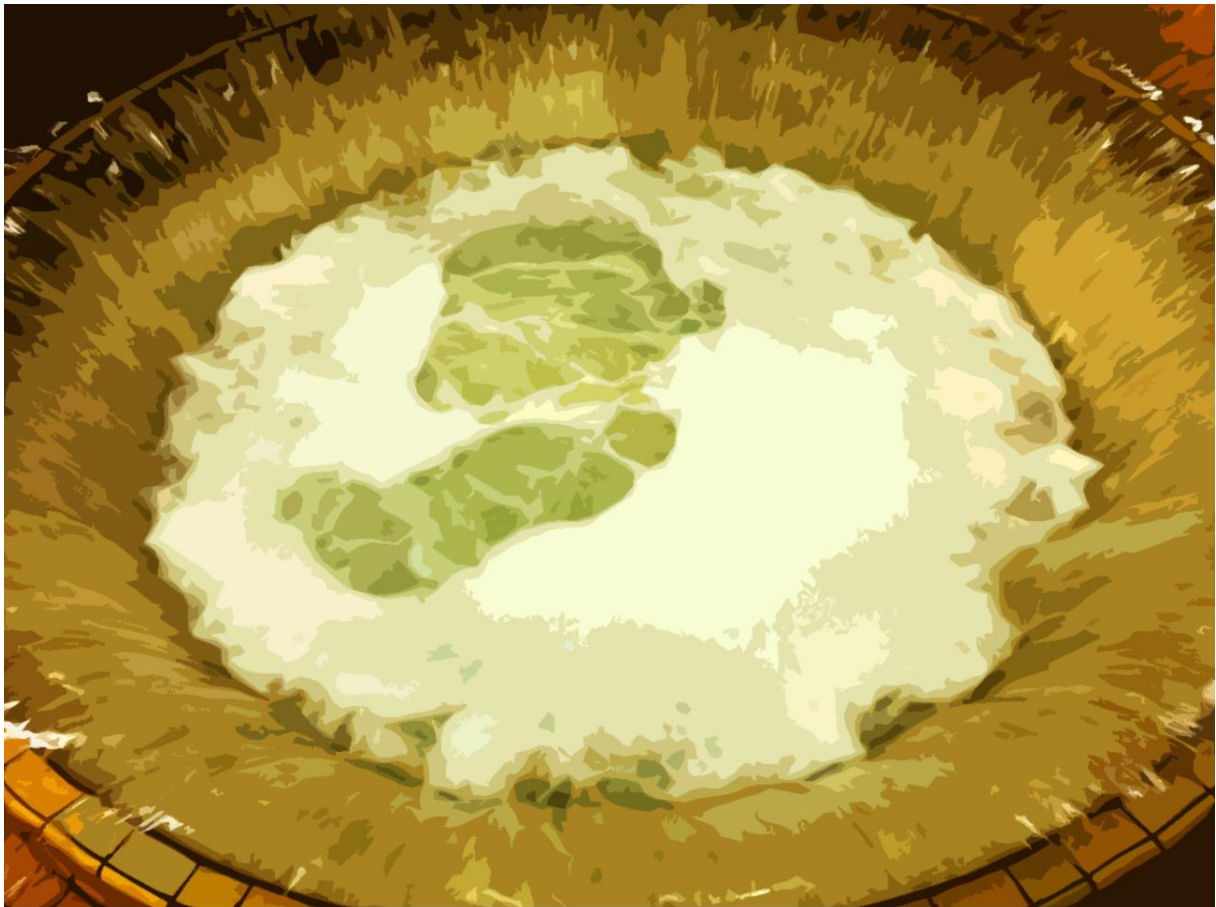


# Stockholms recipienter

Påverkan av Stockholms framtida avloppsrening



Joakim Lücke

Dnr 13SV150

© Stockholm Vatten AB 2014

Författare: Joakim Lücke, joakim.lucke@stockholmvatten.se  
Rapporten citeras: Lücke, J. (2014). Stockholms recipienter. Påverkan av Stockholms framtida avloppsrening. Stockholm Vatten AB.  
Internt Dnr: 13SV150  
Kontaktuppgifter: Stockholm Vatten AB, 106 36 Stockholm  
Telefon: 08-522 120 00  
Webb: [www.stockholmvatten.se](http://www.stockholmvatten.se)

## Innehåll

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>SAMMANFATTNING</b>                                                    | <b>4</b>  |
| <b>SYFTE</b>                                                             | <b>5</b>  |
| <b>STOCKHOLMS RECIPIENTER</b>                                            | <b>6</b>  |
| INNERSKÄRGÅRDEN                                                          | 6         |
| Djur- och växtskyddsområden i innerskärgården                            | 7         |
| Naturreservat i innerskärgården                                          | 7         |
| Badvatten i innerskärgården                                              | 7         |
| Avloppsvattendirektivet                                                  | 8         |
| Nitratdirektivet                                                         | 8         |
| ÖSTRA MÄLAREN                                                            | 8         |
| Östra Mälarens vattenskyddsområde                                        | 8         |
| Riksintresset Mälaren                                                    | 8         |
| Badvatten i Östra Mälaren                                                | 9         |
| Avloppsvattendirektivet                                                  | 9         |
| Fiskevattendirektivet                                                    | 9         |
| Dricksvattendirektivet                                                   | 9         |
| <b>VATTENFÖRVALTNINGENS KRAV</b>                                         | <b>10</b> |
| INNERSKÄRGÅRDEN                                                          | 10        |
| ÖSTRA MÄLAREN                                                            | 10        |
| HIMMERFJÄRDEN                                                            | 10        |
| BALTIC SEA ACTION PLAN OCH DET MARINA DIREKTIVET                         | 11        |
| <b>NATIONELLA MILJÖMÅL</b>                                               | <b>14</b> |
| BEGRÄNSAD KLIMATPÅVERKAN                                                 | 14        |
| GIFTFRI MILJÖ                                                            | 14        |
| INGEN ÖVERGÖDNING                                                        | 15        |
| LEVANDE SJÖAR OCH VATTENDRAG                                             | 15        |
| HAV I BALANS SAMT LEVANDE KUST OCH SKÄRGÅRD                              | 16        |
| GOD BEBYGGD MILJÖ                                                        | 16        |
| <b>AVLOPPSRENINGSVERKENS BELASTNING PÅ SKÄRGÅRDEN</b>                    | <b>17</b> |
| <b>MÄLARENS BELASTNING PÅ SKÄRGÅRDEN</b>                                 | <b>23</b> |
| <b>ÖVRIGA KÄLLOR TILL BELASTNING PÅ INNERSKÄRGÅRDEN</b>                  | <b>25</b> |
| DEN INÅTGÅENDE STRÖMMEN                                                  | 25        |
| INTERNBELASTNING AV FOSFOR                                               | 25        |
| DENITRIFIKATION AV KVÄVE                                                 | 26        |
| NEDERBÖRD                                                                | 26        |
| AVRINNING FRÅN MARK                                                      | 26        |
| ENSKILDA AVLOPP OCH FRITIDSBÅTAR                                         | 26        |
| MINDRE RENINGSVERK                                                       | 26        |
| <b>SAMMANLAGD TILLFÖRSEL AV FOSFOR OCH KVÄVE TILL INNERSKÄRGÅRDEN</b>    | <b>27</b> |
| <b>TRENDER I INNERSKÄRGÅRDEN</b>                                         | <b>28</b> |
| FOSFOR OCH KVÄVE                                                         | 28        |
| SYRE                                                                     | 35        |
| SIKTDJUP                                                                 | 35        |
| BAKTERIER                                                                | 38        |
| VÄXTPLANKTON                                                             | 38        |
| BOTTENFAUNA                                                              | 39        |
| <b>VAD SKULLE HÄNDA OM RENINGSVERKEN TOGS BORT FRÅN INNERSKÄRGÅRDEN?</b> | <b>41</b> |
| <b>KONSEKVENSER FÖR SKÄRGÅRDEN AV DEN FRAMTIDA AVLOPPSRENINGEN</b>       | <b>45</b> |
| <b>KONSEKVENSER FÖR MÄLAREN AV DEN FRAMTIDA AVLOPPSRENINGEN</b>          | <b>46</b> |
| <b>REFERENSER</b>                                                        | <b>48</b> |

## Sammanfattning

Ombyggnaden av Stockholms reningsverk kommer att bidra till bättre vattenkvalitet i både Östra Mälaren och i Stockholms innerskärgård. Även Himmerfjärden kommer att få minskad belastning efter ombyggnaden. Stockholms småsjöar kommer inte att påverkas av projektet.

Stockholm Vattens avloppsreningsverk (Henriksdal och Bromma) släpper normalt ut 12-140 Mm<sup>3</sup> renat avloppsvatten per år. Som jämförelse kan nämnas att utflödet från Mälaren under åren 1968-2013 uppgått till i genomsnitt 4 840 Mm<sup>3</sup>/år. Fosforhalten i Stockholm Vattens utsläpp har länge legat långt under gränsvärdet (0,3 mg/L), och kvävehalterna har vanligen legat nära gränsvärdet (10 mg/L).

Övriga källor till belastning på innerskärgården är den inåtgående bottenströmmen, internbelastning, denitrifikation av kväve, nederbörd, avrinning från mark, enskilda avlopp, fritidsbåtar och mindre reningsverk. Det största bidraget av fosfor och kväve står dock den inåtgående strömmen och Mälaren för.

Efter ombyggnad av Henriksdal kan kvävehalterna antas minska runt 40-80 µg/L i innerskärgårdens vatten. Samtidigt kan fosforhalterna antas minska runt 2 µg/L. Motsvarande minskning om utsläppspunkten för det renade avloppsvattnet exempelvis flyttas till Trälhavet skulle vara 70-200 µg/L lägre halt kväve, och 2-7 µg/L lägre halt fosfor i innerskärgården. En flytt av utsläppspunkten är dock en tveksam åtgärd, då den förbättring som uppnås i innerskärgårdens vattenkvalitet motsvaras av en försämring i mellanskärgården, vilket enbart innebär en flytt av problemet.

Konsekvensen av att Bromma reningsverk flyttas blir att Östra Mälaren kommer att få en bättre vattenkvalitet. När en ny tunnel för överledning av spillvatten till Henriksdal byggs kan ett flertal bräddpunkter i Mälaren byggas bort. Med färre bräddar minskar tillförseln av näring till Mälaren, samtidigt som risken för höga halter av bakterier minskas betydligt.

Bräddningen till Saltsjön kommer också att kunna kontrolleras bättre än idag, då själva tunneln kan användas som fördröjningsmagasin för det vatten som måste bräddas.

Bräddningar av spillvatten till Saltsjön kan tidvis innebära högre bakterietal. Mälarens vatten kommer dock att vara renare än idag, och Mälarens söta rena vatten kan då jämna ut halterna i Saltsjöns ytvatten, vilket innebär att bakterietalen kan hållas nere.

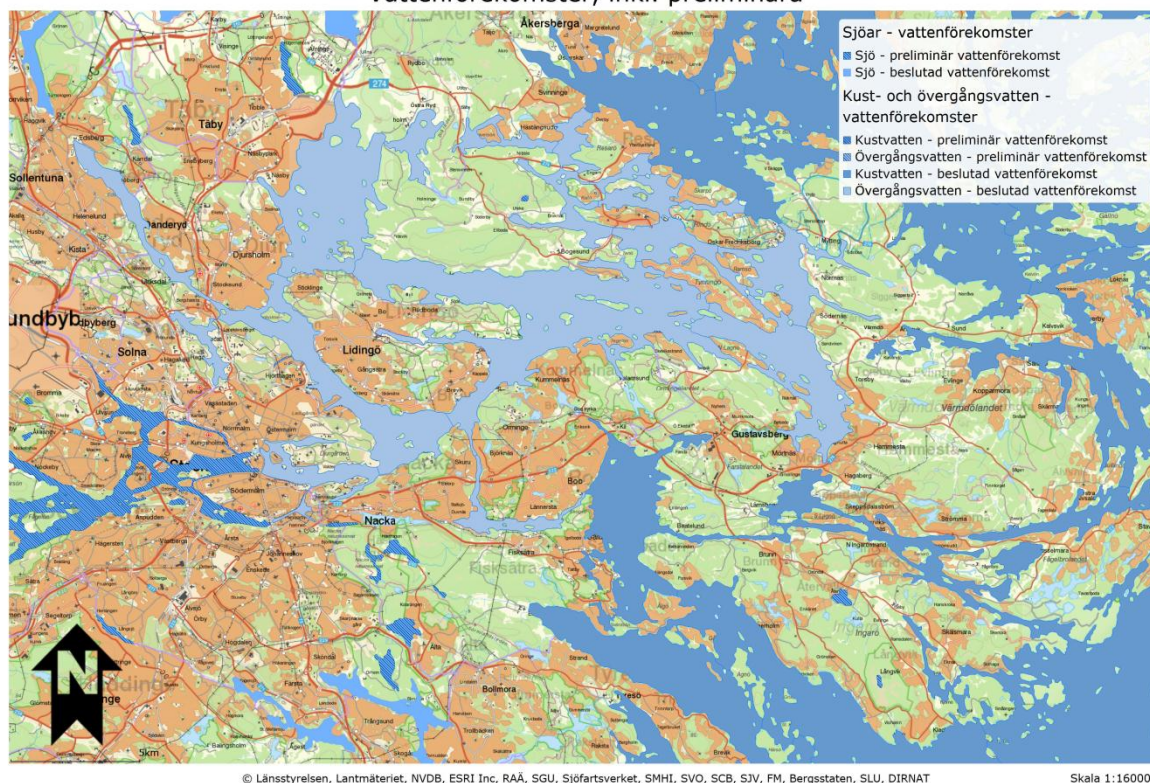
Vid utbyggnad av den planerade Brommatunneln ansluts delar av områden vars avloppsvatten idag leds till Himmerfjärdens avloppsreningsverk. Bräddningen till Mälaren från Eolshälls pumpstation kommer då att minska och nästan upphöra helt. Detta kommer att leda till bättre vattenkvalitet både i Mälaren och i Himmerfjärden.

## Syfte

Både Stockholms skärgård och Östra delen av Mälaren kommer att påverkas när Bromma avloppsreningsverk läggs ned. Spillvattnet kommer då istället att ledas i tunnel till Henriksdals avloppsreningsverk, som också byggs ut. Genom ombyggnationen kommer reningskapaciteten att öka, med beräknade minskade utsläpp till recipienten. En beskrivning av hur detta omfattande projekt påverkar Stockholms vattenmiljöer är därför en viktig del i ansökan av Stockholm Vattens nya miljötillstånd.

Syftet med denna rapport är att beskriva de vatten som påverkas då Bromma avloppsreningsverk läggs ned och Henriksdals avloppsreningsverk byggs ut. På kartan nedan syns de områden i Stockholms skärgård och Östra Mälaren som påverkas av detta (bild 1). Dessutom får Himmerfjärden i söder minskad belastning när delar av avloppsvattnet leds till Henriksdalsverket istället för Himmerfjärdsverket. Stockholms småsjöar kommer inte att beröras av detta projekt.

Vattenförekomster, inkl. preliminära



**Bild 1.** Vattenområden som berörs av Stockholms framtida avloppsrening (Stockholms innerskärgård och Östra Mälaren).

## Stockholms recipienter

En nedläggning av Bromma avloppsreningsverk påverkar framförallt innerskärgården och Mälaren. Redan idag leds det renade avloppsvattnet från Bromma ut i Saltsjön. När avloppsvattnet istället leds till Henriksdal för rening, så innebär det dock att man samtidigt kan bygga bort ett antal bräddar, som då avlastar flera av Stockholms recipienter. Bräddvatten kan exempelvis innehålla organiskt material, näringsämnen, tungmetaller, potentiellt toxiska halter av ammoniumkväve, och sjukdomsframkallande mikroorganismer. Den nya teknik som ska användas i det utbyggda reningsverket vid Henriksdal kommer dessutom att innebära en effektivare och bättre rening av vattnet. Detta betyder att det renade vattnet som släpps ut i Saltsjön kommer att vara renare än tidigare, vilket då bör få positiva konsekvenser för hela Stockholms innerskärgård.

Idag finns det många bräddpunkter som har sitt utlopp direkt i Mälaren. När en ny tunnel byggs mellan Bromma och Henriksdal kommer ett flertal av dessa kunna ledas in i tunneln för vidare transport och rening i Henriksdal, vilket betyder att vattnet i Mälaren kommer att bli renare än tidigare. Som en konsekvens av att mer spillvatten kan renas i Henriksdals reningsverk, kommer även bräddningsvolymerna av spillvatten som släpps ut i Saltsjön att minska. Saltsjöns två stora påverkanskällor, Mälaren och reningsverken, kommer alltså att släppa ut mindre näringsämnen, vilket kommer att vara positivt för hela innerskärgården.

## Innerskärgården

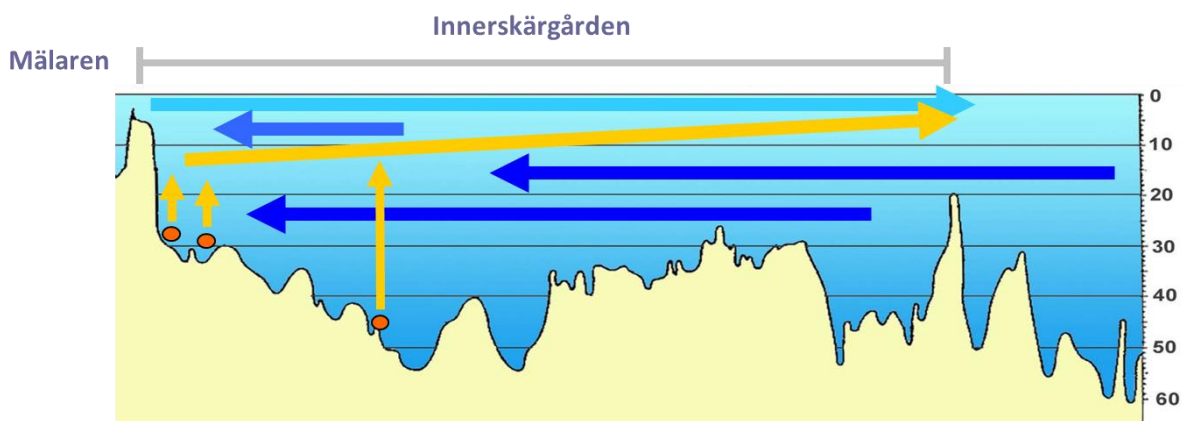
Stockholms skärgård räknas som den största skärgården i Sverige. Den har under lång tid haft en stor betydelse för svensk sjöfart, med sin betydelsefulla inseglingsled mot Stockholm. Innanför sunden kring Vaxholm ligger innerskärgården, som är ett avgränsat vattenområde med en yta på 100 km<sup>2</sup> och en vattenvolym på 1 700 Mm<sup>3</sup>. Medeldjupet i innerskärgården är 17 m och det största djupet ca 60 m. Den viktigaste förbindelsen mellan inner- och mellanskärgården är Oxdjupet, ett sund mellan Rindö och Värmdö. Oxdjupet har med sina 20 m ner till tröskeln vid botten spelat en viktig roll under historien både ur militärstrategisk synvinkel och med tanke på vattenutbyte. Genom Oxdjupet passerar de största båtarna och där sker också det största utbytet av bottenvatten mellan inner- och mellanskärgården.

Utflödet från Mälaren ger upphov till en utåtgående ytlig söt vattenström med låg salthalt (Bild 2). Den utåtgående strömmen genererar en inåtgående bottenström med saltare och tyngre vatten från mellanskärgården. De tre stora avloppsreningsverken släpper ut det renade avloppsvattnet i den inre delen av innerskärgården. Bromma och Henriksdal släpper ut sitt vatten på 25-30 m djup i Strömmen utanför Djurgården och Käppala på ca 47 m djup i Halvkakssundet utanför Lidingö. Utsläppen från Bromma och Henriksdal stiger under spädning med bottenvattnet och bildar under ytströmmen (1:a strömmen) och en inåtgående kompensationsström på ca 5-10 m djup (2:a strömmen) en utåtgående avloppsvattenström på ca 10-20 m djup (3:e strömmen). Det utsläppta vattnet från Käppala stiger också i vattnet, men utloppet saknar en så kallad diffusor, vilket innebär att inblandningen med tungt bottenvatten blir mindre effektiv. Densiteten i den stigande avloppsvattenplymen blir då lägre och det renade avloppsvattnet blandas troligen med begränsad spädning in i ytströmmen. Längre ut i innerskärgården blandas 3:e strömmen successivt in i den utåtgående ytströmmen och någon 2:a ström kan sällan skönjas. I Oxdjupet återstår bara en utåtgående ytlig ström och en inåtgående djupare ström.



Den djupare inåtgående strömmen fortsätter ända in till Slussen och Strömbron, där den tvingas upp till ytan. Den utåtgående ytströmmen utgörs därför av en blandning av sött vatten från Mälaren och salt djupvatten. Salthalten i ytvattnet är därför hög när utflödet från Mälaren är litet, vilket exempelvis var fallet under andra halvan av år 2013, då dammluckorna i princip var stängda hela tiden. Under 2013 varierade salthalten i ytvattnet vid Slussen mellan 0,15 och 4,31 PSU. Detta kan jämföras med salthalten ute vid Eknö i ytterskärsgården som under samma tid varierade mellan 4,99 och 5,67.

Det utspädda, reade avloppsvattnet lagras normalt in på ett djup med en salinitet av ca 4,5 PSU. För att hindra uppträngning av detta vatten till ytan är det därför viktigt med en låg salthalt i ytskiktet. En viss del blandas dock alltid in i ytvattnet, i vanliga fall uppskattningsvis 10-15 % (VAS-rådet, 2013). Uppträngningen av det reade avloppsvattnet och av näringsrikt vatten från den inåtgående djupvattenströmmen gör att koncentrationerna av fosfor och kväve är högre i ytvattnet i den innersta delen av innerskärsgården än i utflödet från Mälaren.



**Bild 2.** Olika strömmar rör sig i innerskärsgården, mellan Slussen och Oxidjupet. De röda prickarna visar Brommas, Henriksdals och Käppalas utloppspunkter, där det reade avloppsvattnet bidrar till en utåtgående avloppsvattenström.

#### **DJUR- OCH VÄXTSKYDDSMRÅDEN I INNERSKÄRGÅRDEN**

I innerskärsgården finns endast två fågelskyddsområden, Libertas vid Fjäderholmarna i Lilla Värtan, och Råholmen i Stora Värtan. Fågelskyddsområden är beslutade enligt 7 kap 12 § miljöbalken.

#### **NATURRESERVAT I INNERSKÄRGÅRDEN**

I innerskärsgården finns fem naturreservat med viss koppling till vatten, Öarna i Stora Värtan i Danderyd, Käppala och Långängen-Elfvik naturreservat på Lidingö, samt Gärdesudden och Velamsund naturreservat i Nacka kommun. Naturreservat är beslutade enligt 7 kap 4 § miljöbalken.

#### **BADVATTEN I INNERSKÄRGÅRDEN**

I finns några få badplatser som klassas som EU-badplatser enligt Badvattendirektivet 2006/7/EG. De bad som idag skulle kunna påverkas av Stockholm Vattens utsläpp i innerskärsgården är Tenöbadet och Eriksöbadet i Vaxholm, samt Näsaängsbadet och Hägernäsbadet i Täby som klassas som EU-badplatser. Samtliga dessa ligger dock långt från något av Stockholm Vattens utsläppspunkter.

#### **AVLOPPSVATTENDIREKTIVET**

Hela Stockholms skärgård omfattas av avloppsvattendirektivet, rådets direktiv 91/271/EEG av den 21 maj 1991 om rening av avloppsvatten från tätbebyggelse. Detta innebär att området klassas som känsligt för fosfor och kväve.

#### **NITRATDIREKTIVET**

Både Mälaren och Stockholms skärgård klassas som känsligt område för kväveföreningar enligt nitratdirektivet, rådets direktiv 91/676/EEG. För bland annat området runt Mälaren finns längre gående bestämmelser för att minska växtnäring förlusterna från jordbruket än i övriga landet.

#### **Östra Mälaren**

Östra Mälaren är Stockholm Vattens huvudvattentäkt för dricksvattentillverkning. Runt 2 miljoner människor dricker därför dagligen kranvatten med ursprung i Östra Mälaren.

Fram till 1988 släpptes det renade avloppsvattnet från Bromma reningsverk ut i Mälaren. Numera leds vattnet direkt ut i Saltsjön, och har därför ingen direkt påverkan på Mälaren. Kväveminskningarna i Östra Mälaren i samband med överledningen är tydlig (Figur 1).

Det som återstår av påverkan på Mälaren från Stockholm Vatten är de bräddpunkter, som efter kraftiga regn fortfarande måste användas för att inte överbelasta ledningsnätet. Flera av dessa bräddpunkter kommer att kunna byggas bort i samband med byggandet av tunneln mellan Bromma och Henriksdal. Exempelvis kommer Östra Mälarens enskilt största bräddpunkt vid Eolshäll att byggas bort i samband med ombyggnationen, vilket kommer att bidra positivt till vattenkvaliteten lokalt.

#### **ÖSTRA MÄLARENS VATTENSKYDDSSOMRÅDE**

För ytvattentäkterna vid Lovö, Norsborg, Görväln och Skytteholm finns skyddsföreskrifter, utgivna av Länsstyrelsen i Stockholms län, inom ramen för Östra Mälarens vattenskyddsområde. Syftet med vattenskyddsområdet är att bevara god kvalitet på råvattnet för nämnda ytvattentäkter.

Beträffande spillvattenhantering regleras detta i 8 §:

- *Hantering av spillvatten får inte ske om det kan medföra risk för vattenförorening.*
- *Nya bräddpunkter för utsläpp av orenat spillvatten från spillvattenledningsnät får inte anläggas.*
- *Nya eller ändrade avloppsanläggningar ska utformas och drivas på sådant sätt att risken för utsläpp av föroreningar minimeras.*
- *Befintliga anläggningar får användas i den omfattning de har då dessa föreskrifter träder i kraft under förutsättning att de inte strider mot bestämmelserna i gällande miljölagstiftning.*

I och med att flera bräddar byggs bort minskar Stockholm Vatten sin belastning på skyddsområdet, vilket påverkar området positivt.

#### **RIKSINTRESSET MÄLAREN**

Mälaren med öar och strandområden är i sin helhet av riksintresse enligt 4 kap. Miljöbalken. Inom området skall turismens och det rörliga friluftslivets intressen särskilt beaktas vid bedömningen av tillåtligheten av exploatering eller andra ingrepp i miljön.



**BADVATTEN I ÖSTRA MÄLAREN**

Ett bräddvattenutsläpp i närheten av en badplats kan tillfälligt påverka badvattenkvaliteten, i form av mikrobiell förorening. Generellt är dock badvattnet vid Stockholms officiella strandbad av god kvalitet ur hygienisk synvinkel. Vissa avvikelser, beroende på exempelvis väderförhållanden, förekommer dock. I Östra Mälaren finns flera badplatser som klassas som EU-badplatser enligt Badvattendirektivet 2006/7/EG. De bad som idag skulle kunna påverkas av Stockholm Vattens bräddningar är Flottsbrobadet, Kaananbadet, Kärsögården, Lundhagen, Långholmen, Lövsstabadet, Maltesholmsbadet, Mälarhöjdsbadet, Slagstabadet, Smedsuddsbadet, Solviksbadet, Sättrastrandsbadet, Södranbadet, Tanto strandbad, Vårbybadet, och Ängbybadet. Efter att flera av bräddarna i Mälaren byggts bort kommer risken för bräddvattenpåverkan på flera av dessa platser att minska.

**AVLOPPSVATTENDIREKTIVET**

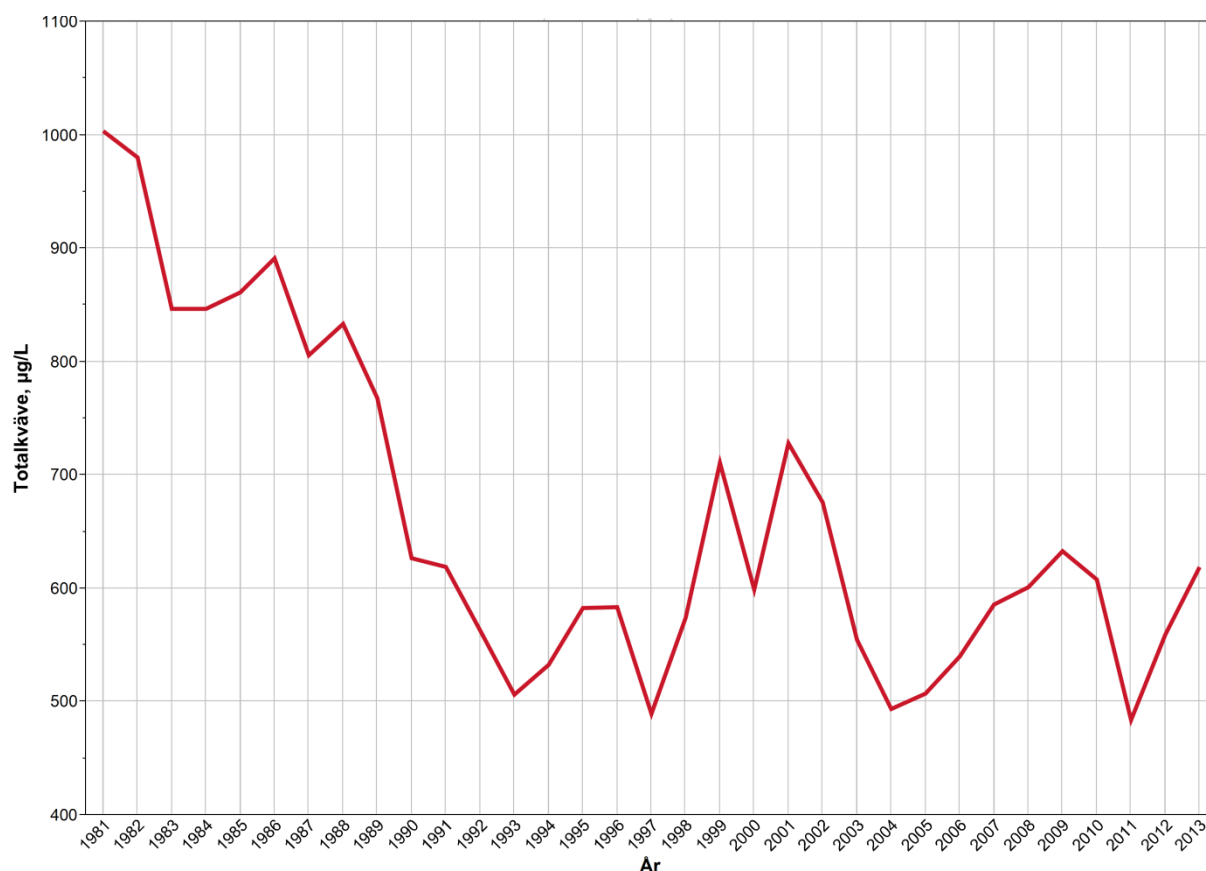
Hela Mälaren, liksom stora delar av södra Sverige, omfattas av avloppsvattendirektivet, rådets direktiv 91/271/EEG av den 21 maj 1991 om rening av avloppsvatten från tätbebyggelse. Detta innebär att området klassas som känsligt för kväve.

**FISKEVATTENDIREKTIVET**

Mälaren är skyddat enligt fiskevattendirektivet, rådets direktiv 78/659/EEG av den 18 juli 1978 om kvaliteten på sådant sötvatten som behöver skyddas eller förbättras för att upprätthålla fiskbestånden.

**DRICKSVATTENDIREKTIVET**

Mälaren är skyddat enligt dricksvattendirektivet, rådets direktiv 98/83/EG av den 3 november 1998 om kvaliteten på dricksvatten.



Figur 1. Årsmedelvärden av totalkvävehalter i Riddarfjärden åren 1981-2013.

## Vattenförvaltningens krav

Vattenmyndigheten har bedömt miljökvaliteten samt klassificerat och fastställt miljökvalitetsnormer för de svenska vattenförekomster som omfattas av vattendirektivet (Europaparlamentet och rådets direktiv 2000/60/EG). Syftet med direktivet är att medlemsstaterna ska se till att vattenförekomsterna uppnår och bevarar god vattenstatus.

Både Mälaren och Strömmen är recipienter för Stockholm Vattens bräddningar. Dessa recipienter är dock så pass stora i förhållande till bräddade mängder att bräddningarnas påverkan på de uppsatta miljökvalitetsnormerna sannolikt är små.

## Innerskärsgården

Innerskärsgården (innanför Oxdjupet) består av 17 vattenförekomster (inklusive Edsviken, Brunnsviken, Kyrkfjärden och Skurusundet). Samtliga dessa är kategoriserade som övergångsvatten. Miljökvalitetsnormen kräver att god ekologisk status uppnås senast år 2021 i de flesta av innerskärsgårdens vattenförekomster (Bild 3). Undantaget från detta är vattenförekomsterna Strömmen och Lilla Värtan, i vilka miljökvalitetsnormen är god ekologisk potential senast år 2021. Ekologisk potential är en klassning som kan vara satt lägre än god ekologisk status, och denna kan krävas av sådana förekomster som är konstgjorda eller kraftigt modifierade.

Vattenförvaltningens preliminära klassning av innerskärsgården är måttlig ekologisk potential för Strömmen och Lilla Värtan (Bild 5). Vattenförekomsterna utanför dessa klassas till måttlig ekologisk status. Några av vattenförekomsterna klassas dessutom till otillfredsställande ekologisk status (Torsbyfjärden, Södra Vaxholmsfjärden, Kodjupet, Brunnsviken). Edsviken klassas till dålig ekologisk status.

## Östra Mälaren

I Mälaren finns sex stycken vattenförekomster mellan Slussen och Stockholm Vattens vattenverk på Lovön och vid Norsborg. I nuläget är dessa vattenförekomster ännu inte beslutade, utan är bara preliminära. Miljökvalitetsnormen kräver att god ekologisk status uppnås senast år 2015 i Östra Mälarens vattenförekomster (Bild 3).

Vattenförvaltningens preliminära klassning av Östra Mälaren är god ekologisk status för vattenförekomsterna Görväln, Rödstensfjärden, Fiskarfjärden och Årstaviken (Bild 5). Riddarfjärden och Ulvsundasjön är klassade till måttlig ekologisk status.

Miljökvalitetsnormen för kemisk status kräver att god kemisk status uppnås senast år 2015 för samtliga vattenförekomster både i skärsgården och i Östra Mälaren (Bild 4).

Vattenförvaltningens preliminära klassning av samtliga vattenförekomster både i skärsgården och i Östra Mälaren är 'uppnår ej god' kemisk status (Bild 6). Ingen vattenförekomst i Sverige klarar dock miljökvalitetsnormen för kemisk status eller potential. Detta beror på att Sveriges samtliga ytvattenförekomster innehåller förhöjda halter av kvicksilver.

## Himmerfjärden

När Brommatunneln är byggd kommer avloppsvattnet från Eolhäll och delar av Huddinge att avledas till Henriksdals avloppsreningsverk istället för Himmerfjärdens avloppsreningsreningsverk. Detta kommer att innebära minskad belastning på vattenförekomsten Himmerfjärden.

Vattenförvaltningens miljökvalitetsnormer kräver att god ekologisk status uppnås senast år 2021 i Himmerfjärden. Beträffande kemisk status är kvalitetskravet god kemisk status senast år 2015. Vattenförvaltningens preliminära klassning av Himmerfjärden är idag måttlig ekologisk status och uppnår ej god kemisk status.

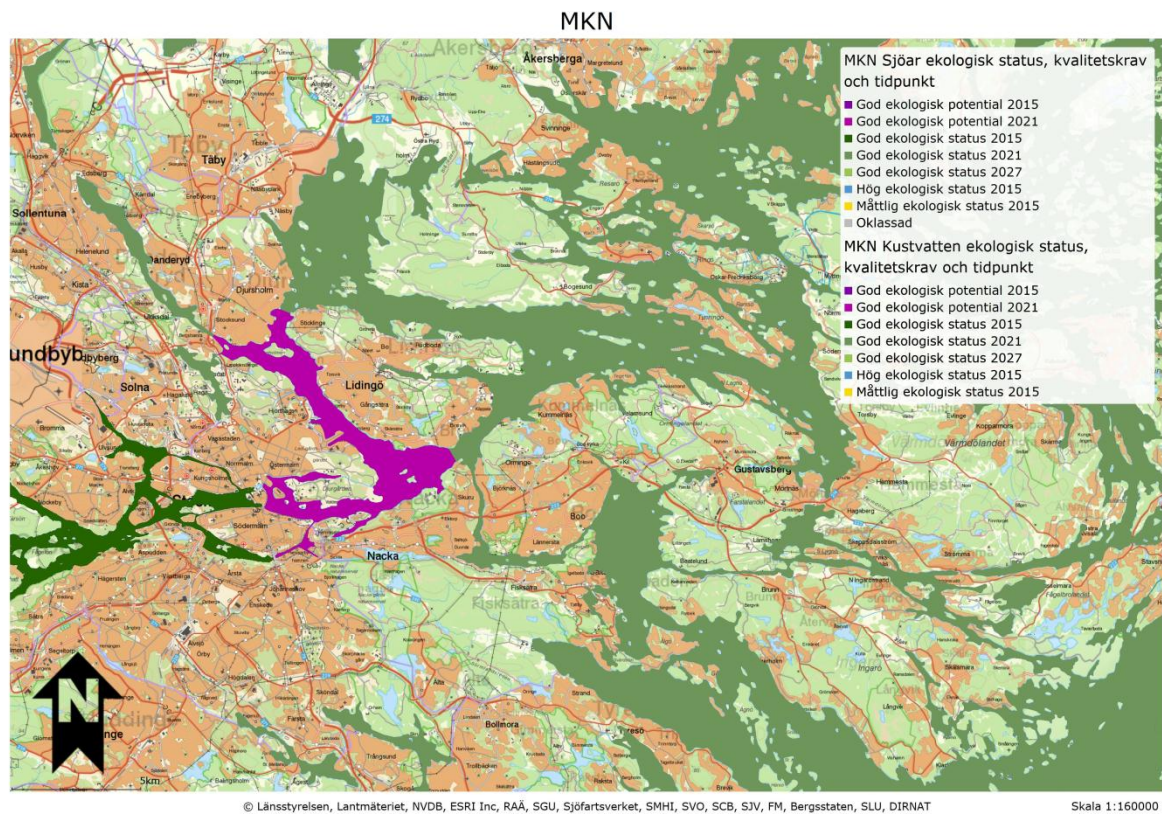
### **Baltic Sea Action Plan och det marina direktivet**

Målsättningarna för Baltic Sea Action Plan (BSAP) utgör åtgärdsprogrammet inom Östersjöländernas samarbete inom Helsingforskommissionen, vars syfte samverkar med vattenförvaltningen. Åtgärderna i aktionsplanen ska vara på plats år 2016.

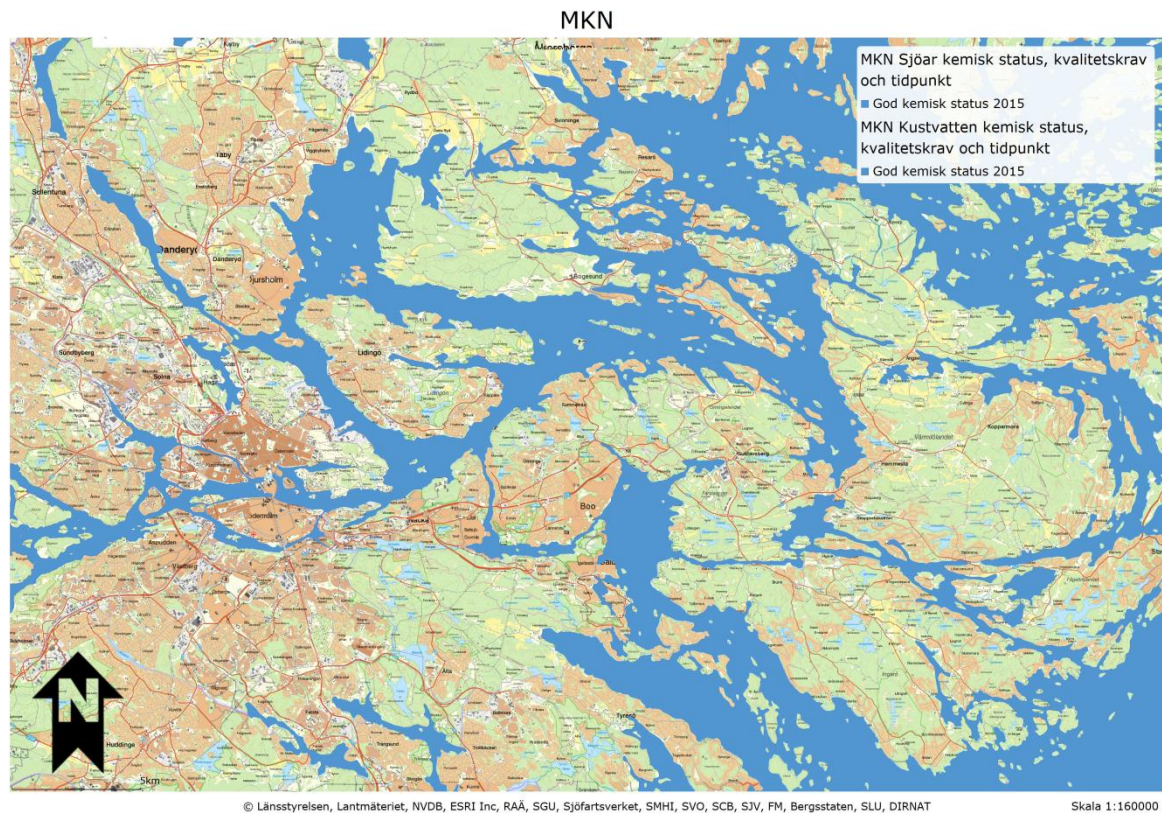
Aktionsplanen omfattar cirka 150 åtgärder inom fyra prioriterade områden: övergödning, farliga ämnen, biologisk mångfald och sjöfartens miljöanpassning. Planens övergripande mål är att Östersjön ska nå en god miljöstatus senast år 2021. I detta ingår att Sverige liksom övriga länder har åtagit sig att göra belastningsminskningar av kväve och fosfor. Stockholm Vattens planerade förbättring av reningstekniker bidrar positivt till uppfyllandet av dessa målsättningar.

Sedan överenskommelsen om BSAP har EU även formulerat ett direktiv för havsmiljön, det Marina direktivet med syftet att bevara eller uppnå god miljöstatus i EUs marina vatten senast 2020. I regelverket finns 11 deskriptorer som beskriver vad god ekologisk status kan innebära. De handlar överlag om ekosystemets struktur, funktion och processer. Miljökvalitetsnormer och indikatorer finns i Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter HVMFS 2012:18. Vattendirektivet och det marina direktivet överlappar varandra i kustvattnet och arbetet med att uppnå målsättningarna i de två direktiven och BSAP samverkar.





**Bild 3.** Miljö kvalitetsnormer (MKN) för ekologisk status i innerskärgården och Östra Mälaren.



**Bild 4.** Miljö kvalitetsnormer (MKN) för kemisk status i innerskärgården och Östra Mälaren.



### Statusklassning - preliminär 2015

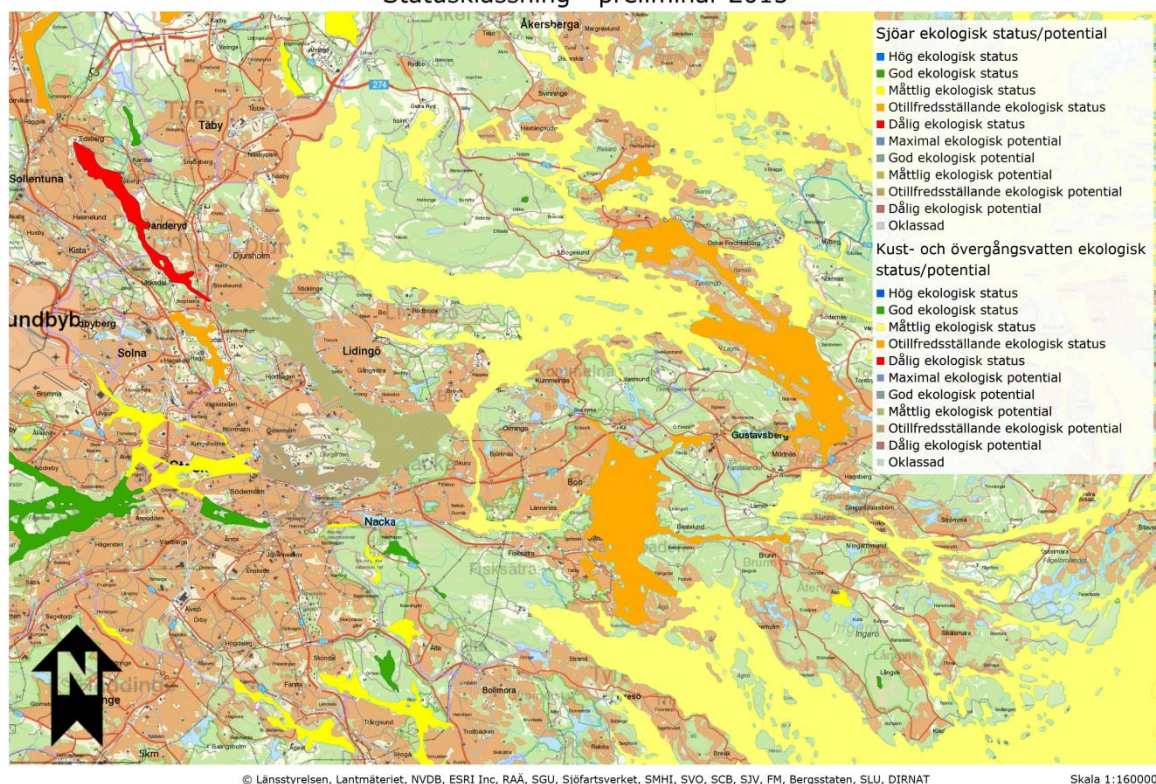


Bild 5. Vattenförvaltningens preliminära bedömning av ekologisk status i innerskärgården och Östra Mälaren.

### Statusklassning - preliminär 2015

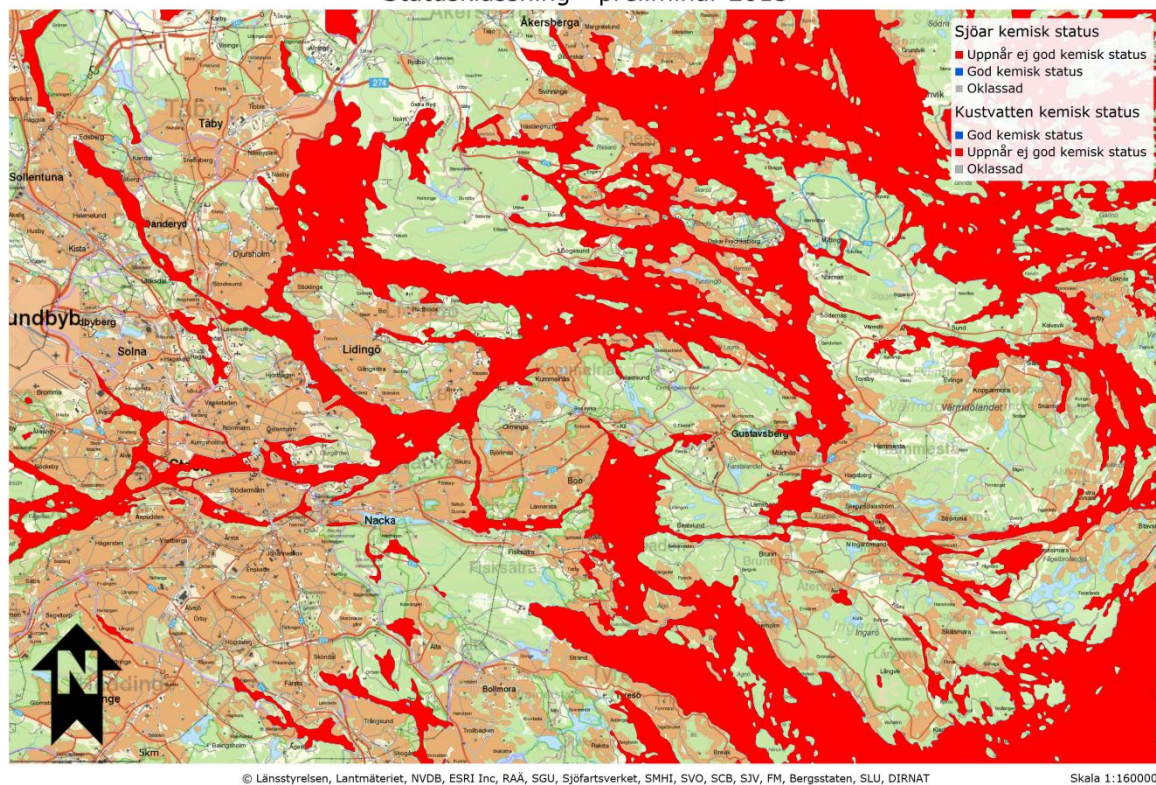


Bild 6. Vattenförvaltningens preliminära bedömning av kemisk status i innerskärgården och Östra Mälaren.

## Nationella miljömål

Det svenska miljömålssystemet innehåller ett generationsmål, 24 etappmål, och 16 miljökvalitetsmål. Riksdagen definierar generationsmålet som att det till nästa generation ska lämnas över *”ett samhälle där de stora miljöproblemen är lösta, utan att orsaka ökade miljö- och hälsoproblem utanför Sveriges gränser”*.

Av de 16 miljökvalitetsmålen bedöms Stockholm Vattens verksamhet ha inverkan på 6 av dessa:

- Begränsad klimatpåverkan
- Giftfri miljö
- Ingen övergödning
- Levande sjöar och vattendrag
- Hav i balans samt levande kust och skärgård
- God bebyggd miljö

### Begränsad klimatpåverkan

Miljökvalitetsmålet lyder *”Halten av växthusgaser i atmosfären ska i enlighet med FN:s ramkonvention för klimatförändringar stabiliseras på en nivå som innebär att människans påverkan på klimatsystemet inte blir farlig. Målet ska uppnås på ett sådant sätt och i en sådan takt att den biologiska mångfalden bevaras, livsmedelsproduktionen säkerställs och andra mål för hållbar utveckling inte äventyras. Sverige har tillsammans med andra länder ett ansvar för att det globala målet kan uppnås.”*

Följande av regeringen fastställda preciseringar av miljömålet bedöms ha relevant koppling till Stockholm Vattens verksamhet:

- **Koncentration:** Sveriges klimatpolitik utformas så att den bidrar till att koncentrationen av växthusgaser i atmosfären på lång sikt stabiliseras på nivån högst 400 miljondelar koldioxidekvivalenter (ppmv koldioxidekvivalenter).

Stockholm Vattens verksamhet kan bedömas mot etappmålet för Begränsad klimatpåverkan. Etappmålet innebär att utsläppen av växthusgaser för Sverige år 2020 bör vara 40 procent lägre än utsläppen år 1990 och gäller för de verksamheter som inte omfattas av EU:s system för handel med utsläppsrätter. Detta innebär att utsläppen av växthusgaser år 2020 ska vara cirka 20 miljoner ton koldioxidekvivalenter lägre för den icke handlande sektorn i förhållande till 1990 års nivå. Minskningen sker genom utsläppsreduktioner i Sverige och i form av investeringar i andra EU-länder eller flexibla mekanismer som mekanismen för ren utveckling (CDM). Stockholm Vatten bidrar till att uppfylla målet genom att producera biogas, vilket kan uppgraderas till fordonsgas och ersätta fossila drivmedel.

### Giftfri miljö

Miljökvalitetsmålet lyder *”Förekomsten av ämnen i miljön som har skapats i eller utvunnits av samhället ska inte hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden. Halterna av naturfrämmande ämnen är nära noll och deras påverkan på människors hälsa och ekosystemen är försumbar. Halterna av naturligt förekommande ämnen är nära bakgrundsnivåerna.”*

Följande av regeringen fastställda preciseringar av miljömålet bedöms ha relevant koppling till Stockholm Vattens verksamhet:

- **Den sammanlagda exponeringen för kemiska ämnen:** Den sammanlagda exponeringen för kemiska ämnen via alla exponeringsvägar får inte vara skadlig för människor eller den biologiska mångfalden

Stockholm Vattens verksamhet kan bedömas mot preciseringen av miljömålet. Renat avloppsvatten kan ofta innehålla mycket små mängder av exempelvis metaller, organiska miljögifter, eller läkemedelsrester. Med ny reningsteknik kommer det renade avloppsvattnet att innehålla ännu mindre mängder av dessa.

### Ingen övergödning

Miljökvalitetsmålet lyder *”Halterna av gödande ämnen i mark och vatten ska inte ha någon negativ inverkan på människors hälsa, förutsättningar för biologisk mångfald eller möjligheterna till allsidig användning av mark och vatten.”*

Följande av regeringen fastställda preciseringar av miljömålet bedöms ha relevant koppling till Stockholm Vattens verksamhet:

- **Påverkan på havet:** Den svenska och den sammanlagda tillförseln av kväveföreningar och fosforföreningar till Sveriges omgivande hav skall underskrida den maximala belastning som fastställs inom ramen för internationella överenskommelser.
- **Tillstånd i sjöar, vattendrag, kustvatten och grundvatten:** Sjöar, vattendrag, kustvatten och grundvatten skall uppnå minst god status för näringsämnen enligt förordningen (2004:660) om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön.
- **Tillstånd i havet:** Havet skall ha minst god miljöstatus med avseende på övergödning enligt havsmiljöförordningen (2010:134).

Bedömningen av måluppfyllelsen görs mot vattenförvaltningsförordningen (2004:660) och havsmiljöförordningen (2010:134). De nationella miljömålen är relativa och om god status uppnås i enlighet med de två förordningarna ovan är det rimligt att anta att även de nationella miljömålen nåtts. Med ny reningsteknik kommer Stockholm Vattens utsläpp av gödande ämnen att minska och därmed bidra positivt till miljökvalitetsmålet.

### Levande sjöar och vattendrag

Miljökvalitetsmålet lyder *”Sjöar och vattendrag ska vara ekologiskt hållbara och deras variationsrika livsmiljöer ska bevaras. Naturlig produktionsförmåga, biologisk mångfald, kulturmiljövärden samt landskapets ekologiska och vattenhushållande funktion ska bevaras, samtidigt som förutsättningar för friluftsliv värnas.”*

Följande av regeringen fastställda preciseringar av miljömålet bedöms ha relevant koppling till Stockholm Vattens verksamhet:

- **God ekologisk och kemisk status:** Sjöar och vattendrag har minst god ekologisk status eller potential och god kemisk status i enlighet med förordningen (2004:660) om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön.
- **Ytvattentäkters kvalitet:** Ytvattentäkter som används för dricksvattenproduktion har god kvalitet.
- **Ekosystemtjänster:** Sjöar och vattendrags viktiga ekosystemtjänster är vidmakthållna.
- **Friluftsliv:** Strandmiljöer, sjöar och vattendrags värden för fritidsfiske, badliv, båtliv och annat friluftsliv är värnade och bibehållna och påverkan från buller är minimerad.



Bedömningen av måluppfyllelsen görs mot vattenförvaltningsförordningen (2004:660). De nationella miljömålen är relativa och om god status uppnås i enlighet med vattenförvaltningen ovan är det rimligt att anta att även de nationella miljömålen nåtts. Med ny reningsteknik kommer Stockholm Vattens utsläpp av gödande ämnen att minska och därmed bidra positivt till miljökvalitetsmålet.

### Hav i balans samt levande kust och skärgård

Miljökvalitetsmålet lyder *”Västerhavet och Östersjön ska ha en långsiktigt hållbar produktionsförmåga och den biologiska mångfalden ska bevaras. Kust och skärgård ska ha en hög grad av biologisk mångfald, upplevelsevärden samt natur- och kulturvärden. Näringar, rekreation och annat nyttjande av hav, kust och skärgård ska bedrivas så att en hållbar utveckling främjas. Särskilt värdefulla områden ska skyddas mot ingrepp och andra störningar.”*

Följande av regeringen fastställda preciseringar av miljömålet bedöms ha relevant koppling till Stockholm Vattens verksamhet:

- **God miljöstatus:** Kust- och havsvatten skall ha god miljöstatus med avseende på fysikaliska, kemiska och biologiska förhållanden i enlighet med havsmiljöförordningen (2010:1341).
- **God ekologisk och kemisk status:** Kustvatten skall ha minst god ekologisk status eller potential och god kemisk status i enlighet med förordningen (2004:660) om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön.
- **Ekosystemtjänster:** Kusternas och havens viktiga ekosystemtjänster skall vara vidmakthållna.
- **Friluftsliv och buller:** Havs-, kust och skärgårdslandskapens värden för fritidsfiske, badliv, båtliv och annat friluftsliv skall vara värnade och bibehållna och påverkan från buller är minimerad.

Stockholm Vattens verksamhet kan bedömas mot ovanstående preciseringar av miljömålet. Verksamheten kan också bedömas i relation till bevarandeplaner och bestämmelser för de skyddade områden som omnämns i denna rapport. Med ny reningsteknik kommer Stockholm Vattens utsläpp av gödande ämnen att minska och därmed bidra positivt till miljökvalitetsmålet. Utsläppen till Himmerfjärden kommer dessutom att minska med den nya Brommatunneln som byggs, då avloppsvattnet från Eolshäls inte längre kommer att ledas till Himmerfjärdsverket, utan till Henriksdal.

### God bebyggd miljö

Miljökvalitetsmålet lyder *”Städer, tätorter och annan bebyggd miljö ska utgöra en god och hälsosam livsmiljö samt medverka till en god regional och global miljö. Natur- och kulturvärden ska tas till vara och utvecklas. Byggnader och anläggningar ska lokaliseras och utformas på ett miljöanpassat sätt och så att en långsiktigt god hushållning med mark, vatten och andra resurser främjas.”*

Följande av regeringen fastställda preciseringar av miljömålet bedöms ha relevant koppling till Stockholm Vattens verksamhet:

- **Hållbar bebyggelsestruktur:** En långsiktigt hållbar bebyggelsestruktur har utvecklats både vid nylokalisering av byggnader, anläggningar och verksamheter och vid

användning, förvaltning och omvandling av befintlig bebyggelse samtidigt som byggnader är hållbart utformade.

- **Infrastruktur:** Infrastruktur för energisystem, transporter, avfallshantering och vatten- och avloppsförsörjning skall vara integrerade i stadsplaneringen och i övrig fysisk planering samt att lokalisering och utformning av infrastrukturen skall vara anpassad till människors behov, för att minska resurs- och energianvändning samt klimatpåverkan, samtidigt som hänsyn skall vara tagen till natur- och kulturmiljö, estetik, hälsa och säkerhet.
- **Hushållning med energi och naturresurser:** Användningen av energi, mark, vatten och andra naturresurser skall ske på ett effektivt, resursbesparande och miljöanpassat sätt för att på sikt minska och att främst förnybara energikällor används.
- **Hållbar avfallshantering:** Avfallshanteringen skall vara effektiv för samhället, enkel att använda för konsumenterna och avfallet förebyggs samtidigt som resurserna i det avfall som uppstår tas till vara i så hög grad som möjligt samt att avfallets påverkan på och risker för hälsa och miljö minimeras.

Stockholm Vattens verksamhet kan bedömas mot ovanstående preciseringar av miljömålet. Stockholm Vatten bidrar positivt till detta miljökvalitetsmål genom att exempelvis röta fettavfall och externt organiskt avfall. Kväve från avfallet tillförs framförallt luften i form av kvävgas, och fosfor i slammet skulle kunna återföras till åkermark, vilket dock inte görs idag.

## Avloppsreningsverkens belastning på skärgården

De tre stora avloppsreningsverken (Henriksdal, Bromma och Käppala) släpper normalt ut mellan 165 och 200 Mm<sup>3</sup> renat avloppsvatten per år (Figur 2). Av detta brukar 120-140 Mm<sup>3</sup> flöda ut ur Stockholm Vattens reningsverk (Henriksdal och Bromma). Under 2012 föll rekordmycket regn över skärgårdens tillrinningsområde, och då var det totala flödet av renat avloppsvatten ur de tre verken också tydligt förhöjt, 215 Mm<sup>3</sup>.

Enligt de nuvarande villkoren för Käppala och för det samlade utsläppet från Stockholm Vattens reningsverk (Bromma och Henriksdal), får halten av fosfor och kväve i det renade avloppsvattnet vara högst 0,3 respektive 10 mg/L. Fosforhalten i Stockholm Vattens utsläpp har länge legat långt under gränsvärdet (Figur 2). Halten det flödesrika året 2012 var den högsta sedan mitten av 90-talet, 0,20 mg/L, men 2013 hade halterna åter minskat något, till i snitt 0,17 mg/L. Fosforhalterna i Stockholm Vattens utsläpp är normalt lägre än i utsläppet från Käppala. Kvävehalterna har vanligen legat nära gränsvärdet och var exempelvis 2013 i det renade avloppsvattnet 9,2 mg/L och från Käppala 9,0 mg/L, vilket var något högre än året innan. Utsläppta mängder av fosfor och kväve från de tre stora avloppsreningsverken (Bromma, Henriksdal och Käppala) var i genomsnitt 29 respektive 1710 ton per år under åren 2000-2013 (Figur 3).

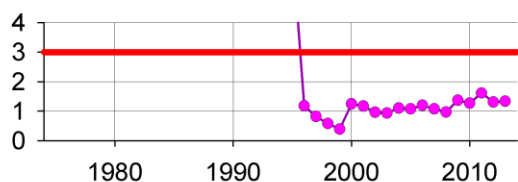
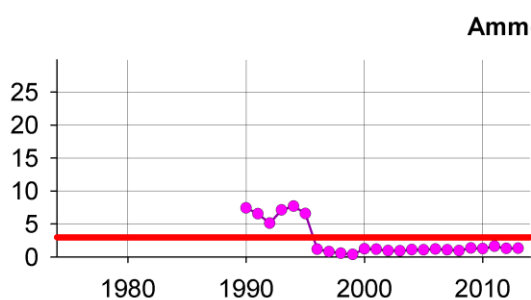
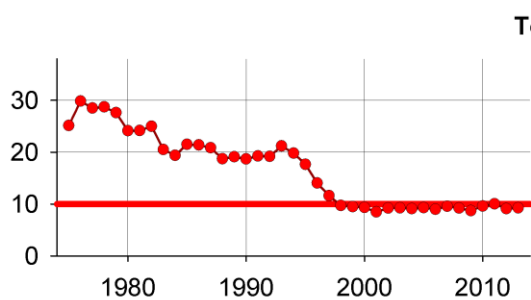
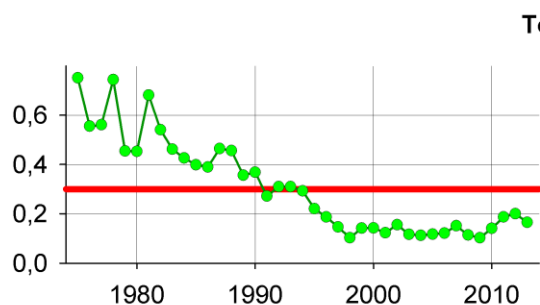
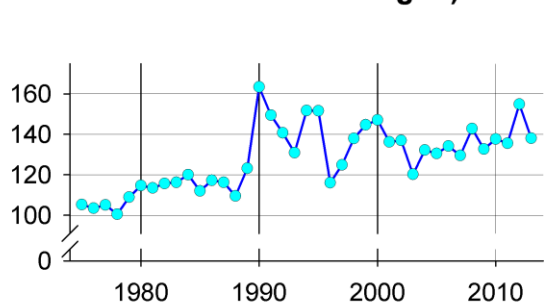
Ungefär 40 % av fosfor och 90 % av kvävet i det renade avloppsvattnet utgörs normalt av oorganiska, och för växter direkt tillgängliga, fraktioner - fosfatfosfor respektive nitratkväve och ammoniumkväve (Figur 5B). När kvävereningen infördes i mitten av 1990-talet minskade utsläppen av bunden fosfor från Bromma och Henriksdal kraftigt från ca 25 till 9 ton/år, medan minskningen av fosfatfosfor var mindre, från ca 15 till 8 ton/år. Kväve har visat det motsatta förhållandet – bundet kväve påverkades inte av den förbättrade reningen,

nitratkväve bara obetydligt, och minskningen av de utsläppta mängderna beror huvudsakligen på lägre halter av ammoniumkväve (Figur 4). Ammoniumkväve får inte överstiga 3 mg/L under perioden juli-oktober. Halten har vid flera tillfällen uppmätts vara högre, men medelvärdet för perioden har alltid varit lågt (Figur 2). De sammanlagda årliga utsläppen av ammoniumkväve har varit ca 350 ton under 2001-2013 (Figur 5A). För nitratkväve var de årliga utsläppen ca 1 120 ton.

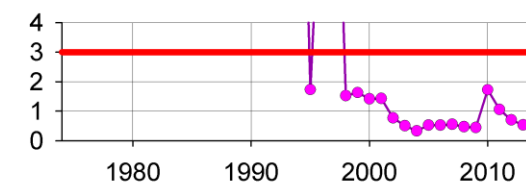
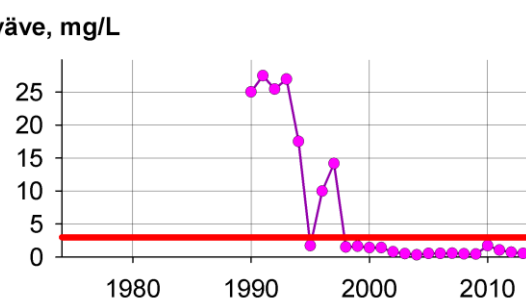
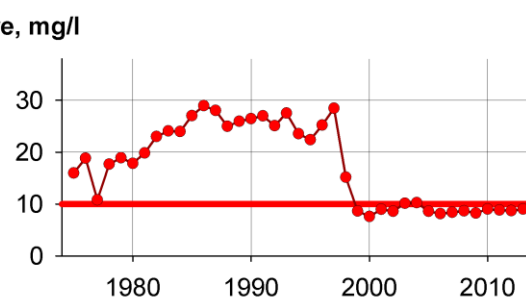
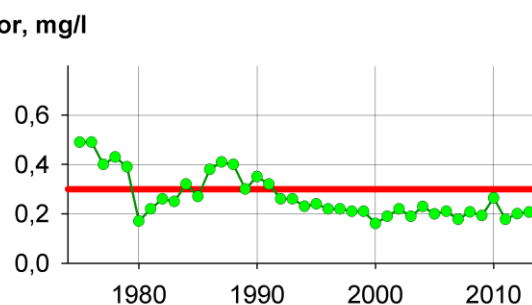
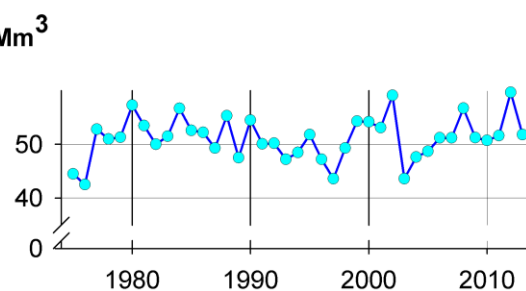
BOD<sub>7</sub> är ett mått på hur mycket biologiskt nedbrytbar substans det finns i vattnet. Den nedbrytbara substansen orsakar en syreförbrukning i recipienten. Syreförbrukningen kan ske antingen direkt, så kallad primär syreförbrukning, eller indirekt, så kallad sekundär syreförbrukning. Den primära syreförbrukningen är bakteriell, medan den sekundära syreförbrukningen sker först efter att alger (främst planktonalger) har tagit upp fosfor, nitrat- och ammoniumkväve för att sedan dö och brytas ned bakteriellt eller konsumeras biologiskt på annat sätt.

Den primära syreförbrukningen orsakad av utsläpp av BOD är normalt av mycket mindre betydelse än den sekundära syreförbrukningen orsakad av fosfor och kväveutsläpp. Alla tre verken har en rapporteringsgräns för BOD<sub>7</sub> som ligger över de verkliga halterna. Gränsvärdet, 8 mg/L, underskrids ofta med bred marginal. Det totala utsläppet av syreförbrukande ämnen under året brukar dock vara avsevärt större eftersom syreförbrukningen till största delen, ca 80 %, brukar orsakas av oxiderbart kväve (Kjeldahl-kväve, eller totalkväve minus nitratkväve). Den teoretiska potentiella syreförbrukningen hos ett kilogram totalkväve är 14 gånger större än den potentiella syreförbrukningen hos ett kilogram BOD<sub>7</sub> om allt kväve tas upp av algerna (Ødegaard, 1995). För fosfor är den motsvarande potentiella syreförbrukningen hundra gånger större än den potentiella syreförbrukningen hos BOD<sub>7</sub>. Den totala mängden syreförbrukande ämnen uppgick i genomsnitt till 3120 ton per år under åren 2000-2013, varav BOD<sub>7</sub> står för ca 20 % (Figur 3).

### Stockholm Vatten (Henriksdal och Bromma sammanvägda)

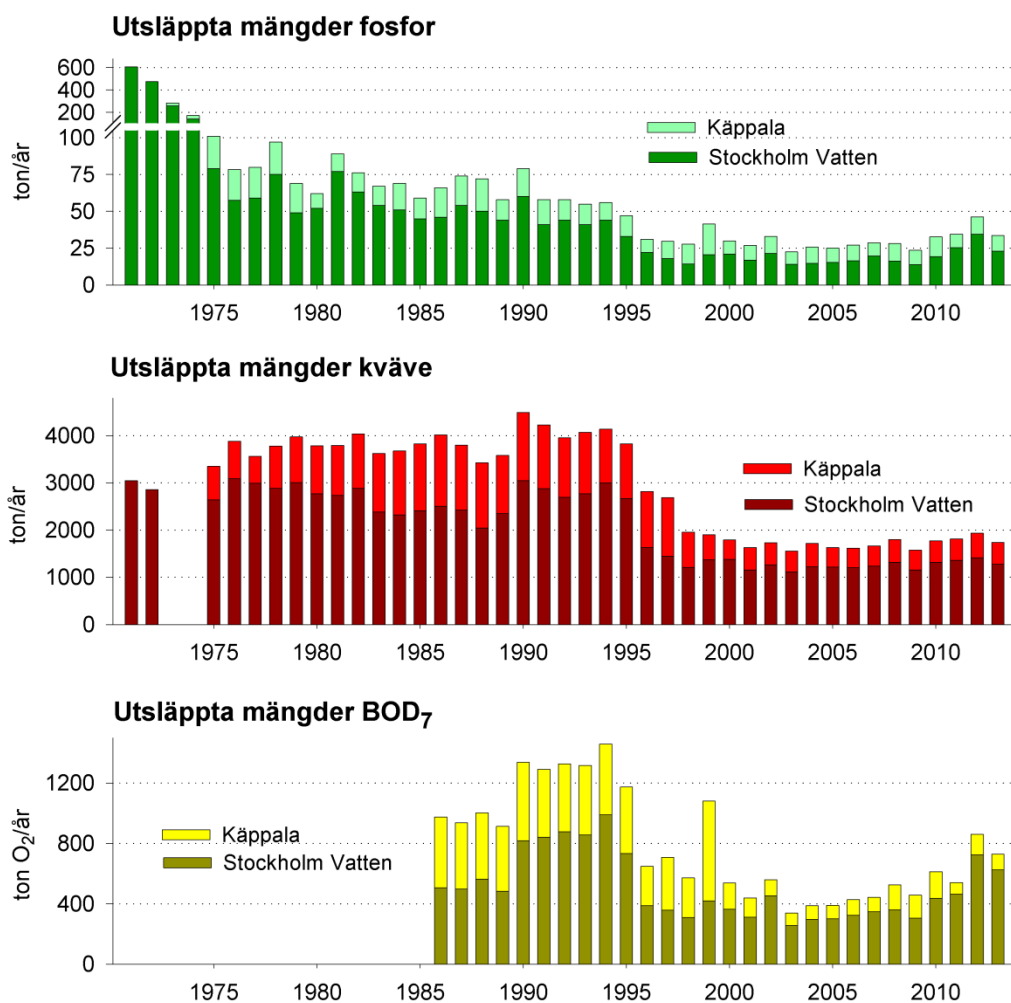


### Käppala

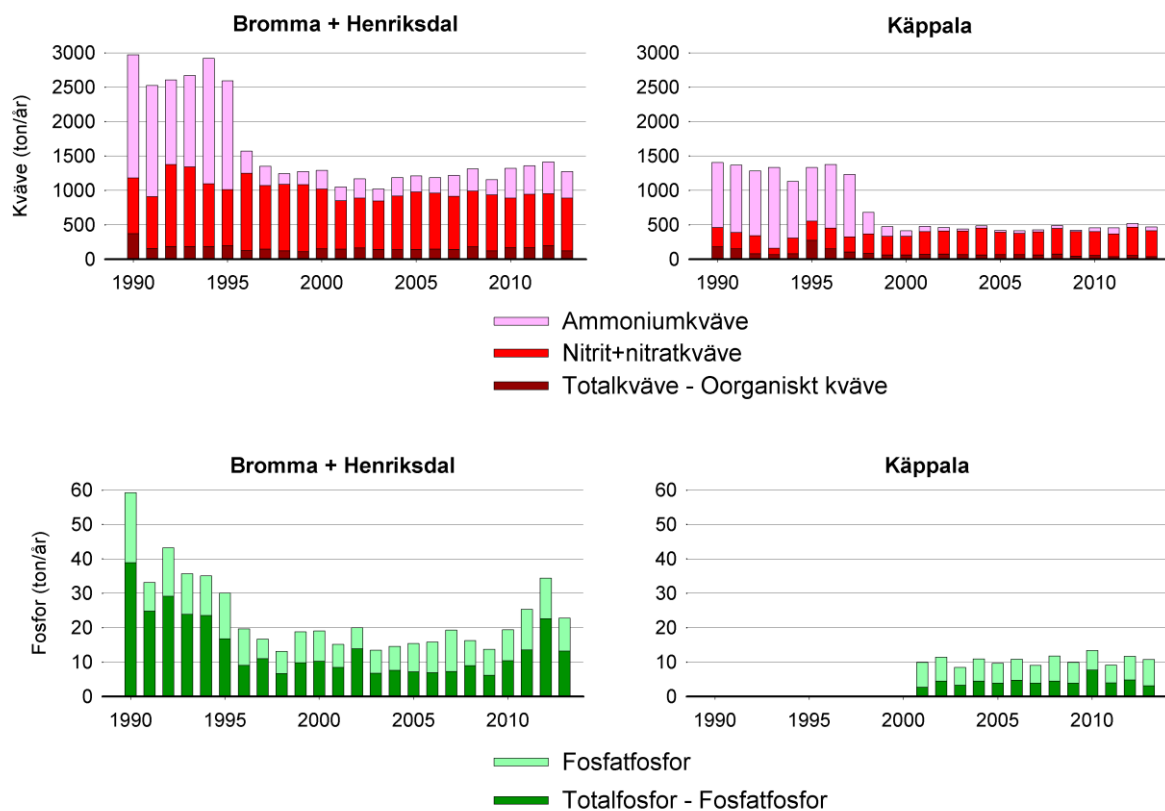


**Figur 2.** Flöden och flödesvägda halter i det utgående vattnet från reningsverken till skärgården 1975-2013. De tjocka, horisontella linjerna anger gränsvärdena för totalfosfor, totalkväve samt ammoniumkväve (halter av ammoniumkväve och gränsvärden endast juli-oktober).

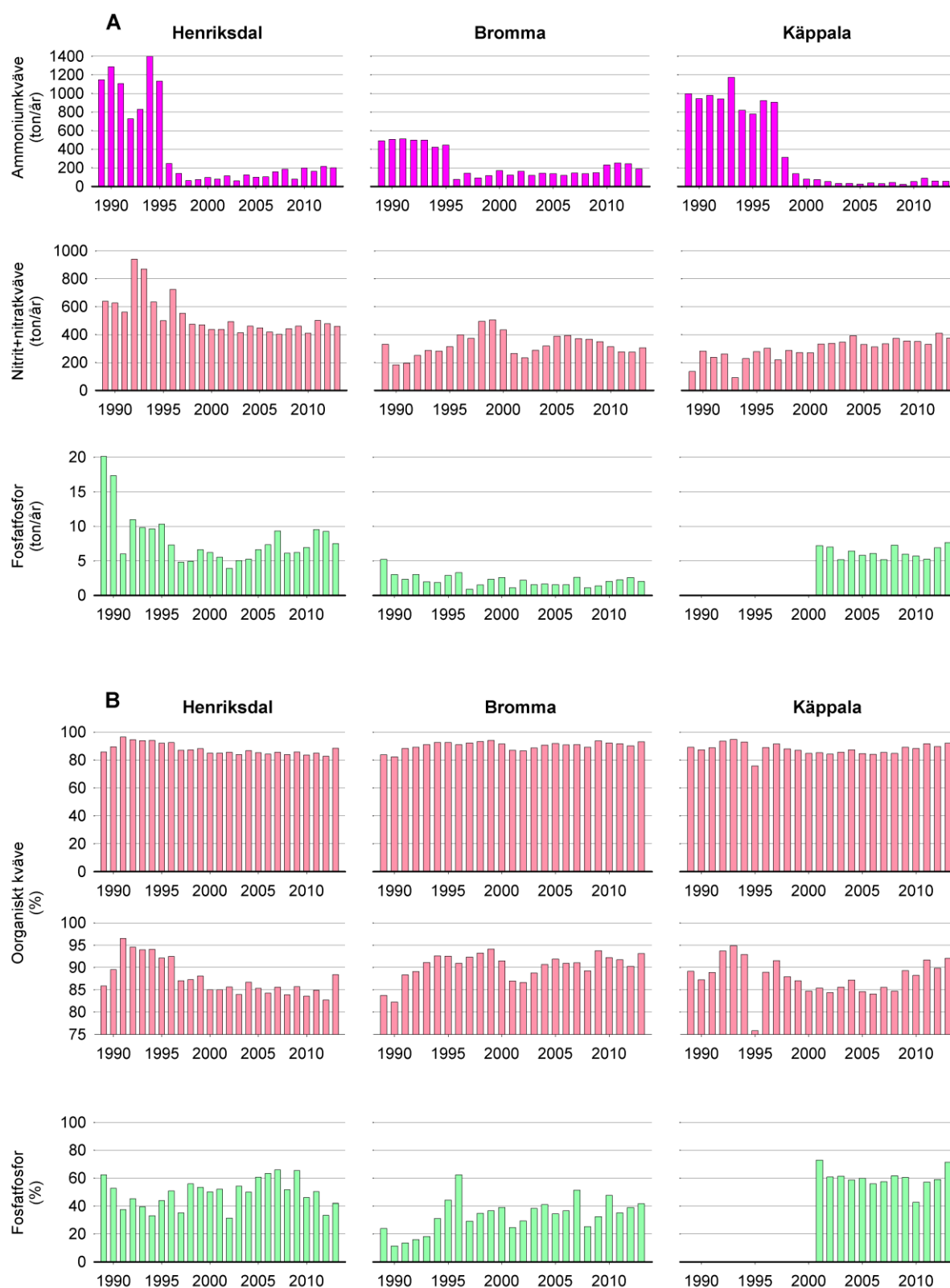




**Figur 3.** Utsläppta mängder fosfor, kväve och syreförbrukande ämnen, ton/år, från Stockholm Vattens reningsverk och Käppala 1971 (1986) – 2013. Kvävevärden saknas eller är ofullständiga före 1975. BOD-mätningar med ATU-tillsats finns endast fr.o.m. 1986.



**Figur 4.** Utsläpp av kväve och fosfor, ton/år, oorganiska fraktioner (ammoniumkväve, nitrit+nitratkväve och fosfatfosfor) samt totalhalter minus oorganiska fraktioner.



**Figur 5. (A)** Avloppsreningsverkens utsläpp av ammoniumkväve, nitrit+nitratkväve och fosfatfosfor, ton/år 1989-2013, **(B)** Oorganiskt kväve och oorganisk fosfor som andel (%) av de totala mängderna kväve och fosfor i det renade avloppsvattnet. Observera att den övre och undre figuren för oorganiskt kväve bygger på samma data, men har olika skala.

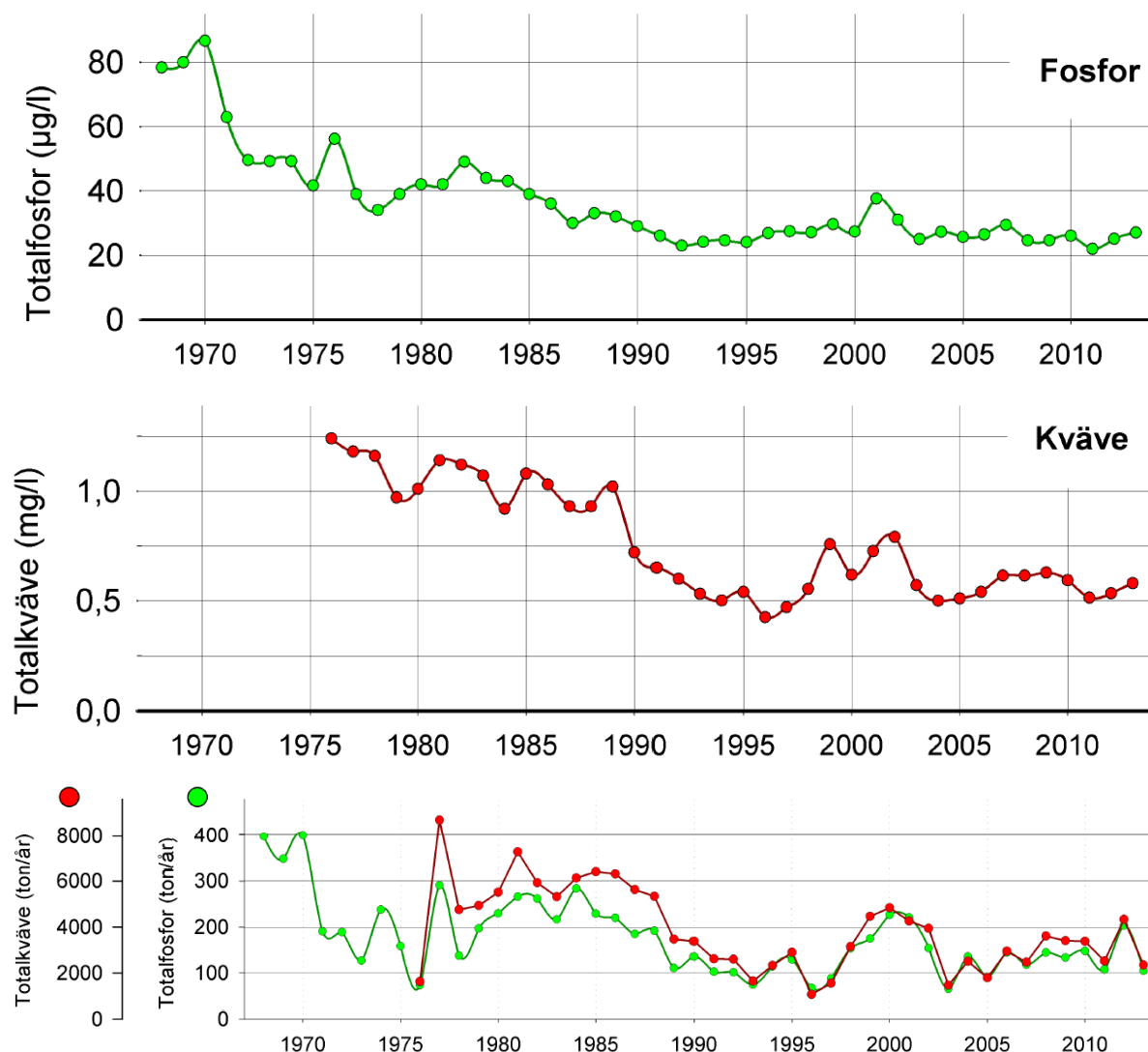
## Mälarens belastning på skärgården

Utflödet från Mälaren har under åren 1968-2013 uppgått till i genomsnitt 4 840 Mm<sup>3</sup>/år. Variationerna mellan olika år har varit stora, och det lägsta flödet inträffade år 1976 med 1 320 Mm<sup>3</sup>, och det högsta flödet inträffade år 2012 med 8 120 Mm<sup>3</sup>. Under 70- och 80-talet inträffade de högsta flödena i samband med vårfloden i april-maj. Under 90-talet och 00-talet har utflödet i stället varit störst under årets första månader, som följd av varma vintrar och liten snösmältning. Utflödet är normalt litet under sommaren, ofta med samtliga utskov stängda. I början av 00-talet byttes dammluckorna i Norrström ut och en tät skärm byggdes genom Helgeandsholmen, vilket fick till följd att det läckande flödet, då samtliga utskov var stängda, minskade betydligt. Numera är läckflödet ca 3,5 m<sup>3</sup>/s, jämfört med ca 12 m<sup>3</sup>/s tidigare.

Halterna av fosfor och kväve i Mälarens utflöde har mer än halverats sedan 1970-talet, fosfor från runt 80 till ca 25 µg/L och kväve från 1,2 till ca 0,6 mg/L (Figur 6). Förändringar av halter har ofta visat en tydlig korrelation till storleken på Mälarens utflöde, med låga halter vid låga flöden och tvärtom. Detta beror till viss del på uppehållstiden i de stora fjärdarna i Mälaren, samt den urlakning och ursköljning av bland annat näringsämnen som kan ske vid stora flöden. Uttransporterade mängder av fosfor och kväve har i genomsnitt under åren 2000-2013 varit 144 respektive 3170 ton per år (Figur 6).

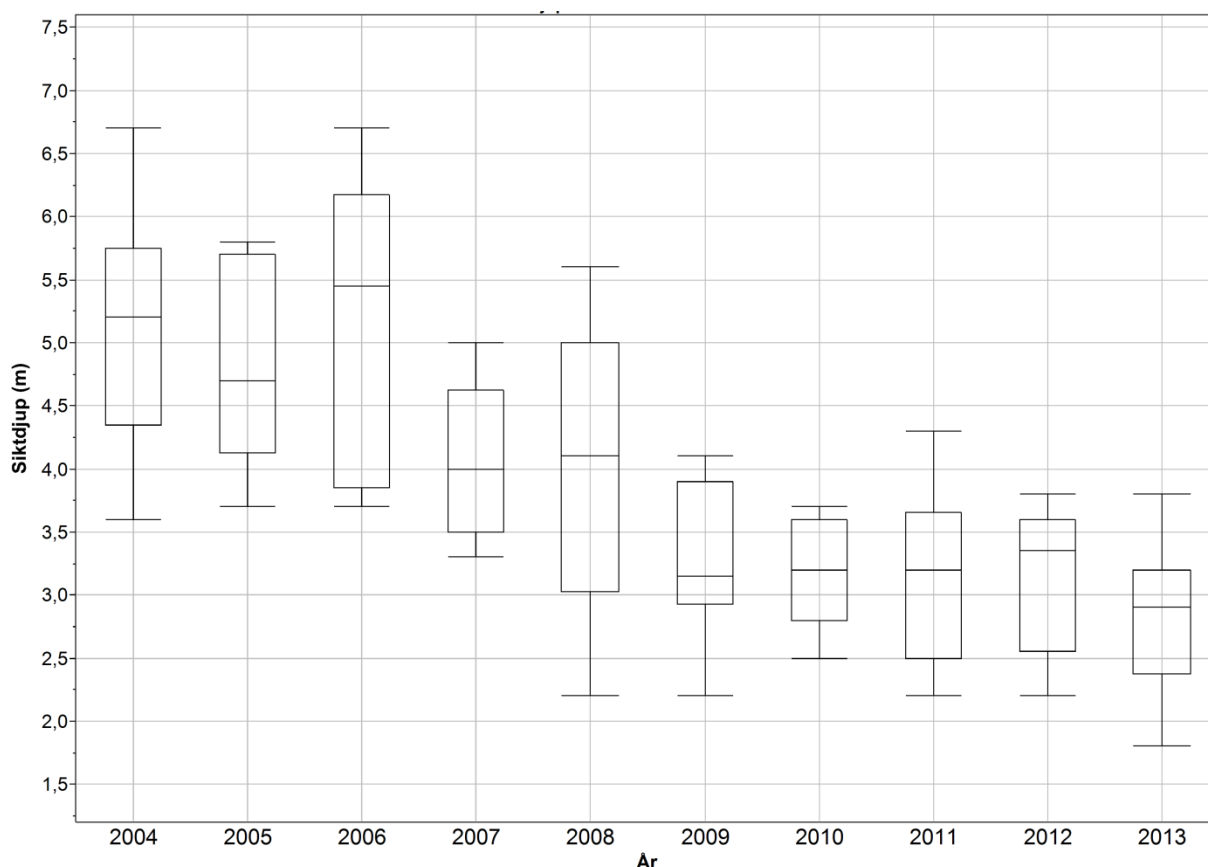
Koncentrationerna av de lösta fraktionerna av oorganisk fosfor (fosfatfosfor) och oorganiskt kväve (ammoniumkväve och nitrit+nitratkväve) är högst under vintern, ca 20 respektive 250 µg/L. Oorganisk fosfor, som är det främsta begränsande näringsämnet i Mälaren, brukar normalt vara uttömt under sommaren. Koncentrationen av oorganiskt kväve brukar också kunna vara låg under sommaren, men sällan vara någon begränsande faktor för primärproduktionen. Särskilt nitrit+nitratkväve brukar ha låg koncentration under sommaren. Halten av ammoniumkväve brukar ofta vara något högre under sommaren, men kan tillfälligtvis vara mycket låg. Variationerna av totalfosfor och totalkväve är betydligt mindre, från ca 30 respektive 600 µg/L under vintern till ca 20 respektive 500 µg/L under sommaren.

Siktdjupet i Östra Mälaren har under de senaste 10 åren halverats, från ca 5-6 m 2003 till ca 3 m 2013. Figur 7 visar exempelvis siktdjupsminskningen i Lambarfjärden mellan 2004 och 2013. Orsaken till minskningen är inte helt klarlagd, men ökad humushalt misstänks vara en bidragande orsak till siktdjupsminskningen. Detta misstänks ha en tydlig påverkan även på siktdjupet i skärgården, vilket diskuteras senare i denna rapport.



**Figur 6.** Koncentrationer av totalfosfor och totalkväve i Mälarens utflöde vid Centralbron (från och med 2005 Riksbron), flödesvägda årsmedelvärden 1968 – 2013 resp 1976 - 2013, samt Totalfosfor och totalkväve, uttransporterade mängder med Mälarens utflöde, ton/år.





**Figur 7.** Siktdjupets minskning i Lammfjärden de senaste tio åren. Boxplottarna anger median, nedre och övre kvartil, samt minimum- och maximumvärde, exklusive avvikande värden.

## Övriga källor till belastning på innerskärgården

### Den inåtgående strömmen

Den inåtgående bottenströmmen är betydande för vattenutbytet i innerskärgårdens djupvatten. I Oxdjupet finns den enda förbindelse som är tillräckligt djup (ca 20 m) för att en inåtgående ström tydligt ska märkas. Den tidvis stora intransporten av fosfor och kväve har stor betydelse för näringsförhållandena. I VAS-rådet (2013) har transporterna med den inåtgående strömmen från mitten av april till och med oktober för åren 2000-2009 beräknats till 100 ton fosfor och 1600 ton kväve per år. Med samma storlek under resten av året kan de årliga transporterna uppskattas till ca 200 ton fosfor och 3000 ton kväve, vilket i sådana fall är ett betydande bidrag till innerskärgårdens näringsinnehåll.

### Internbelastning av fosfor

Koncentrationen av fosfor i bottenvattnet är i allmänhet högre än i ytvattnet. När syreinnehållet under sensommaren minskar i bottenvattnet, kan det leda till att fosfor som annars är fast i bottensedimenten löses ut och stiger upp i vattenmassan. Fosforhalterna i bottenvattnet ökar då.

Enligt VAS-rådet (2013) fastläggs fosfor i april-maj och även i juni. Fastläggningen i april-juni kan troligen förklaras med sedimentering av de vårblostande algerna, vilket innebär att den fosfor som därefter frigörs huvudsakligen bör komma från det nyligen sedimenterade

materialet. Internbelastningen bidrar sedan med förhållandevis små mängder fram till och med oktober. Efter oktober-november brukar bottenvattnet bytas ut i större delen av innerskärgården, vilket innebär att syreinnehållet ökar och att internbelastningen sannolikt blir försumbar.

Internbelastningen är till stor del ett nollsummespel, sett över året, och den fosfor som frigörs från sedimenten påverkar framförallt de djupare vattenskiikten. Detta innebär att en tillfällig ökning av fosforhalten på grund av intern belastning spelar relativt liten roll för primärproduktionen vid ytan och möjligheten att nå uppsatta miljökvalitetsnormer.

### **Denitrifikation av kväve**

Tidigare beräkningar har visat att utflödet av kväve från innerskärgården varit ca 30 % mindre än tillskottet. I andra liknande områden har samma mönster observerats, vilket kan förklaras med denitrifikation. Denitrifikation innebär att en stor del av kvävet avgår genom omvandling av löst, oorganiskt kväve till kvävgas. Nya beräkningar för kväve för åren 2000-2009 ger däremot ungefär samma bild som för fosfor, med större tillskott än mängderna i utflödet i april-juni, och större mängder i utflödet i juli-oktober (VAS-rådet, 2013). Summerat för hela perioden blir resultatet att skillnaden mellan tillskott och utflöde är liten i förhållande till de stora kvävemängderna.

### **Nederbörd**

Om mängden fosfor och kväve beräknas utifrån schablonvärden kan det antas att det med nederbörden faller ca 5 ton fosfor och ca 100 ton kväve per år över innerskärgården (Länsstyrelsen 2011).

### **Avrinning från mark**

Om mängden fosfor och kväve beräknas utifrån schablonvärden för arealförluster kan det antas att innerskärgården tillförs ca 3 ton fosfor och ca 150 ton kväve per år på grund av markavrinning.

### **Enskilda avlopp och fritidsbåtar**

I VAS-rådet (2013) har en uppskattning gjorts att enskilda avlopp och fritidsbåtar vardera kan bidra med 0,5 ton fosfor och 4 ton kväve till innerskärgården varje år. Uppskattningen är dock mycket osäker.

### **Mindre reningsverk**

Efter att Hemmesta avloppsreningsverk nyligen letts över till Käppala, så återstår bara reningsverken Söderby och Blynäs. Dessa bidrar med ca 0,5 ton fosfor och ca 30 ton kväve till innerskärgården per år.

## Sammanlagd tillförsel av fosfor och kväve till innerskärgården

VAS-rådet (2013) har sammanställt den beräknade sammanlagda tillförseln av fosfor och kväve, och kommit fram till att ca 380 ton fosfor och ca 8 100 ton kväve har tillförts innerskärgården per år (Tabell 1). Mindre än 10 % av mängden totalfosfor och 20 % av mängden totalkväve härstammar från avloppsreningsverken. Det största närsaltsbidraget från avloppsreningsverken är närmare hälften av det oorganiska kvävet.

**Tabell 1.** Bidrag av fosfor och kväve till innerskärgården från Mälaren, inåtgående strömmen, reningsverken samt övriga källor (nederbörd, markavrinning, enskilda avlopp, fritidsbåtar, mindre reningsverk). Mängderna med den inåtgående strömmen, kvävebalansen och storleken på internbelastningen (har antagits inte ge något bidrag alls beräknat över ett helt år) är mycket osäkra.

|                      | Totala mängder |       |         |       | Oorganiska fraktioner |       |         |       |
|----------------------|----------------|-------|---------|-------|-----------------------|-------|---------|-------|
|                      | Ton/år         |       | Procent |       | Ton/år                |       | Procent |       |
|                      | Fosfor         | Kväve | Fosfor  | Kväve | Fosfor                | Kväve | Fosfor  | Kväve |
| Mälaren              | 140            | 3 200 | 37      | 39    | 75                    | 1100  | 44      | 35    |
| Avloppsreningsverken | 26             | 1 630 | 7       | 20    | 13                    | 1450  | 8       | 46    |
| Inåtgående strömmen  | 200            | 3 000 | 53      | 37    | 80                    | 600   | 47      | 19    |
| Övriga källor        | 10             | 300   | 3       | 4     | 1                     | 2     | 1       | 0     |
| Summa                | 380            | 8 100 |         |       | 170                   | 3 150 |         |       |

## Trender i innerskärgården

### Fosfor och kväve

Näringsämnen som fosfor och kväve kan bidra till syrefria bottenvatten. Tillgången på fosfor och kväve kan också kopplas till blomningar av alger. Algblomningar förekommer dock regelbundet även under normala förhållanden och kan därför inte kopplas direkt till en miljöstörning. När det är obalans mellan förekomsten av fosfor och kväve kan det dock leda till kraftiga algblomningar, som kan ställa till med problem för de som använder vattnet för exempelvis rekreation eller dricksvattenproduktion. I Stockholms skärgård är dock inte kraftiga algblomningar av större geografisk omfattning särskilt vanliga.

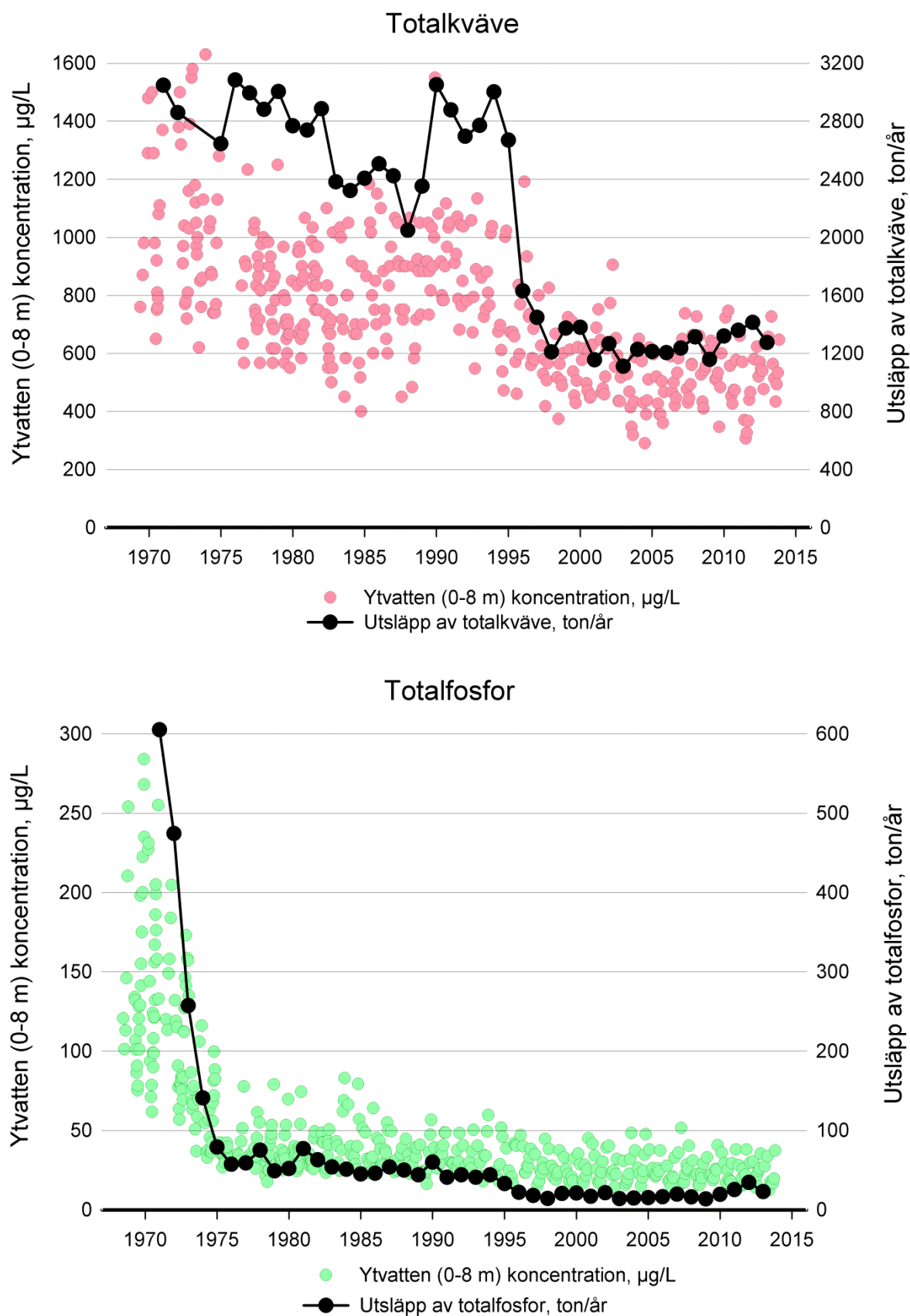
Omkring 1970 infördes vid reningsverken kemisk och biologisk rening, och i mitten av 90-talet infördes dessutom kväverening. Dessa reningsåtgärder har bidragit positivt till vattenmiljön i innerskärgården (Figur 8 och 9). Totalfosforhalten år 1970 i Blockhusuddens ytvatten låg exempelvis i snitt på ca 140 µg/L, medan medelhalten i samma lokal år 2013 låg på 36 µg/L, med en maximal halt vid ytan på 56 µg/L under året. Mycket av denna minskning beror dock på överledningen av det renade avloppsvattnet från Bromma reningsverk. Innan 1988 släpptes vattnet ut i Mälaren, vilken i sin tur påverkar ytvattnet i Saltsjön. Numera leds vattnet direkt ut på 30 meters djup i Saltsjön utanför Kastellholmen, vilket medför lägre fosfor- och kvävehalter vid ytan.

I den inre delen av skärgården brukar ytvattnets innehåll av oorganisk fosfor i princip vara förbrukat av primärproducenterna under sommaren. Fosfor är numera det främsta begränsande näringsämnet i skärgården. Innan fosforreningen infördes var förhållandet omvänt, och kväve var istället det begränsande näringsämnet. 90-talets införande av kväverening har inte ändrat tillbaka det förhållandet.

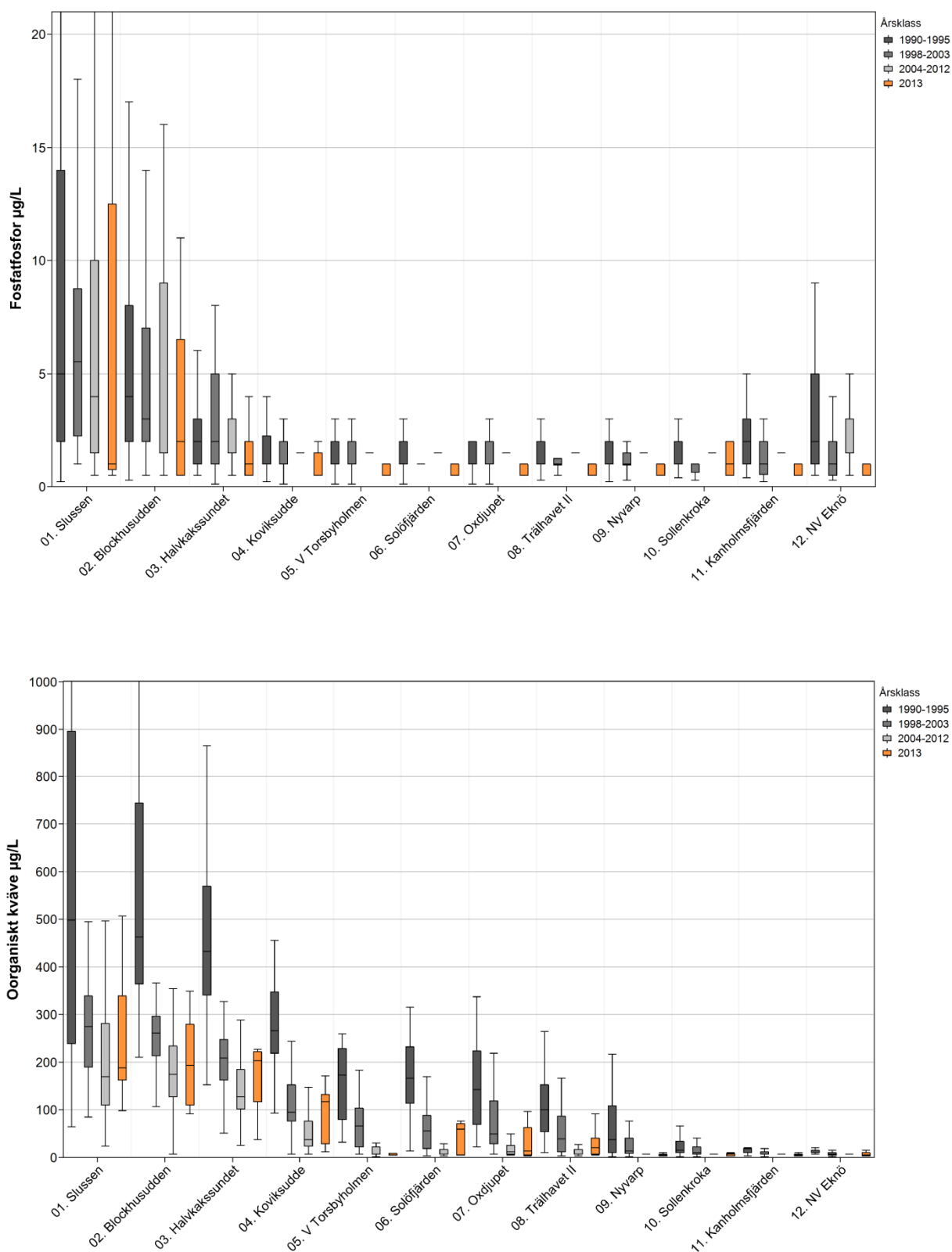
De totala fosformängderna i innerskärgården följer normalt samma variationsmönster från år till år, med de minsta mängderna i början av sommaren, som sedan ökar under sensommaren och hösten (Figur 13).

Införandet av kväverening i mitten av 90-talet minskade kvävehalterna i innerskärgården markant. Kvävehalterna har därefter hållit sig på en lägre nivå med mindre variation mellan åren än tidigare (Figur 10). Det generella mönstret för kväve är en minskande halt längs med stora segelleden, från Slussen ut till Eknö (Figur 11). De totala mängderna kväve i innerskärgården varierar normalt mindre än mängden fosfor. Variationsmönstret har viss likhet med variationen av fosformängd (Figur 14).

Ammonium är den kvävenäringskälla som först tas upp av växter när växtsäsongen sätter igång. Innanför Oxdjupet är halterna av ammoniumkväve en bit ner i vattenmassan och närmare botten normalt tydligt förhöjda under sommarmånaderna, vilket är ett tecken på sämre syreförhållanden. Detta ingår i det normala variationsmönstret i innerskärgården, med bland annat reningsverken som tydlig påverkanskälla. För nitrit+nitratkväve syns dock sällan detta mönster, utan det naturliga mönstret med högre halter under hösten när växternas upptag minskar syns istället. Exempelvis vid Halvkakssundet var förekomsten av oorganiskt kväve mycket tydlig en bit ned i vattenmassan under 2012 och 2013 (Figur 13). Förhöjda kvävehalter observerades då under större delen av året, och detta orsakades främst av avloppsvattenströmmen.

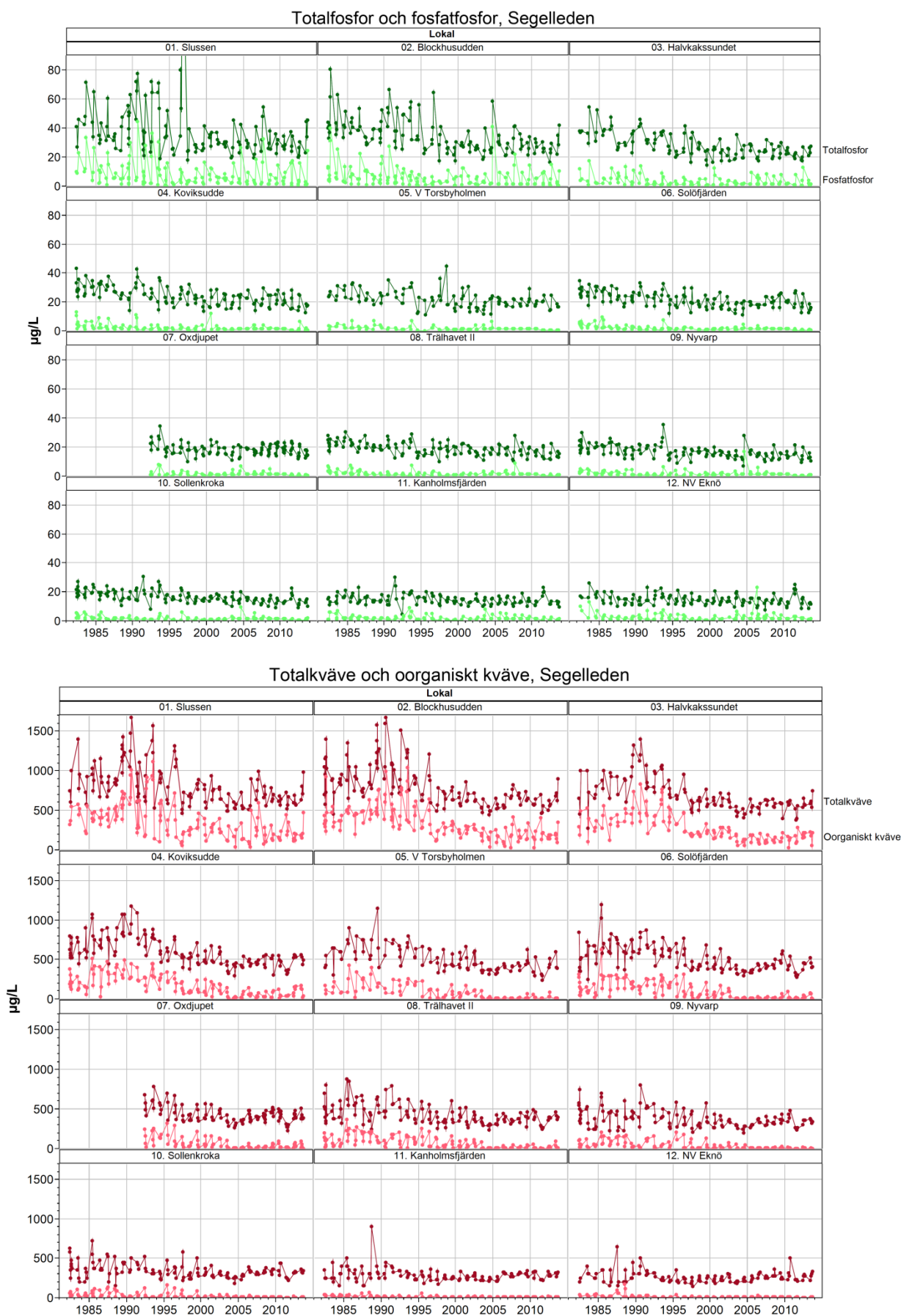


**Figur 8.** Reningsverkens utsläpp av totalkväve och totalfosfor (svart linje och punkter) jämfört med uppmätta halter i ytvattnet (0-8 m) vid Koviksudde.

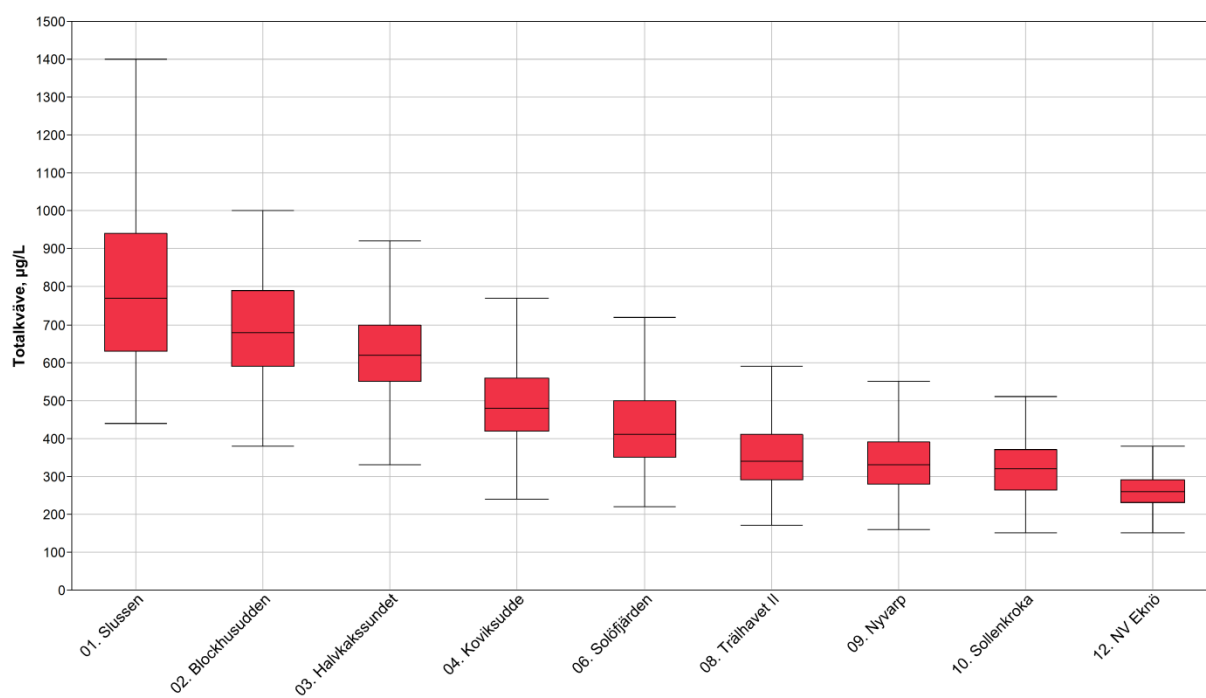


**Figur 9.** Fosfatfosfor och oorganiskt kväve i ytvattnet (0-4 m) under sommaren (21 maj-16 sept) längs med stora segelleden – 1990-95, före införandet av kväverening (mörkgrå), och efter kvävereningens införande, 1998-2003 (mellangrå), 2004-2012 (ljusgrå), och 2013 (orange). Boxplottarna anger median, nedre och övre kvartil, samt minimum- och maximumvärde, exklusive avvikande värden.

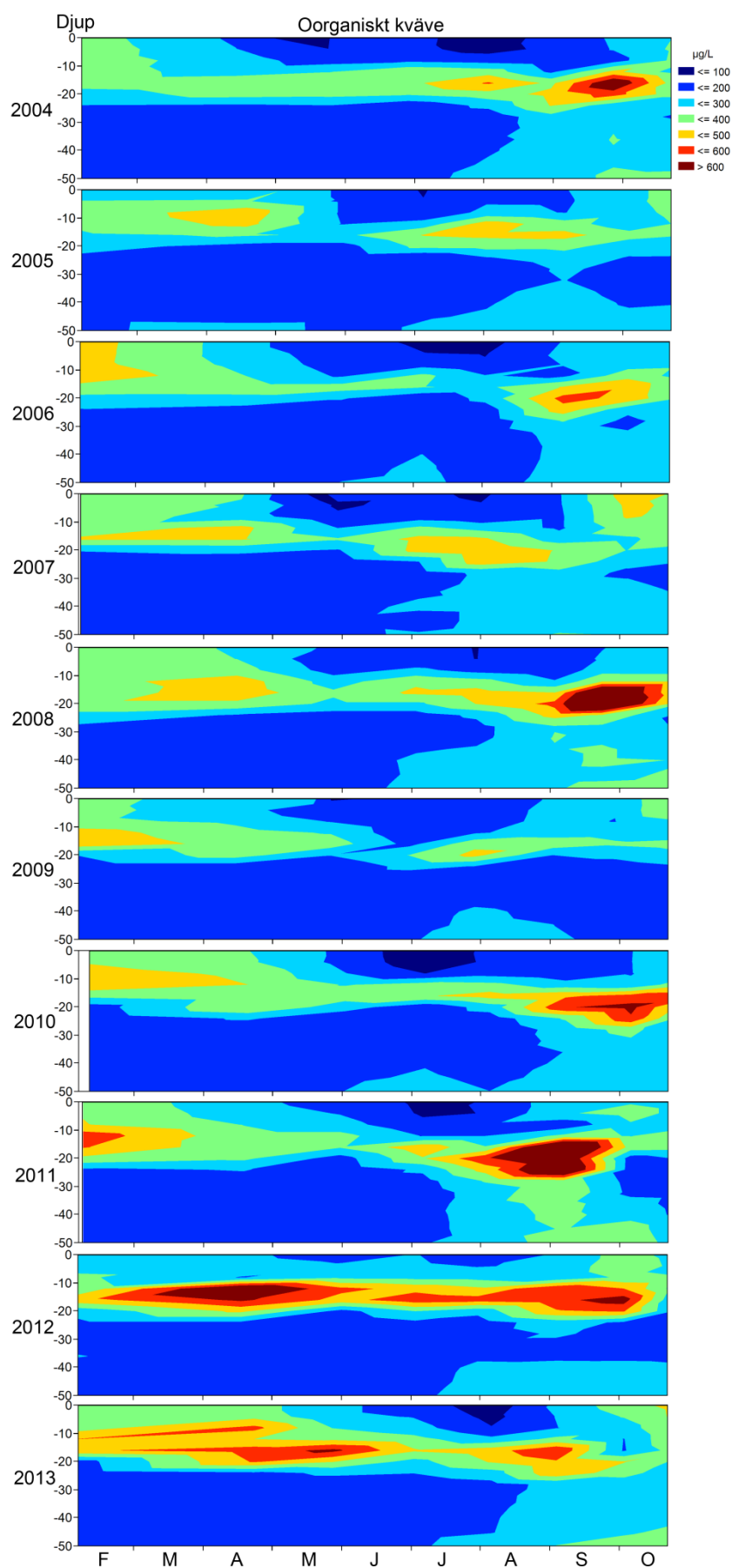




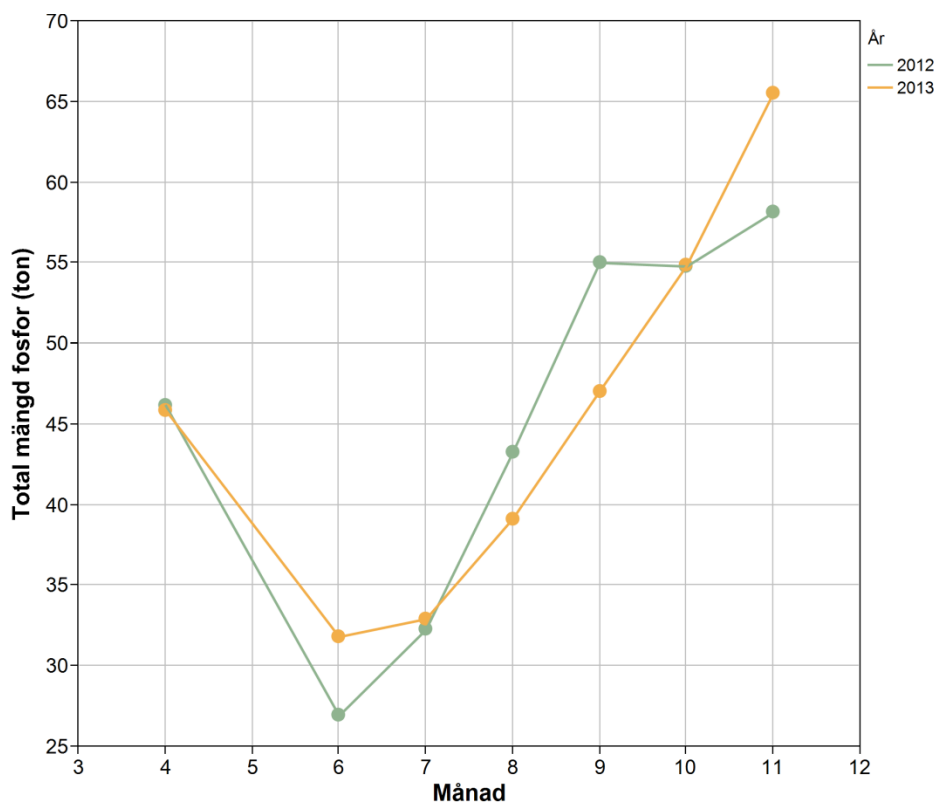
**Figur 10.** Totalfosfor och fosfatfosfor samt totalkväve och oorganiskt kväve i stora segelledens ytvatten (0-4 m) under sommaren (21 maj-16 sept).



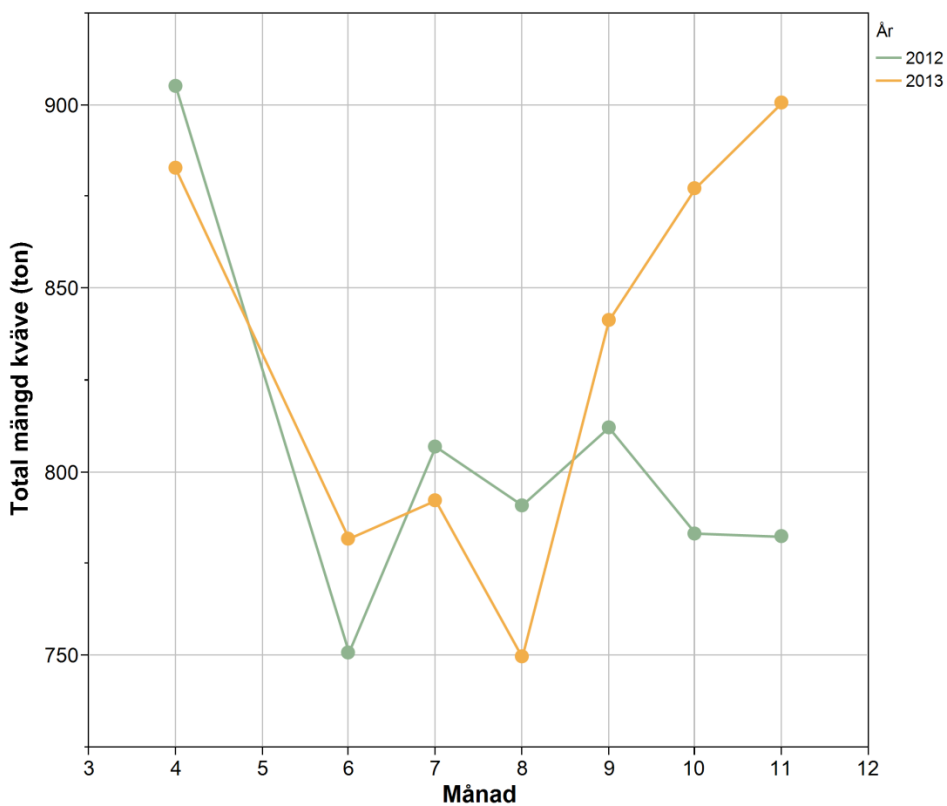
**Figur 11.** Variationen av totalkväve längs med stora segelleden (0-20 m) under åren 2004-2013. Boxplottarna anger median, nedre och övre kvartil, samt minimum- och maximumvärde, exklusive avvikande värden.



**Figur 12.** Fördelningen under året (februari-oktober) av oorganiskt kväve (ammonium- och nitrit+nitratkväve) i vattenmassan på 0-50 m djup vid Halvkaessundet 2004-2013.



Figur 13. Total fosformängd i innerskärsgården april-november 2012 (grön) och 2013 (orange).



Figur 14. Total kvävemängd i innerskärsgården april-november 2012 (grön) och 2013 (orange).

## Syre

Syrebrist i bottenvatten är ett problem som förekommer och ökar på många ställen i världens havsområden. Syrebrist kan bero på tillförsel av näringsämnen från exempelvis avloppsvatten, jordbruksmark, industrier eller fordonstrafik. De näringsämnen som släpps ut förbrukar delvis syret som finns i vattnet, och bidrar därmed till syrebrist. När syre inte tillförs i tillräckligt stor utsträckning för det organiska material som ska brytas ned, då bildas svavelväte, vilket är giftigt för de flesta organismer. Följden av syrebristen blir då att bottenlevande organismer dör, vilket i sin tur innebär mindre tillgång på föda för exempelvis fisk.

Det normala mönstret i skärgården under året för både grundare och djupare vatten är relativt höga syrehalter under våren, som sedan sjunker under sommaren och börjar vända vid höstomblandningen. Samma mönster ses för de totala mängderna av syre i innerskärgården (Figur 15). Minskningen av mängden syre i innerskärgårdens bottenvatten under sommaren är dessutom ofta relativt konstant (Figur 16).

Den ström med renat avloppsvatten (tredje strömmen) som rör sig genom Stockholms skärgård från innerskärgården mot ytterskärgården ligger vanligtvis på 10-20 meters djup. Efter att kväverening infördes vid reningsverken under andra halvan av 90-talet ökade syrehalten i avloppsströmmen, vilket tydligt kan ses på data från de inre lokalerna i skärgården (Figur 17). Längre ut är ökningen inte lika tydlig, eftersom det renade avloppsvattnet späts ut och blandats in i ytvattnet.

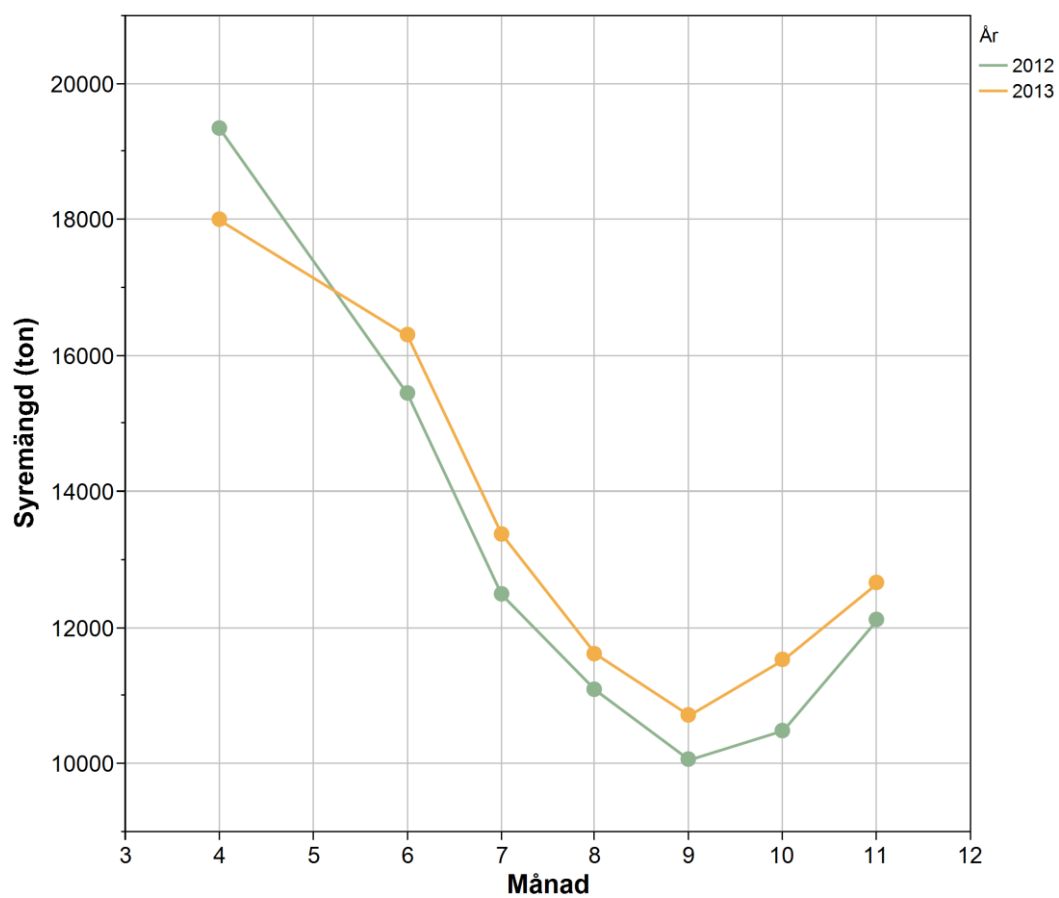
Generellt är syrehalterna högre längre ut i skärgården. Trälhavet, som ligger utanför tröskeln vid Oxdjupet, har fri passage utåt för dess bottenvatten, vilket innebär mindre risk för syrebrist.

## Siktdjup

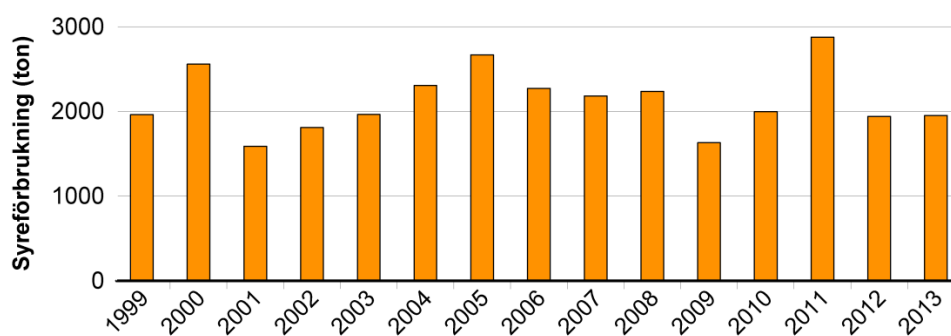
Växter är beroende av ljus, och med ett klarare vatten kan växter leva djupare ner i vattnet. Ökad förekomsten av planktonalger, humusämnen, lera och oorganiska partiklar kan bidra till minskat siktdjup.

De senaste tio åren har siktdjupet i innerskärgården minskat (Figur 18). Dessförinnan hade siktdjupet ökat sedan kvävereningen infördes i mitten av 90-talet. Detta kunde kopplas ihop med klorofyllhalten, som tydligt minskade i innerskärgården efter kvävereningen. Klorofyll *a* är ett grovt mått på växtplanktonbiomassa i ett vattenprov. Klorofyll *a* brukar därför ofta sättas i samband med siktdjup, och en viss omvänd korrelation mellan klorofyll *a* och siktdjup kan ofta anas. De senaste årens försämring av siktdjupet kan dock inte enkelt kopplas till klorofyllhalt och förekomsten av växtplanktonbiomassa.

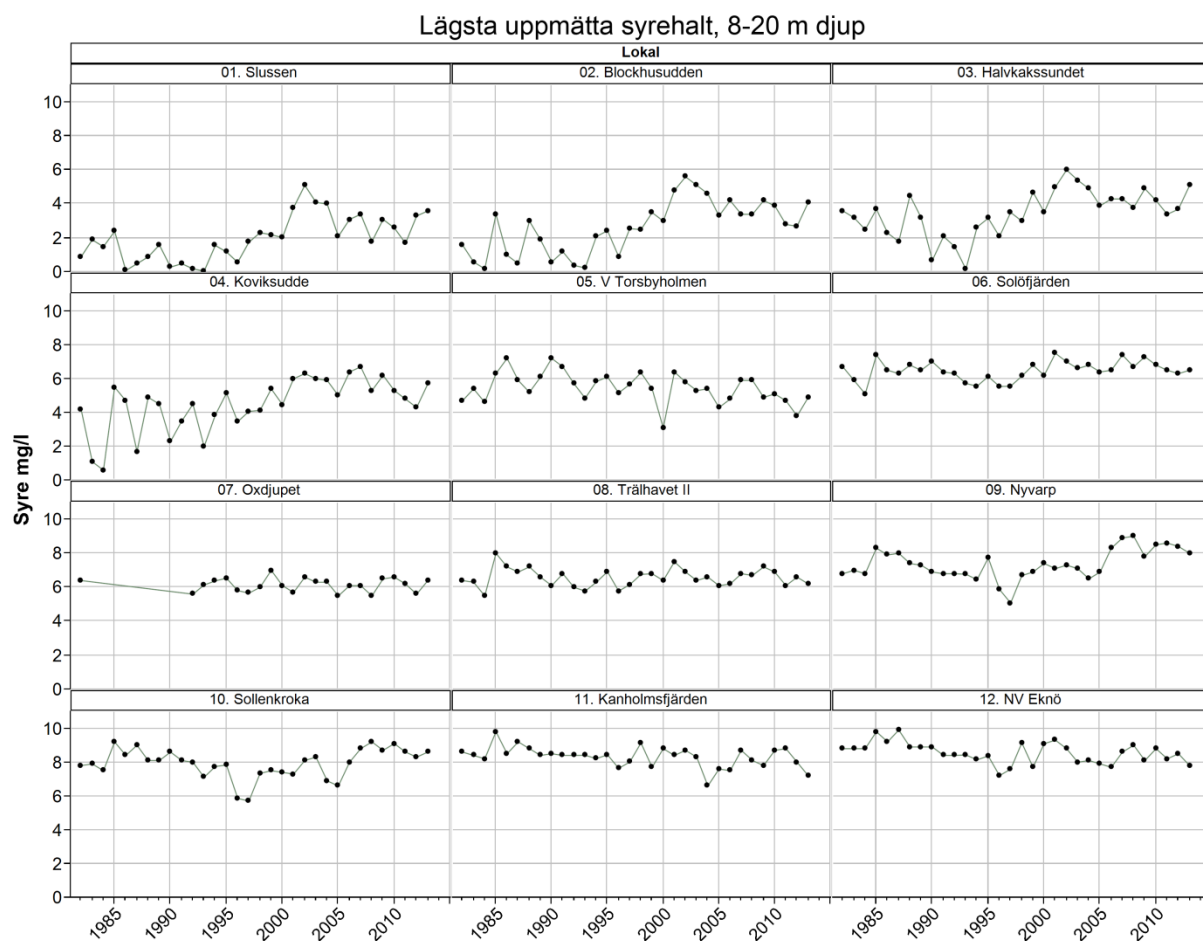
Det finns istället teorier som kopplar ökade humushalterna i Mälarens utflöde till det försämrade siktdjupet. Detta samband är dock inte klarlagt, men det är sannolikt att det finns en gemensam orsak till förändringarna i Mälaren och skärgården, som beror på förändringar i Mälarens sammansättning, vilken i sin tur beror på tillflödet och vattenomsättningen i Mälaren (Lännergren 2013). Lännergren (2013) antyder också att det minskade siktdjupet skulle kunna bero på kvävetillgången, som påverkar planktonalgtillväxten, och i sin tur siktdjupet. Förhållandet mellan näringsämnen och algtillväxt är dock mycket komplicerat.



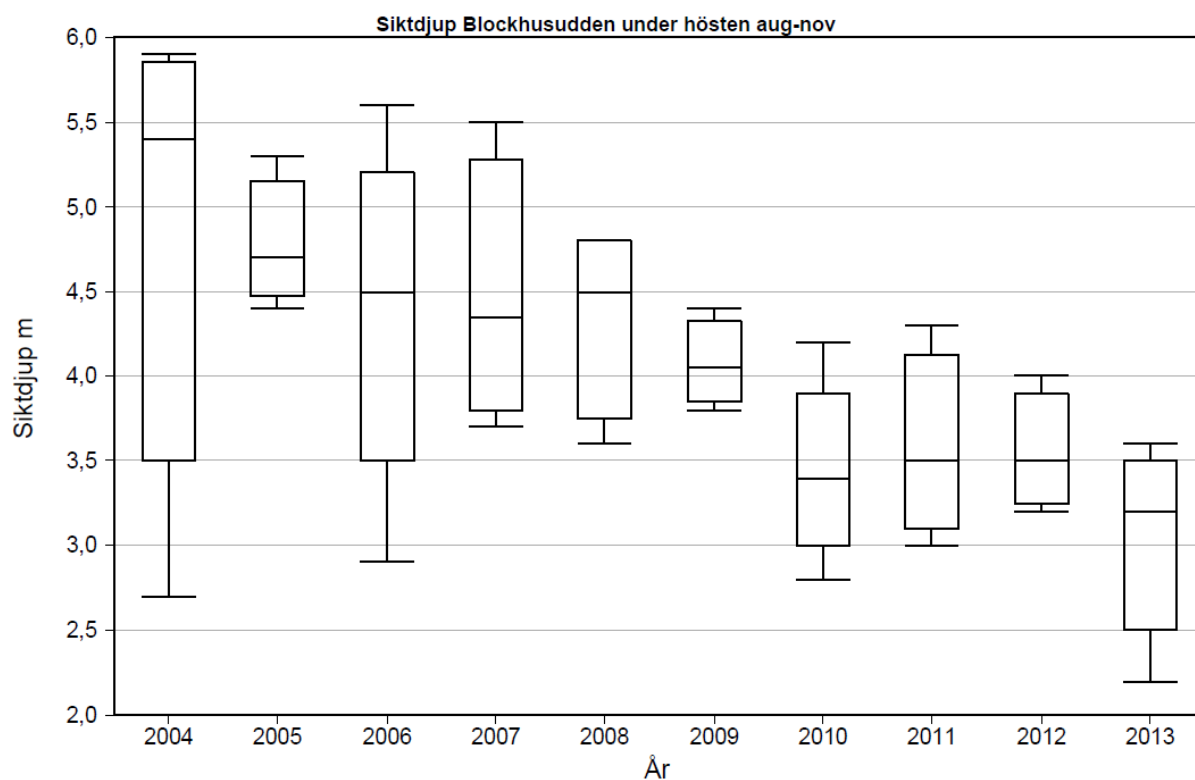
Figur 15. Total syremängd i innerskärsgården april-november 2012 (grön) och 2013 (orange).



Figur 16. Minskningen av syremängden i bottenvattnet (>20 m) från juni-juli till september-oktober 1999-2013.



**Figur 17.** Lägsta uppmätta syrehalt på 8-20 m djup i stora segelleden 1982-2013.

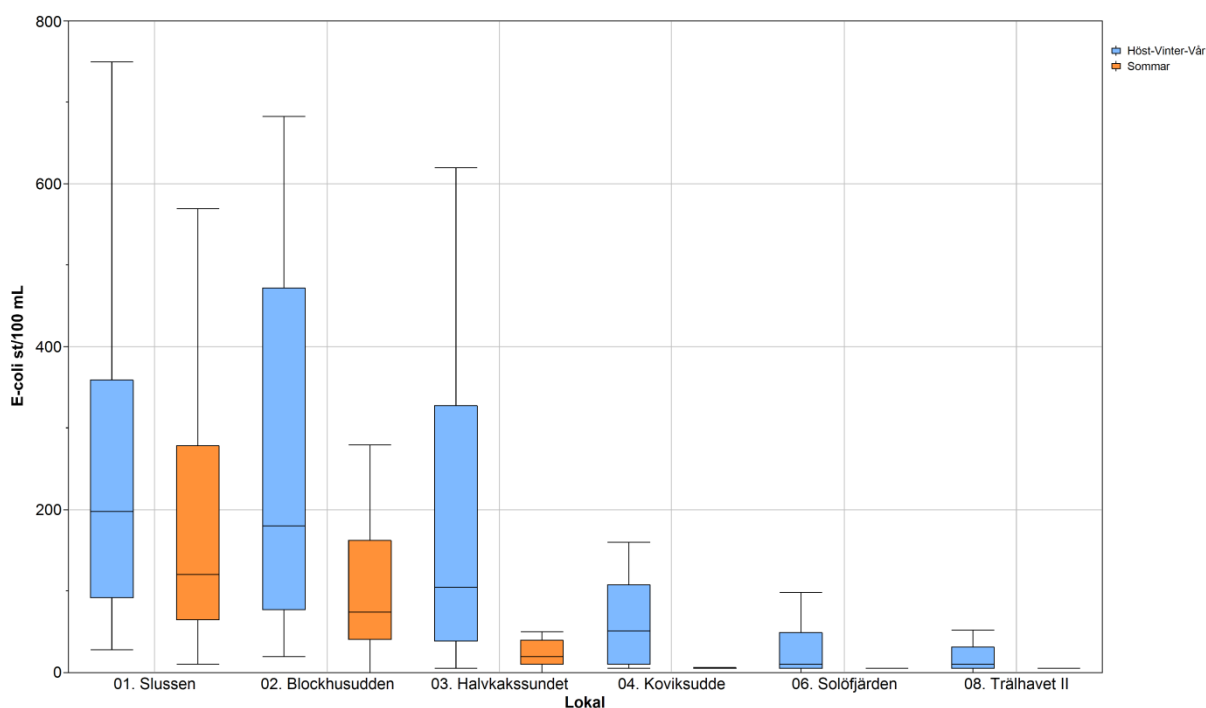


**Figur 18.** Siktdjup vid Blockhusudden under hösten (aug-nov) 2004-2014. Boxplottarna anger median, nedre och övre kvartil, samt minimum- och maximumvärde, exklusive avvikande värden.



## Bakterier

Mängden kolibakterier mäts för att undersöka om ett vatten innehåller sjukdomsalstrande bakterier. Vanligast är att mäta bakteriearten *Echerichia coli*, som är en vanlig tarmbakterie hos varmblodiga djur. Bakterieförekomsten hänger tydligt ihop med de ställen där bräddar förekommer. Närmast reningsverken vid Blockhusudden och Halvkakssundet är bakterieförekomsten störst (Figur 19). Följer man sedan strömmen ut genom skärgården minskar bakterietalen snabbt. Utanför Oxdjupet finns fortfarande spår av bakterier, men i mycket lägre nivåer än de som uppmätts i inre delarna av innerskärgården. I de inre delarna är det vanligt med bakterietal som klassas som tjänligt med anmärkning (100-1000/100 mL). I större delen av innerskärgården klassas bakterietalen dock som tjänligt för bad (<100/100ml).



**Figur 19.** Bakterieförekomst mellan Slussen och Trälhavet för åren 2009-2015 under sommaren och resten av året. Boxplottarna anger median, nedre och övre kvartil, samt minimum- och maximumvärde, exklusive avvikande värden.

## Växtplankton

Mängden växtplankton är, som tidigare nämnts, direkt kopplad till siktdjup. En analys av växtplanktonsamhället kan också ge information om olika typer av miljöstörningar. Växtplankton reagerar snabbt på förändringar i närsaltsbelastning och lämpar sig väl att användas som indikator på ändrad vattenkvalitet. Stockholm Vatten undersöker därför årligen växtplanktonsammansättningen i Stockholms skärgård inom ramen för den samordnade recipientkontrollen. I Lücke (2014) finns resultaten av uträknade bedömningsgrunder, där lokalen Koviksudde representerar innerskärgården.

Vid Koviksudde var växtplanktonbiovolymen (ljusgröna cirklar) som högst runt år 2004, lägre år 2005-2006 och som lägst 2007-2009 och har sedan ökat och indikerar de tre senaste åren, 2011-2013, otillfredsställande status med avseende på växtplanktonbiovolym i

innerskärgården (Figur 20). Klorofyllhalterna (mörkgröna trianglar) visar samma utveckling men inte lika tydligt. Status enligt klorofyll *a* har hela tiden visat på otillfredsställande nivå. En marginell förbättring av status har dock skett under år 2013 då både halten av klorofyll *a* och biovolym har minskat något (Figur 21). Status för kvalitetsfaktorn växtplankton landar efter sammanvägning av biovolym och klorofyll *a* på statusen otillfredsställande för Koviksudde åren 2011-2013. Statusen kan anses oförändrad sedan år 2003 (Figur 21).

### Bottenfauna

En analys av bottenfaunasamhället kan också, liksom växtplankton, ge indikationer på eventuell miljöstörning. Den sedimentlevande bottenfaunan uppvisar en kraftig respons både vid syrebrist och vid ökande eller minskande organisk belastning. Då bottendjuren ofta är både stationära och relativt långlivade speglar sammansättningen av djuren miljöförhållandena över en längre tid. Stockholm Vatten undersöker vartannat år bottenfaunasammansättningen i Stockholms skärgård inom ramen för den samordnade recipientkontrollen. I Lücke (2013) finns resultaten av uträknade bedömningsgrunder, där innerskärgården har delats upp i en inre och en yttre del.

BQI (Benthic Quality Index) är den nationella bedömningsgrunden för bottenfauna i kustvatten (Naturvårdsverket, 2007). Innan år 2012 har endast en modifierad form av BQI beräknats, BQI(e), för Stockholm Vattens prover. Generellt kan man säga att BQI ger en högre status än den BQI(e) som beräknats tidigare år.

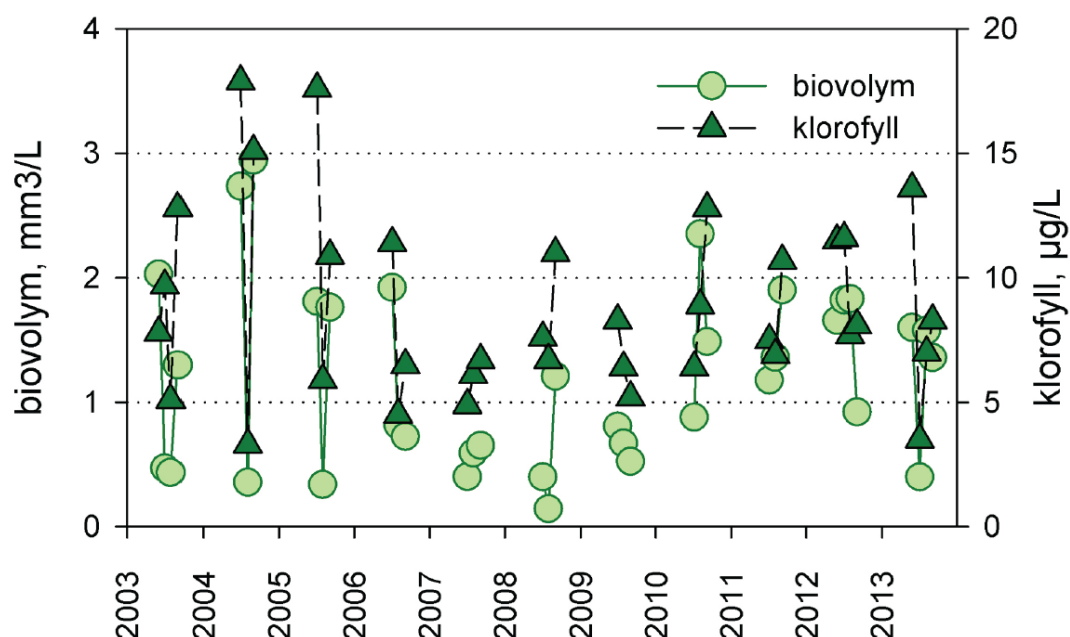
Den inre delen av Stockholms innerskärgård hade fram till sekelskiftet en status på gränsen mellan otillfredsställande och dålig (Figur 22; svarta cirklar). Under 00-talet har statusen oftast varit otillfredsställande, men 2010 tangerades åter dålig status. Försämringen i BQI(e)-värdet hängde då främst ihop med att skorven *Saduria* minskade i mängd, även om fortsatta ökningen av den amerikanska havsborstmasken *Marenzelleria* ändå hållit uppe statusen genom att invadera tidigare utarmade och livlösa bottenar.

Den yttre delen av Stockholms innerskärgård (Figur 22; ofyllda trianglar) hade fram till 1996 otillfredsställande status. Detta var fallet även 2002-2004, men åren 1998-2000 och 2006-2010 var statusen måttlig. År 2012 låg statusen på gränsen mellan måttlig och god. Förbättringen i BQI(e)-värdet beror främst på att korvmasken *Halicryptus* ökat i förekomst, men till liten del även på att havsborstmasken *Marenzelleria*, liksom i inre delen, etablerat sig på flera bottenar som tidigare var dåliga.

## Stockholms inre skärgård (24), Koviksudde

Planktonbiovolym och klorofyll,

uppmätta värden, (maj)jun-aug(sep) 2003-2013

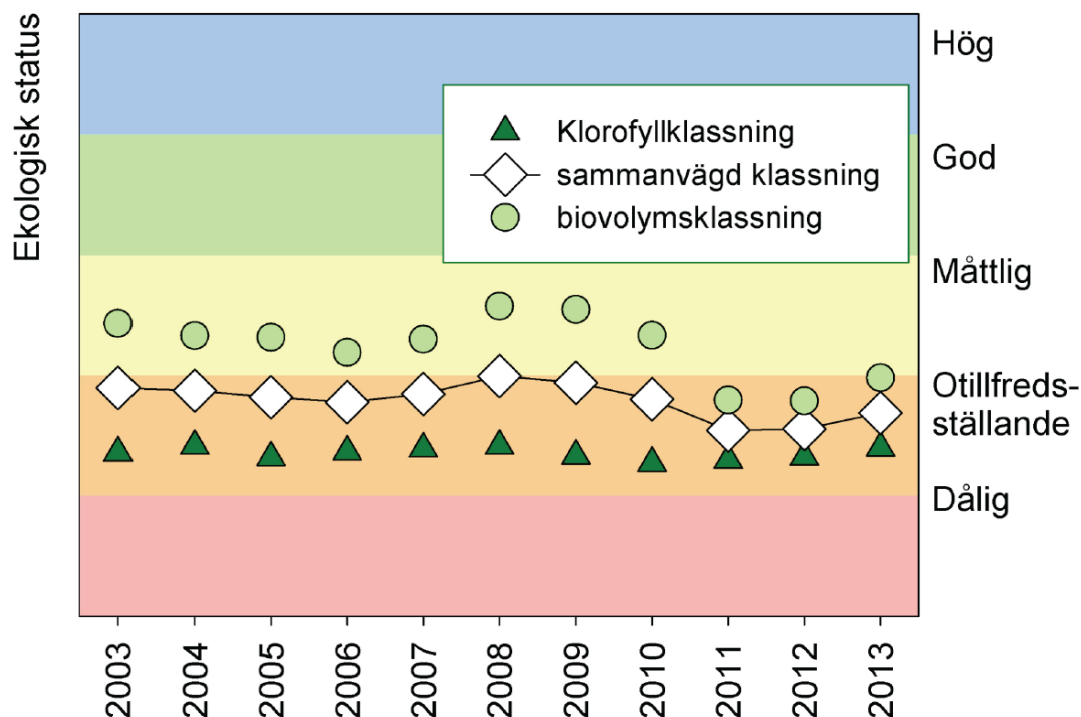


Figur 20. Klorofyll a och växtplanktonbiovolym i Stockholms innerskärgård. Notera att axlarna har olika skalor.

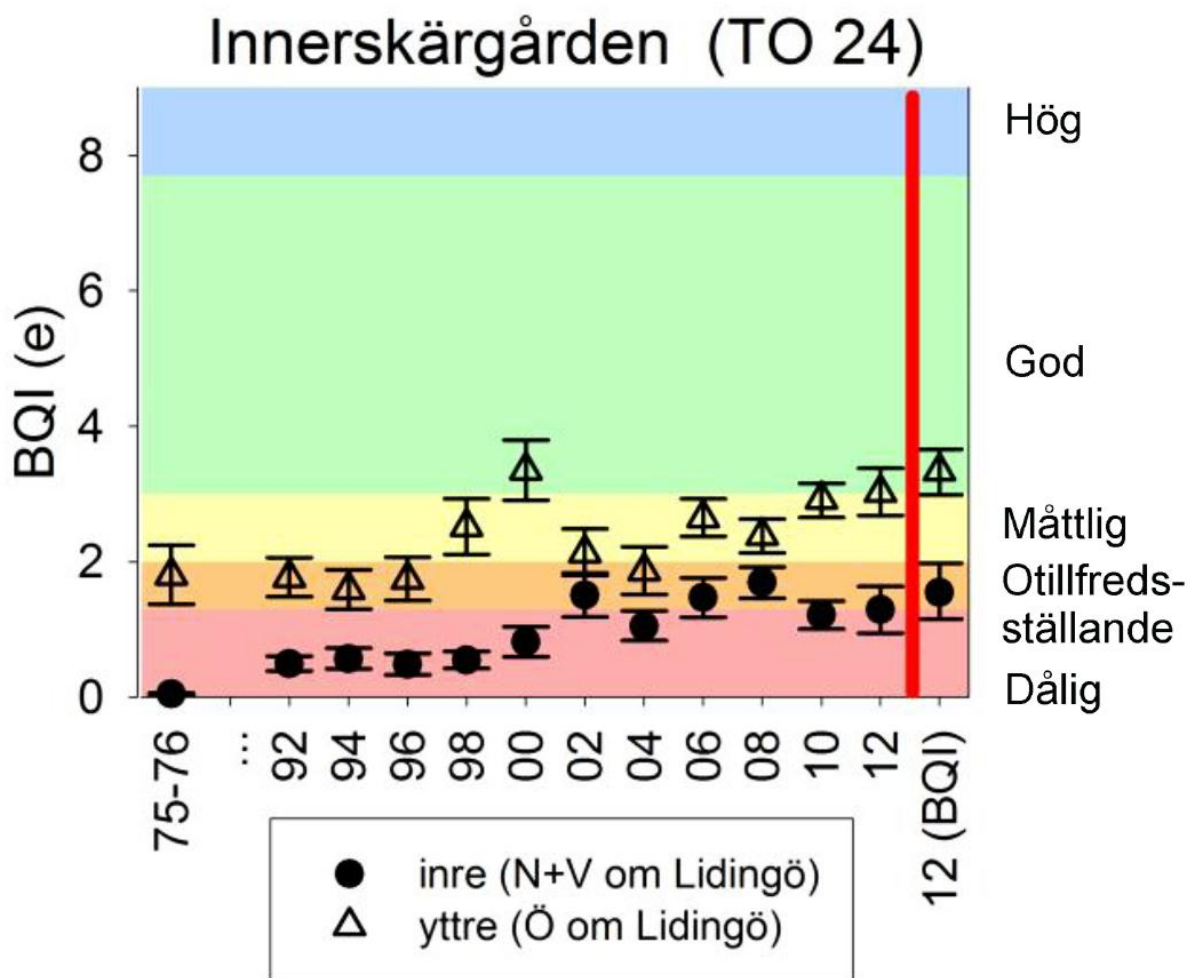
## Stockholms inre skärgård (24), Koviksudde

Statusklassning, löpande 3-årsmedel, 2003-2013

Planktonbiovolym, klorofyll, sammanvägt



Figur 21. Sammanvägd statusbedömning med hjälp av växtplankton enligt Naturvårdsverket (2007).



**Figur 22.** Statusbedömning med hjälp av bottenfauna. Värderna för BQI(e) sedan provtagningsstart och BQI för 2012 års data. BQI(e) är en modifierad version av BQI.

### Vad skulle hända om reningsverken togs bort från innerskärgården?

Om reningsverken togs bort från innerskärgården skulle de främsta källorna till belastning av näringsämnen vara Mälaren och den inåtgående bottenströmmen. Ett förenklat hypotetiskt scenario kan ställas upp med Mälaren som enda bidragsgivaren till kväve och fosfor i vattenmassan ovan 20 meters djup. I detta scenario är reningsverken bortplockade ur ekvationen. Resultatet för innerskärgårdens vattenmassa ovan 20 meters djup kan då bli som figurerna 23-26 illustrerar för de två exempelåren 2012 och 2013.

Åren 2012 och 2013 skilde sig åt ur flera aspekter. 2012 var det tredje nederbördsrikaste året genom tiderna, och samtidigt var det varmare än normalt. 2013 var istället ett relativt normalt år som bara var något varmare än normalt, men utan anmärkningsvärda nederbördsmängder. Nederbördsmängderna under hösten 2013 var dock mycket små i skärgårdens tillrinningsområde, vilket innebar minimalt utflöde av sött Mälervatten till skärgården. Under det föregående regniga året 2012 var utflödet istället mycket högre än normalt, vilket innebar att Mälaren hade en betydande påverkan på skärgårdens ytvatten.

Resultatet av scenariot där reningsverken tas bort skulle kunna bli en minskning av kvävemängder på mellan 100 och 250 ton per månad (Figur 23), samt en minskning av

fosformängderna på mellan 2 och 7 ton per månad (Figur 25). Mönstret för haltvariationerna i vattnet liknar variationen i mängd, och kvävehalterna skulle med det hypotetiska scenariot minska med 70-200 µg/L, och fosfor med 2-7 µg/L (Figur 24 respektive 26).

I figurerna syns också mängder och halter i innerskärgårdens vatten om utsläppen enligt nuvarande villkor skulle vara maximerade under hela tidsperioden. Nuvarande villkor är för kväve 10 mg/L, och för fosfor 0,3 mg/L. Resultatet av den förväntade maximala halten i kommande utsläpp från Henriksdalsverket efter ombyggnad visas också i figurerna. Den förväntade maximala halten i kommande utsläpp är för kväve 6 mg/L, och för fosfor 0,2 mg/L. Om dessa halter appliceras på åren 2012 och 2013 syns det att kvävemängderna kan antas minska uppemot 100 ton per månad jämfört med dagens toppvärden. Motsvarande kan kvävehalterna i innerskärgårdens vatten antas minska runt 40-80 µg/L. Om de förväntade maximala kommande halterna för fosfor appliceras för samma år syns det att fosformängderna i innerskärgårdens vatten kan antas minska ca 2 ton per månad jämfört med dagens toppvärden. Motsvarande kan fosforhalterna antas minska runt 2 µg/L. Skillnaden i innerskärgårdens vatten kan alltså antas bli relativt större för kväve än för fosfor efter ombyggnad av Henriksdals avloppsreningsverk.

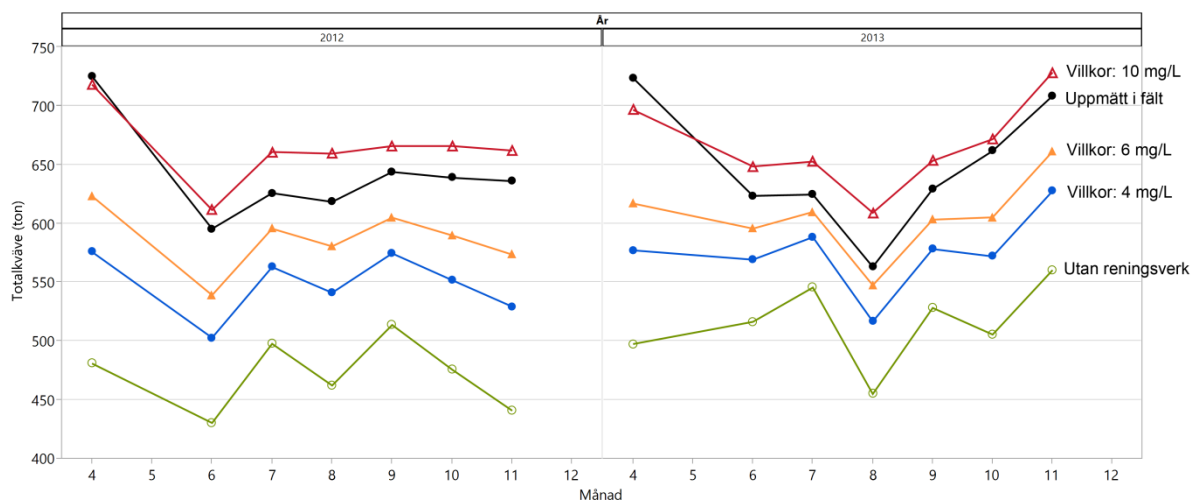
Om villkoret för utsläpp av kväve och fosfor istället skulle sättas till 4 mg/L respektive 0,1 mg/L, och utsläppen skulle vara maximerade utifrån detta, så skulle både mängden och halten i innerskärgårdens vattenmassa ovan 20 meters djup vara betydligt lägre än då utsläppen är maximerade enligt dagens villkor (Figur 23-26). Dock kan det vara svårt att motivera sådana krav, då kostnaden för rening skulle fördyras betydligt.

I figurerna visas också, som tidigare nämnts, hur situationen skulle kunna se ut om reningsverken inte skulle påverka innerskärgården. En hypotetisk anledning till detta scenario skulle kunna vara en flytt av utsläppspunkten för det renade avloppsvattnet till exempelvis Trälhavet. Då skulle istället den inåtgående strömmen bidra i större utsträckning till belastningen av innerskärgården. Beroende på vilket djup det renade avloppsvattnet skulle släppas ut på så skulle den inåtgående strömmen ta med sig mer eller mindre av näringsämnen från mellan- till innerskärgården.

Att flytta reningsverkens utsläppspunkt från innerskärgården till mellan- eller ytterskärgården innebär dock bara att man flyttar problemet. En flytt av utsläppspunkten är därför en tveksam åtgärd. Det är svårt att motivera en medveten förbättring av en vattenförekomst när det samtidigt innebär en försämring av en annan. Detta strider dessutom mot en av vattendirektivets grundtankar, att inga vattenförekomster ska försämrast.

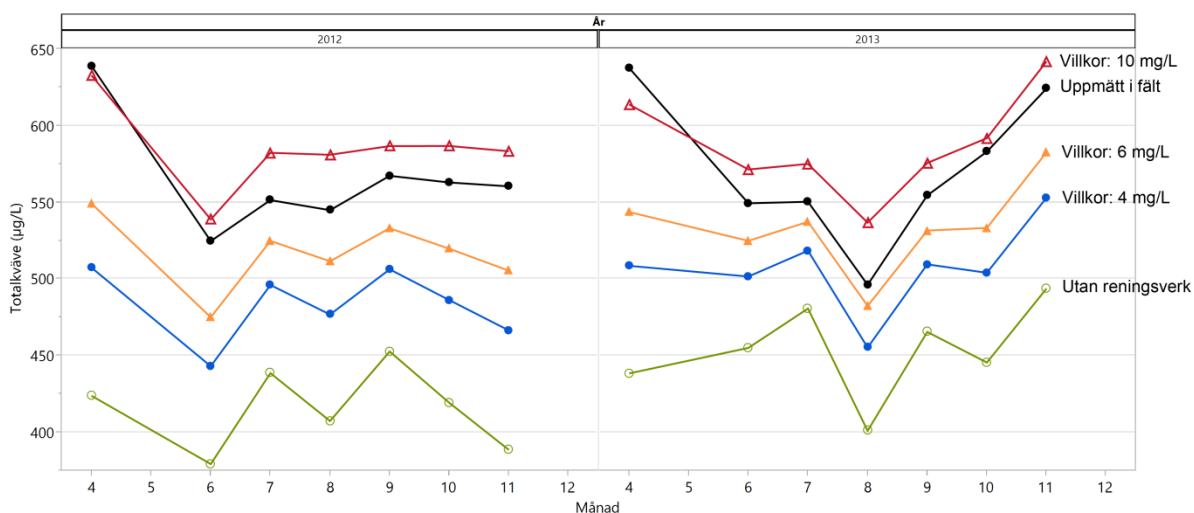
Som ett resultat av Henriksdals ombyggnad kommer vattenkvaliteten i innerskärgården tydligt att förbättras, vilket ligger i linje med de krav som ställs inom vattenförvaltningen. Det finns många källor till negativ påverkan på innerskärgårdens vatten, men en förbättrad rening i Henriksdal kommer att bidra till ett stort steg i riktning mot en god vattenstatus.

## Totalkvävemängder



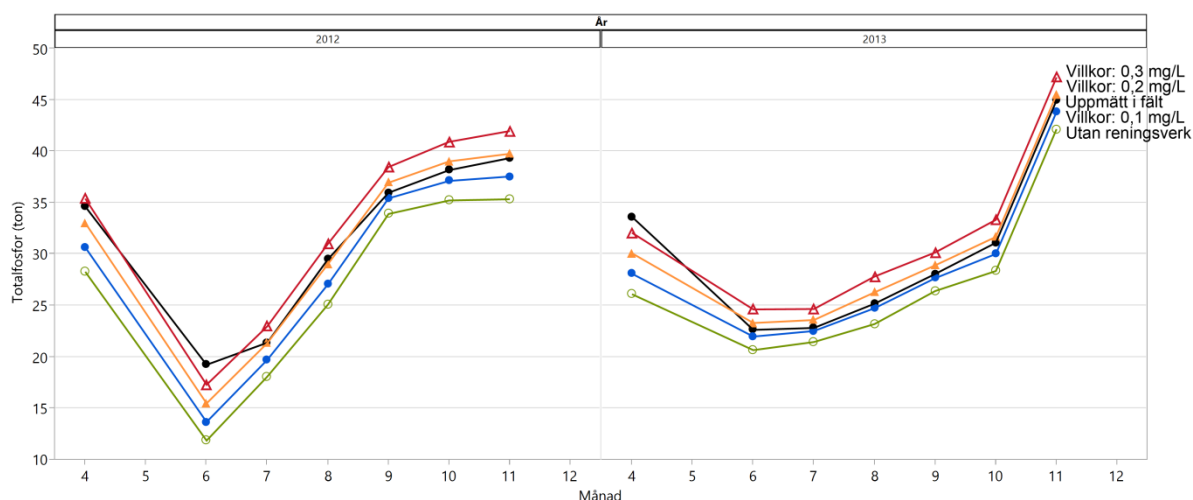
**Figur 23.** Mängd kväve (totalkväve) i innerskärgårdens vattenmassa (<20 m djup) med (svart fylld cirkel) och utan (grön ofylld cirkel) reningsverkspåverkan mellan april och november åren 2012 och 2013, samt mängd kväve om utsläpp enligt nuvarande villkor är maximerade (röd ofylld triangel), och mängd kväve vid förväntad maximal halt i kommande utsläpp från Henriksdals avloppsreningsverk enligt villkor 6 mg/L (orange fylld triangel) och villkor 4 mg/L (blå fylld cirkel).

## Totalkvävehalter



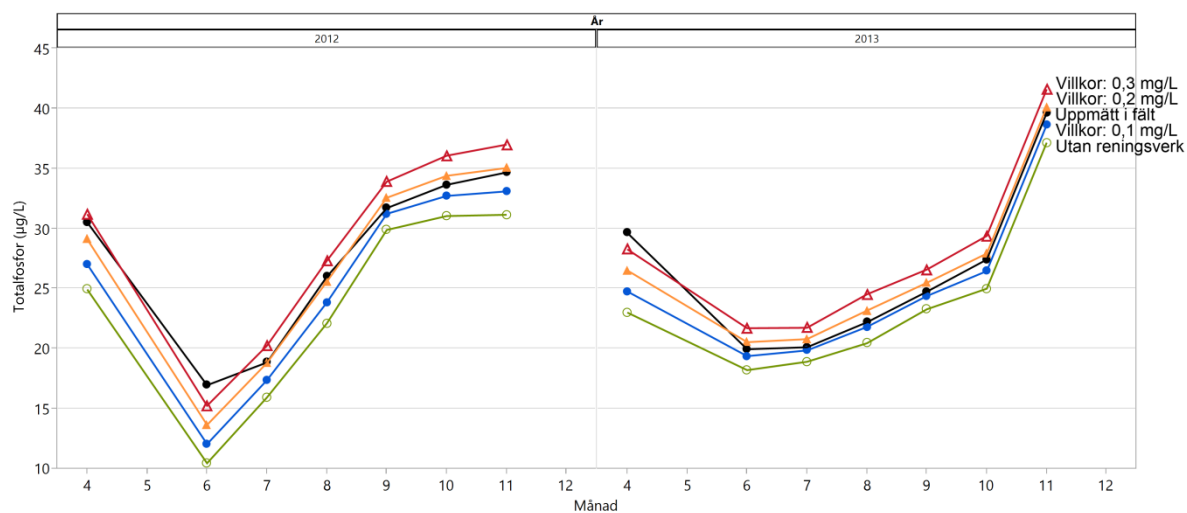
**Figur 24.** Halten kväve (totalkväve) i innerskärgårdens vattenmassa (<20 m djup) med (svart fylld cirkel) och utan (grön ofylld cirkel) reningsverkspåverkan mellan april och november åren 2012 och 2013, samt halten kväve om utsläpp enligt nuvarande villkor är maximerade (röd ofylld triangel), och halten kväve vid förväntad maximal halt i kommande utsläpp från Henriksdals avloppsreningsverk enligt villkor 6 mg/L (orange fylld triangel) och villkor 4 mg/L (blå fylld cirkel).

## Totalfosformängder



**Figur 25.** Mängd fosfor (totalfosfor) i innerskärgårdens vattenmassa (<20 m djup) med (svart fylld cirkel) och utan (grön ofylld cirkel) reningsverkspåverkan mellan april och november åren 2012 och 2013, samt mängd fosfor om utsläpp enligt nuvarande villkor är maximerade (röd ofylld triangel), och mängd fosfor vid förväntad maximal halt i kommande utsläpp från Henriksdals avloppsreningsverk enligt villkor 0,2 mg/L (orange fylld triangel) och villkor 0,1 mg/L (blå fylld cirkel).

## Totalfosforhalter



**Figur 26.** Halten fosfor (totalfosfor) i innerskärgårdens vattenmassa (<20 m djup) med (svart fylld cirkel) och utan (grön ofylld cirkel) reningsverkspåverkan mellan april och november åren 2012 och 2013, samt halten fosfor om utsläpp enligt nuvarande villkor är maximerade (röd ofylld triangel), och halten fosfor vid förväntad maximal halt i kommande utsläpp från Henriksdals avloppsreningsverk (orange fylld triangel) enligt villkor 0,2 mg/L (orange fylld triangel) och villkor 0,1 mg/L (blå fylld cirkel).



## Konsekvenser för skärgården av den framtida avloppsreningen

Med ny teknik kommer utsläppen från det utbyggda reningsverket vid Henriksdal att vara renare än de är idag. Innerskärgården är idag fosforbegränsad, vilket innebär att en minskning av kväve troligen inte kommer att märkas exempelvis i form av minskad planktonblomning. Möjligen skulle bristen på kväve i vattnet kunna leda till att kvävefixerande alger ökar något, då dessa kan få en konkurrensfördel gentemot andra algar. Kvävefixerande alger kan vid fotosyntes binda kväve som finns i luften.

Den algblomning som sker på våren regleras i nästan hela Östersjön främst av vattnets kväveinnehåll. Vårblommande alger bidrar med mycket sedimentation i form av döda alger. Detta kan sedan vara en orsak till uppkomsten av döda bottnar. Reducering av kvävetillförseln till skärgården är därför viktig.

En minskning av fosfor skulle innebära en stor övervikt av kväve i skärgårdsvattnet, och att fosforbegränsningen för de kvävefixerande algerna lokalt skulle bli tydligare. Med en stor övervikt av kväve innebär det att kvävet transporteras längre ut i skärgården, med algblomningar i yttre delarna av skärgården som följd.

Det är av stor vikt att både mängderna av kväve och fosfor reduceras i balans för att undvika de problem som kan uppkomma till följd av algblomningar.

Bräddningar av spillvatten till Saltsjön kan tidvis innebära högre bakterietal. Detta behöver dock inte innebära generellt förhöjda halter vid ytan, då Mälarens vatten kommer att vara renare än idag. Mälarens söta rena vatten kan då jämna ut halterna i Saltsjöns ytvatten, vilket innebär att bakterietalen kan hållas nere. Bräddningen till Saltsjön kommer också att kunna kontrolleras bättre än idag, då själva tunneln kan användas som fördröjningsmagasin för det vatten som måste bräddas. Ett renare Mälarvatten förstärker dessutom skiktbildningen, vilket hindrar det renade avloppsvattnet från att tränga upp till ytan.

När Bromma avloppsreningsverk flyttas till Henriksdal kommer också utsläppspunkten för Bromma reningsverk i Saltsjön att flyttas. Utsläppet av det renade avloppsvattnet som idag passerar Bromma reningsverk kommer att ske på samma ställe som Henriksdal idag släpper ut sitt vatten. Henriksdal har idag tre parallella utloppsrör vid Danvikstull, och dessa kommer att kompletteras med ytterligare två utloppsrör som kommer vara belägna alldeles bredvid de redan befintliga. Dagens utsläppspunkter från Bromma och Henriksdal är belägna på ca 30 meters djup relativt nära varandra – Henriksdals utsläppspunkt ligger ca 1,4 km öster om utsläppspunkten för Bromma. Eftersom de ligger så pass nära varandra i samma vattenström, samt att vattenmassan är tydligt avgränsad längs med segelleden, med Djurgården på ena sidan och Nacka på andra sida, så kommer flytten av utsläppspunkten inte ha någon signifikant betydelse för vattenkvaliteten i Saltsjön.

Det renade avloppsvatten som idag släpps ut från Bromma till Saltsjön passerar Norrenergis värmepumpanläggning i Solna. Där utvinns vattnets spillvärme för fjärrvärmeproduktion, varpå det renade avloppsvattnet samtidigt kyla ned. Därefter syresätts vattnet innan det transporteras vidare ut i Saltsjön. Denna nedkylning och syresättning är bra för skärgårdsvattnet.

När vattnet istället kommer att ledas direkt till Henriksdals avloppsreningsverk kommer nedkylningen troligen inte ske i samma utsträckning. Delar av Henriksdals renade avloppsvatten leds idag till Fortums fjärrvärmeanläggning Hammarbyverket i Hammarby sjöstad, varpå ett nedkylt vatten blir resultatet, som sedan kan släppas ut i Saltsjön. Eftersom Hammarbyverket endast kan ta emot delar av det renade avloppsvattnet, innebär det att temperaturen på det utgående vattnet kommer att vara något högre än i dagsläget, men ändå inte vara skadliga för växter och djur i skärgården. Det är viktigt att upprätthålla de naturliga temperaturperioderna om man vill skydda livet i havet. Vissa havsdjur som lägger rom under vintern kräver perioder av låga vattentemperaturer för att reproduktionen och utvecklingen av ägg och larver ska lyckas.

SMHI har tidigare utrett konsekvenserna av en temperaturökning av Henriksdals utloppsvatten, som effekt av fjärrkylproduktion av Birka Värme Stockholm AB. SMHI beräknade hur insiktningen av det renade avloppsvattnet påverkades under olika driftförhållanden. Augusti månad bedömdes ur miljösynpunkt som den mest kritiska perioden. Då är kylbehovet som störst samtidigt som det pågår en höstblomning av planktonalger. Dessutom är halterna av fosfatfosfor höga i bottenvattnet under hösten. Slutsatserna var att insiktningen av avloppsvattnet från Henriksdal sker på ett grundare djup med ett uppvärmt vatten, eftersom vattnet samtidigt får minskad täthet. Förändringen av insiktningsdjup är dock liten, utifrån gjorda beräkningar. Beräkningarna visar också att mängden fosfatfosfor som förs upp till ytvattnet ökar vid ökad temperatur. Ökningen av uppförd fosfatfosfor till ytan är dock relativt liten, ca 1-3 %, med en temperatur runt 20 °C i det utgående vattnet från Henriksdals avloppsreningsverk.

Vattnet som släpps ut från Henriksdal syresätts idag innan det når Saltsjön, vilket det kommer att göras även i framtiden. Med den nya membranteknik som ska införas kommer dock effektiviteten av syresättningen öka ytterligare, vilket kommer att leda till bättre förutsättningar för att stärka syreförhållandena i innerskärgården.

## **Konsekvenser för Mälaren av den framtida avloppsreningen**

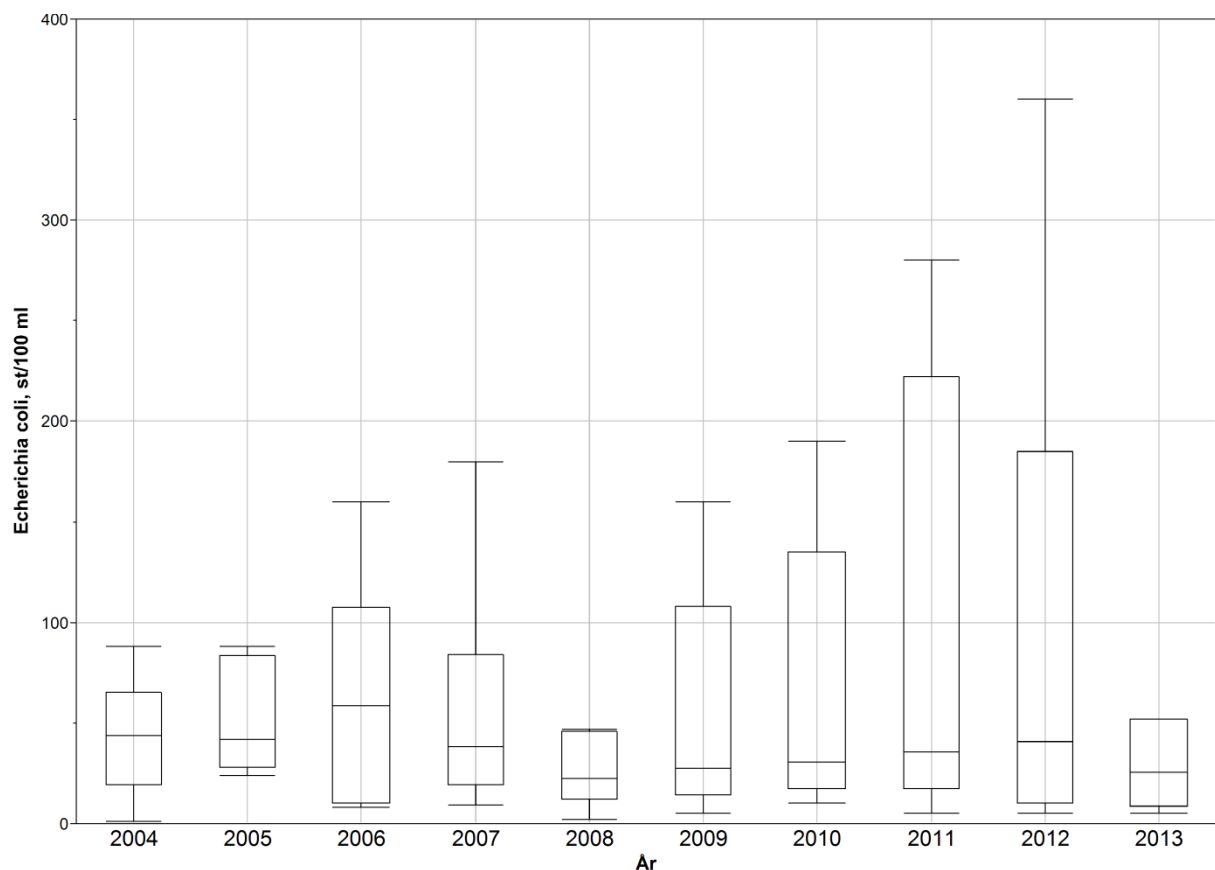
Innan 1988 släpptes det renade vattnet från Bromma reningsverk ut i Mälaren. Numera leds vattnet ut i Saltsjön utanför Kastellholmen på 30 meters djup, och endast bräddvatten släpps ut i Mälaren.

När spillbräddvatten släpps ut finns det risk för att exempelvis närbelägna badplatser drabbas av förhöjda bakteriehalter i vattnet. Bakteriehalterna i Mälaren är dock redan idag låga, trots de bräddningar som sker. I Riddarfjärden klassas bakterietalen oftast till tjänlig utan anmärkning (<100 st/mL; Figur 27). Sällan överskrider gränsen för otjänligt badvatten (>1000/100ml).

När en ny tunnel för överledning av spillvatten till Henriksdal byggs kan ett flertal bräddpunkter i Mälaren byggas bort. Med färre bräddar minskar tillförseln av näring till Mälaren, samtidigt som risken för höga halter av bakterier minskas betydligt. Konsekvensen av att Bromma reningsverk flyttas blir alltså att Östra Mälaren kommer att få en bättre vattenkvalitet.

För nuvarande avleds delar av avloppsflödet från Stockholm och Huddinge till Himmerfjärdens avloppsreningsverk i Botkyrka. Vid utbyggnad av den planerade Brommatunneln ansluts detta område till Brommatunneln för överföring och rening i Henriksdals reningsverk. Bräddningen till Mälaren från Eolshälls pumpstation kommer då att minska och nästan upphöra helt. Detta kommer att leda till bättre vattenkvalitet både i Mälaren och i Himmerfjärden.

Beräkningar i Olsson (2014) uppger att bräddningen till Mälaren minskar med ca 50 % av totalvolymen och ca 60 % av spillvattenmängden, jämfört med nollalternativet, när Brommatunneln är fullt utbyggd.



**Figur 27.** Uppmätta bakterietal i Riddarfjärden åren 2004-2013 för *Echerichia coli*. Boxplottarna anger median, nedre och övre kvartil, samt minimum- och maximumvärde, exklusive avvikande värden.

## **Referenser**

Lücke, J. 2013. Undersökningar i Stockholms skärgård 2012. Vattenkemi, plankton och bottenfauna. Stockholm Vatten AB.

Lücke, J. 2014. Undersökningar i Stockholms skärgård 2013. Vattenkemi och växtplankton. Stockholm Vatten AB.

Lännergren, C. 2013. Siktdjupet har försämrats. Rapport Svealandskusten 2013. Svealands Kustvattenvårdsförbund.

Länsstyrelsen i Stockholm län. 2011. Stockholm – varmare, blötare. Klimat- och sårbarhetsanalys för Stockholms län. Rapport 2011:28.

Naturvårdsverket. 2007. Status, potential och kvalitetskrav för sjöar, vattendrag, kustvatten och vatten i övergångszon. Handbok 2007:4, utgåva 1; Bilaga B.

Olsson, A. & S. Al-Shididi. 2014. Bräddutredning Stockholm Vatten. Bräddmängder, halter, och flöden vid regn för nuläget och framtiden med och utan Brommatunneln. Sweco Environment AB.

VAS-rådet. 2013. Robust avloppsvattenrening i Stockholms Län – en utblick mot 2030 med fokus på recipienten. VAS-rådets rapporter nr 12.

Ødegaard, H. 1995. Environmental impact and cost efficiency in municipal wastewater treatment. Department of Hydraulic and Environmental Engineering, The Norwegian Institute of Technology, The University of Trondheim, Norway. Paper presented at Stockholm Water Symposium, Stockholm, 13-18 August 1995.





Stockholm Vatten AB, 106 36 Stockholm  
Tel 08-522 120 00, Fax 08-522 120 02  
[stockholmvatten@stockholmvatten.se](mailto:stockholmvatten@stockholmvatten.se)  
[www.stockholmvatten.se](http://www.stockholmvatten.se)  
Besöksadress: Torsgatan 26  
En del av Stockholms stad