till tillståndsklass 3, Höga halter. Våra undersökningar av flader i Stockholms skärgård visar att fladerna når en brytpunkt vid ungefär 40 µg totalfosfor/l, då fladen övergår från ett stadium med dominans av bottenfast undervattensvegetation till ett stadium med dominans av växtplankton. Följden av en sådan övergång blir en försämrad vattenkvaliteten med höga halter av växtplankton, minskat siktdjup, syrebrist och svavelvätebildning i bottenvattnet. Kitteln, Eneskärsviken och Stengårdsviken är enligt oss nära ett sådant skifte. Att vikarna ännu inte slagit över beror på att de är så grunda att undervattensväxter kan kolonisera hela bottenarean. De bottenfasta växterna har en stor negativ inverkan på mängden resuspenderat material i grunda områden och påverkar siktdjupet positivt genom att de hindrar resuspention av sedimenten. Undervattensväxterna verkar på så sätt buffrande mot övergödningseffekterna.

Tabell 8. Tillståndsklasser för totalfosfor (mg/l) i ytvattnet (0,5-1 meters djup). Klasserna är uppdelade på 25:e 50:e och 75:percentilerna på värden från 1-2 provtagningar under Augusti åren 1995, 1997 och 1999 (Dahlgren & Kautsky, in manus).

Halt (mg/l)	Klass	Benämning
> 32	1	Låg till måttligt låg halt
32-40	2	Måttligt hög halt
40-50	3	Hög halt
< 50	4	Mycket hög halt

Totalkvävehalten i vikarna varierade mellan 200 och 360 µg/l. De högsta värdet uppmättes i Kitteln. Där uppgick halten till 360 µg/l. Lägst var totalkvävehalten i Eneskärsviken och i Österviken med 200 µg/l respektive 210 µg/l. I havet utanför vikarna uppgick totalkvävehalten till 240 µg/l. Våra undersökningar av liknande havsvikar i Stockholms skärgård visar att en havsviks kvalitativa status inte avspeglas av totalkvävehalten i vattenmassan. Totalkvävehalten i de vikar som undersökts i det här arbetet, liksom i vikarna i Stockholms skärgård, varierar på ett sätt som är svårt att förklara. Både Kitteln och Eneskärsviken är tydligt påverkade av övergödning men samtidigt är skillnaden i totalkvävehalten stor.

Enligt de bedömningsgrunder vi tagit fram för flader (Dahlgren & Kautsky, in manus) är klorofyllhalterna (klorofyll totalt) i Kitteln, Eneskärsviken och Appleviken att betrakta som låga till måttligt låga, tillståndsklass 1. Österviken klassificeras till tillståndsklass 2, måttligt höga halter och Stengårdsviken till tillståndsklass 3, hög halt, se tabell 9. Orsaken till att klorofyllhalterna är relativt låga i Kitteln och Eneskärsviken är att en stor del av närsalterna binds upp i den täta vegetationen istället för att assimileras av växtplankton. Förekomsten av undervattensväxter påverkar tillväxten av växtplankton negativt på flera sätt.

När klorofyllhalterna i en havsvik blir höga, klass 3 enligt våra bedömningsgrunder, finns det en stor risk att produktionen av biomassa övergår från ett stadium med dominans av bottenfasta undervattensväxter till ett stadium med dominans av växtplankton. Ett sådant skifte medför på många sätt en försämring av vattenkvaliteten och försämrade förutsättningar för höga biologiska värden. Bland annat kan ett sådant dominansskifte medföra att vattnets syremättnaden försämras samt att en interntillförsel av fosfor från sedimenten initieras. Siktdjupet är fortfarande stort i vikarna vilket beror på att den täta vegetationen förhindrar växtplankton-tillväxt och resuspension av bottensediment. Syresättningen var hög i vattenmassan vid inventeringstillfället. I vikarna med höga totalfosforhalter och mycket stor vegetationstäckning, Kitteln, Eneskärsviken och Stengårdsviken var syresättningen av vattnet kraftigt övermättad. Detta beror på att växternas produktion av biomassa var mycket stor, vilket medför att växterna via fotosyntesen tillför vattnet syre. Det tjocka lagren av grönslick i vikarna har förmodligen en mycket stor påverkan på syremättnaden. Grönslick har dock en relativt kort livscykel och när algen dör kommer den att falla till botten och istället för att producera syre kommer nedbrytningen av växten att konsumera syre, vilket förorsakar syrebrist i bottenvattnet. Detta är förmodligen en process som pågår i Eneskärsviken och som skapat det område i den centrala delen av viken som vid inventeringen var nästan helt utan bottenfast undervattensvegetation, se bilaga 2.

Tabell 9. Tillståndsklasser för klorofyllhalt (mg/l) i ytvattnet (0,5-1 meters djup). Tillståndsklasserna är uppdelade på 25:e, 50:e och 75:percentilerna på värden från 1-2 provtagningar under Augusti åren 1995, 1997 och 1999 (Dahlgren & Kautsky, in manus).

Halt (mg/l)	Klass	Benämning
> 10	1	Låg till måttligt låg halt
10-15	2	Måttligt hög halt
15-20	3	Hög halt
< 20	4	Mycket hög halt

Sammanfattningsvis kan sägas att närsaltstillförseln från land till de kraftigt avsnörda vikarna Kitteln, Eneskärsviken och Stengårdsviken är mycket hög. Vikarna är tydligt påverkade av övergödning med höga totalfosforhalter i vattenmassan och mycket hög täckningsgrad av undervattensvegetation. Ett tjockt lager med grönslick täcker den fastsittande undervattensvegetationen i dessa vikar vilket är ett mycket tydlig tecken på övergödning. Grunda vegetationsklädda vikar tål en stor belastning av närsalter och vegetationen i dessa områden fungerar som en buffert mot övergödningseffekterna. Vår bedömning är dock att Kitteln, Eneskärsviken och Stengårdsviken nått gränsen för vad de klarar av, vad det gäller belastning av närsalter. Effekterna av övergödningen i dessa vikar kommer, om inget görs, med all sannolikhet att bli ännu tydligare.

4. BEDÖMNING AV EFFEKTER

4.1 INLEDNING

Kitteln och Eneskärsviken är kraftigt påverkade av övergödning av närsalter, kväve och fosfor. Externtillförseln av närsalter till vikarna från land är mycket stor och nästan 50 % av fosfor som tillförs Kitteln och Eneskärsviken kommer från land, se tabell 2. Enligt våra beräkningar tillförs nästan 70 % av kvävet och drygt 95 % av fosfor från enskilda avlopp till Kitteln. Av den mängd fosfor som tillförs Eneskärsviken från land kommer ungefär 80 % från åkermarken i tillrinningsområdet. Den stora tillförseln av närsalter från land är grunden till problemen i vikarna. I ett längre perspektiv kan kvaliteten i vikarna endast förbättras genom att tillförseln av närsalter minskas.

De avsnörda kustnära havsvikarna fungerar som biologiska filter. Med andra ord så binds en stor del av de närsalter som tillförs havet upp i vegetationen i dessa vikar och ackumuleras i bottenarna i vikarna. Genom biofiltereffekten minskar belastningen på havsområdena utanför vikarna. Ett problem som uppstår då man muddrar öppningen och ökar omsättningshastigheten i en avsnörd vik är att man för ut mer närsalter i havsområdet utanför och för övergödningproblemet ett steg ut i skärgården. För att rädda en enskild vik som är nära att slå över till ett växtplankton dominerat tillstånd kan man dock, som akut åtgärd, muddra upp öppningen och öka vattengenomströmningen. Ett sånt ingrepp borde enligt oss endast göras om man har en långsiktig plan för att minska extertillförseln från land och samtidigt ser till att göra ingreppet reversibelt. Med andra ord att öppningens ursprungliga storlek kan återställas då externbelastningen från land har åtgärdats. Det material som måste tas om hand efter muddring och skörd bör absolut deponeras utanför vikarnas tillrinningsområde.

4.1.1 ÖPPNANDE AV VÄGBANK (A)

Öppnande av vägbank mellan Kitteln och utanförliggande hav skulle medföra en snabbare omsättningen av vattnet i Kitteln och i Eneskärsviken och att mer vatten från havet utanför skulle tillföras vikarna. Idag är totalfosforhalten i vikarna hög, 45 $\mu\text{g/l}$ i Kitteln och 42 $\mu\text{g/l}$ i Eneskärsviken. Vattnets utbytestid i vikarna beräknas av oss idag uppgå till 14 dygn, se tabell 3 (område 1+2). Öppnandet av vägbanken skulle medföra att vikarnas öppningsarean mot havet utanför ökar från ungefär 30,5 m^2 till 34,5 m^2 . Förändringen av öppningens storlek skulle medföra att vattnets utbytestid (omsättningstid) förändrades från 14,1-13,3 dygn, vilket skulle medföra att mängden tillförd fosfor per liter vatten i vikarna skulle minska från 67 $\mu\text{g/l}$ till 65 $\mu\text{g/l}$, beräknat på årstillförseln av fosfor från land och från hav samt på mängden vatten som omsätts i vikarna per år i de olika alternativen.

Om öppningen i vägbanken istället görs 7 m^2 skulle vattnets utbytestid förändras från 14,1-12,8 dygn och tillförseln av havsvatten skulle öka med 184813 $\text{m}^3/\text{år}$ (11%). Detta skulle medföra att mängden tillförd fosfor per liter vatten i vikarna skulle minska från 67 $\mu\text{g/l}$ till 63 $\mu\text{g/l}$, beräknat på årstillförseln av fosfor från land och från hav samt på mängden vatten som omsätts i vikarna per år. I dessa exempel har vi beräknat utspädningseffekten på område 1+2, Kitteln och Eneskärsviken tillsammans. I verkligheten kan man förvänta sig att de positiva effekterna blir tydligare i Kitteln än i Eneskärsviken.

Åtgärden att öppna vägbanken skulle alltså till viss del påverka och minska totalfosforhalten i vattnet, vilket skulle vara gynnsamt för arter som missgynnas av övergödning, bland annat havsnajas och kransalger. Då totalfosforhalten i vikarna idag överskrider 40 µg/l, vilket enligt oss är ett tröskelvärde då en flad övergår till ett växtplanktondominerat tillstånd, är det meningsfullt och viktigt att öppna vägbanken även om förändringen i utspädning av tillförd fosfor ter sig liten. Öppningen i vägbanken planeras bli 4 meter bred. Ovan har vi också beräknat utspädningen av tillförd fosfor under förutsättningen att öppningen görs 7 meter bred. Resultatet från beräkningarna talar för att öppningen görs bredare än planerade 4 meter.

En ökad vattenomsättning kan också medföra att bottensedimenten resuspenderas vilket skulle få till följd att siktdjupet försämras och sannolikt också att en del av den fosfor som finns i sedimenten förs ut i vattenmassan. En tät vegetation förhindrar en sådan resuspension och intergödning. Vidare kan en ökad omsättning påverka vattentemperaturen i vikarna. De grunda vikarna värms upp snabbt och tidigt på våren vilket är viktigt för flera fiskarter som reproducerar sig i vikarna. Förändringen i vattnets utbytetid är i det här fallet så liten och utbytetiden beräknas av oss att uppgå till 12,8 dygn efter öppnandet av vägbanken (1 x 7 meter) varför vår bedömning är att vikarna även efter åtgärden kommer att värmas upp snabbt och vara attraktiva reproduktionsområden för vårlekande fisk.

4.1.2 ÅTER ÖPPNANDE AV KANAL VID BASEN AV ENESKÄR (B)

Återöppnande av kanalen mellan Eneskärsviken och Kitteln kommer medföra att vattnet flödar snabbare mellan vikarna och att vattnet i Eneskärsviken gynnas mer av att vattenytbytet i vikarna ökar på grund av öppningen i vägbanken, se 4.1.2. Idag utgörs detta område av en igenvuxen strandäng. Denna strandäng kommer med tiden att helt växa igen med vass då strandbetet i området upphört. Då det tidigare flödade vatten mellan vikarna i det aktuella området kan man anta att området inte hyser några naturvärden som är förknippade med det tidigare strandbetet kring vikarna. Åtgärden borde därför inte få några direkt negativa effekter på strandängsfloran. Ett problem som däremot kan befaras är att man inledningsvis får en uppgrumling av lösa sediment från kanalen. Vattenrörelserna blir som kraftigast i smala sund vilket medför att det i princip alltid är erosionsbottnar i sunden. Skiktet av organiska material och sediment torde inte vara särskilt kraftigt i det område där kanalen planeras och uppgrumlingen av sediment borde därför avta relativt snabbt efter att kanalen genomströmmats av vatten. Det kan dock vara klokt att muddra upp området under hösten så att vattnet får rensa bort kvarvarande sediment under en biologiskt inaktiv period.

4.1.3 RENSNING AV INLOPP TILL ENESKÄRSVIKEN (C)

Rensning av inloppet vid Eneskärsvikens öppning kommer endast att omfatta borttagande av lösa stenar då det är erosionsbotten i öppningen och lösa sediment saknas. Ingreppet kommer att vara mycket litet och kommer inte att påverka Eneskärsviken. De stenar som tas bort kan deponeras på lämplig plats.

4.1.4 VASSLÅTTER OCH BORTTAGANDE AV VASSGYTTJA (D)

Miljöföreningen planerar att företa slåtter av vass och borttagande av vassgyttja. Arbetet omfattar vegetationsröjning med hjälp av bland annat vassröjare i den inre delarna av Eneskärsviken och Kitteln. Övervattensväxterna växer oftast utmed stränderna. I områden med hög strandflikighet, en flikig och oregelbunden strandlinje, ökar den koloniserbara ytan för övervattensväxterna. En kraftig zon av övervattensväxter fungerar som ett filter för tillrinnande fosfor och kväve. Valiela et al. (1997) visar att det finns starka samband mellan storleken på de gräsbevuxna strandområdena och minskade kvävehalter i recipienten vilket dels kan förklaras med bioackumulation och dels med en hög denitrifikation i dessa område.

Skörd av vass i vikarna kan, om den utförs med oförsiktighet, få som effekt att växtzonens filtereffekt avtar och att än större mängder av kväve och fosfor förs ut i vikarna från tillrinningsområdet. För att undvika igenväxning av vikarna men samtidigt bibehålla filtereffekten bör skörden koncentreras på de "vassöar" som växt till ute i vattnet och som inte har kontakt med strandzonen, se bilaga 2. Vidare kan förmodligen också vassen kring grynnan i den norra delen av viken skördas utan att filtereffekten påverkas, under förutsättning att skördning inte sker för nära land mellan grynnan och den norra stranden. Centralt i den sydvästra vassbevuxna viken i Eneskärsviken finns en relativ stor vasskoloni som förmodligen också kan skördas utan att filter effekten påverkas. I detta område är det dock särskilt viktigt att man undviker skörd av vassbältet närmast stranden då en stor del av närsalttillförseln från land förmodligen avrinner via denna vik.

I samtliga områden som bedömts som skördbara kommer vassen att ersättas av undervattensväxter, vilka kommer att assimilera närsalterna istället för vassen. I Kitteln finns inget område som uppenbart kan skördas utan att filtereffekten påverkas.

4.1.5 SKÖRD AV UNDERVATTENSVÄXTER (E)

Mekanisk bekämpning av undervattensväxter i grunda vikar är problematiskt på flera sätt. En nackdel med mekanisk bekämpning är att den måste upprepas med relativt täta intervall och att effekten av beskärning och skörd av vattenväxter beror på vilken art som beskärs samt på miljöförhållandena på platsen. Hur lång tid det tar innan undervattensväxterna återkoloniserar ett skördat område beror vidare på hur gynnsam miljön är för ny tillväxt, till exempel på tillgången av ljus och närsalter och på vilka spridningsenheter arterna har, det vill säga utlöpare, hibernakler, groddknoppar och avklippta skott med mera som kan rota sig igen. Skördemetoden måste således anpassas till förekommande växtarter för att den ska bli så effektiv som möjligt. Professor Lena Kautsky, vid Stockholms Universitet, har utvecklat metoder anpassade för olika artsammansättningar och miljöförhållanden.

Om skörd ska företas efter samråd med Länsstyrelsen kan dessa metoder användas. Om man väljer att gå vidare med skörd av undervattensväxter bör skörden ske i slutet av september. Under antagandet att skörden sker på ett sätt som inte är anpassat efter de förhållanden som råder i vikarna kommer de bottenfasta arterna borstnate och axslinga att gynnas då dessa har speciella spridningskroppar som kan komma att spridas ut ännu mer i vikarna.

Ett annat problem med skörd av undervattensväxter i grunda avsnörda havsvikar är konkurrensförhållandet mellan undervattensväxter och växtplankton. Primärproducenterna i vikarna tillväxer så länge det finns förutsättningar för tillväxt. Om man tar bort undervattensväxterna finns det alltså en risk att produktionen övergår till ett förhållande med dominans av växtplankton, vilket medför många negativa effekter på miljökvaliteten i vikarna, se kapitel 1.3. Om man skördar vattenväxterna, som förhindrar resuspension av bottensediment, samtidigt som man öppnar vägbanken och ökar vattenomsättning i vikarna, vilket är gynnsamt för resuspensionen, finns det enligt oss en stor risk att man för vikarna in i ett växtplanktondominerat tillstånd.

Vår bedömning är att det finns en betydande risk att Kitteln och Eneskärsviken övergår från ett tillstånd med dominans av undervattensväxter till ett växtplankton dominerat tillstånd vid skörd av undervattensvegetation. Detta skulle medföra att vattenkvaliteten i vikarna försämras och att vikarnas filter- och reningseffekter, som är mycket värdefulla, förloras.

Ett alternativ till skörd av undervattensväxter är en riktad skörd av grönslick. En sådan skörd skulle medföra att man för närsalter ut ur systemet samtidigt som man lämnar den för vikarna så viktiga bottenfasta vegetationen orörd. Då grönslicken faller ner till botten och förmultnar åtgår syre i bottenvattnet. Om ett syrefritt skikt uppstår närmast botten får det som följd att fosfor släpper från sedimenten och förs ut i vattenmassan. Med andra ord skulle vattenkvaliteten i vikarna kunna förbättras på flera sätt genom skörd av grönslick. Vi känner dock inte till någon metod som lämnar den bottenfasta vegetationen orörd. Förmodligen måste skörden ske manuellt och upprepas flera gånger under tillväxtperioden.

REFERENSER

Agami, M. & Waisel, Y., 1986: The ecophysiology of roots of submerged vascular plants. *Physiologie Vegetale* 24.

Ahlgren, I., Sörensen, F., Vrede, K & Waraa, T., 1994: Nitrogen Budgets in Relation to Microbial Transformation in Lakes. *Ambio* Volume XXIII number 6.

Anderson, G., Blindow, I., Hargeby, A & Johansson, S., 1990: Det våras för Krankesjön. *Ansö* 29.

Dahlgren, S & Kautsky, L., i manus: Fladmanualen.

Håkanson, L., Kulinski, I & Kvarnäs, H., 1984: Vattendynamik och bottendynamik i kustzonen. Statens Naturvårdsverk, SNV PM 1905.

Jansson, M., Randersson, Berggren, H & Leonardson, L., 1994: Wetlands and Lakes as Nitrogen Traps. *Ambio* Volum xxIII number 6.

Kemp, W.M., Wetzel, R. L., Boynton, W. R., D'Elia, C. F & Stevenson, J. C., 1982: Nitrogen Cycling and Estuarine Interfaces: Some Current Concept and Research Directions. Academic Press.

NV. 1991: Digital sjökortsinformation för beräkning av kustmorfometriska parametrar och ytvattnets utbyttestid. Rapport 3916. Statens Naturvårdsverket, Solna.

Scheffer, M., 1998: Ecology of Shallow lakes. Population and community biology series 22. Chapman & Hall.

SMHI., 1994: Sveriges Vattenbalans. Årsmedelvärden av nederbörd, avdunstning och avrinning, 1961-1990. SMHI HYDRO nr 49, 1994.

Valiela, I. McClelland, J. Hauxwell, J. Behr, P.J. Hersh, D. & Foreman. K., 1999: Macroalgal blooms in shallow eustaries: Controls and ecophysiological and ecosystem consequences. *Lummiol Oceanogr.* 42 (5 part 2) 1997.

Van den Berg, M.S., Coops, H., Meijer. M.L., Scheffer, M & Simon, J., 1997: Clear water associated with a dense Chara vegetation in the shallow and turbid Lake Veluwemeer, The Netherlands, in E Jeppesen, M, Søndergaard & K Christoffersen (eds.) The structuring role of submerged macrophytes in lakes.

Wennerblom, T & Kvarnäs, H., 1996: Växtnäring- en beräkningsmodell. Statens Naturvårdsverkets, rapport 4490.

BILAGOR

BILAGA 1. ÖVERSIKTSKARTA ÖVER UNDERSÖKNINGSOMRÅDET.

BILAGA 2. ÖVERSIKTLIG DJUP- OCH VEGETATIONSKARTA, OMRÅDE 1 OCH 2, KITTELN OCH ENESKÄRSVIKEN.

BILAGA 3. ÖVERSIKTLIG DJUP- OCH VEGETATIONSKARTA, OMRÅDE 3 OCH 4, STENGÅRDSVIKEN OCH APPELVIKEN.

BILAGA 4. ÖVERSIKTLIG DJUP- OCH VEGETATIONSKARTA, OMRÅDE 5, ÖSTERVIKEN.