

Bilaga 2

Undersökningar i Stockholms skärgård 2009

Text: Christer Lännergren, Stockholm Vatten

RECIPIENTUNDERSÖKNINGAR I STOCKHOLMS SKÄRGÅRD 2009

Allmänna uppgifter om förhållandena under året

Vädersituationen

2009 var det 22:a året i följd med temperaturöverskott i förhållande till SMHI:s normalperiod 1961-90. Den genomsnittliga avvikelser, 1,0°C, var mindre än de närmast föregående åren 2005-2008 då överskottet uppgick till 1,3-1,9°C. Temperaturen var högre än normalt varje månad från januari till maj. Skillnaden var störst, 3,9°C, i april. Juni var kallare än normalt, därefter var temperaturen relativt hög i juli-september. Året avslutades med underskott i oktober, överskott i november och något lägre temperatur än vanligt i december.

Nederbörden i Stockholm uppgick till 531 mm, nära det normala, 539 mm. Mängden var större i Örebro i den västra delen av Mälaren avrinningsområde, 717 mot normalt 626 mm. April, som var en varm och solrik månad, var också nederbördsfattig. Regnmängderna var sedan stora i juni-juli. I Örebro föll 160 mm under juli, mer än dubbelt så mycket som vanligt.

Meteorologiska uppgifter från SMHI för Stockholm och Örebro.

Månad	Lufttemperatur Stockholm		Nederbörd (mm) Stockholm		Nederbörd (mm) Örebro		Solskenstimmar Stockholm	
	2009	Normal	2009	Normal	2009	Normal	2009	Normal
Januari	-1,2	-2,8	21	39	23	45	52	40
Februari	-1,8	-3,0	24	27	33	34	64	72
Mars	1,0	0,1	36	26	46	33	96	135
April	8,5	4,6	5	30	9	38	281	185
Maj	12,0	10,7	25	30	45	43	288	276
Juni	14,0	15,6	80	45	73	51	263	292
Juli	17,8	17,2	89	72	160	77	220	260
Augusti	17,5	16,2	54	66	74	69	260	221
September	14,2	11,9	32	55	45	73	214	154
Oktober	5,7	7,5	68	50	55	57	104	99
November	5,6	2,6	52	53	89	60	18	54
December	-1,4	-1,0	45	46	65	46	21	33

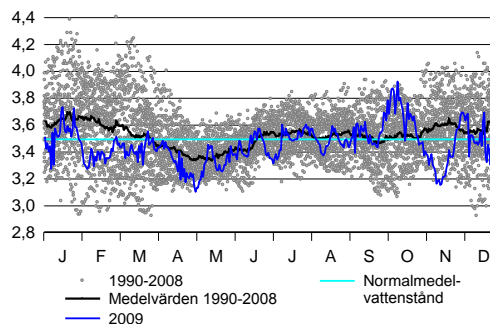
Normalvärden avser perioden 1961-90.

Nivåer

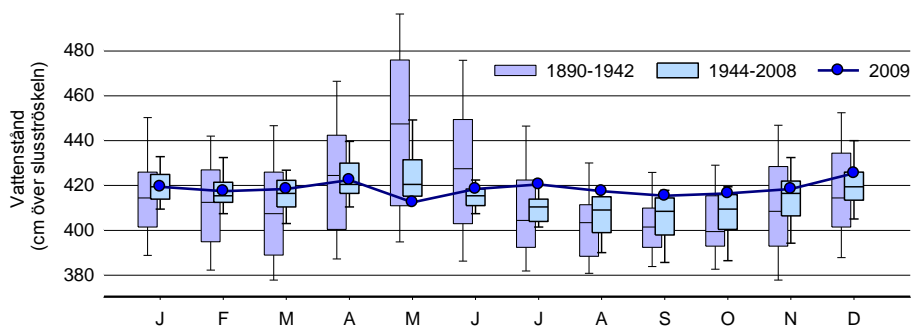
Skillnaden mellan lägsta och högsta vattenstånd i Saltsjön är normalt ungefär en meter. 2009 var skillnaden 0,82 m, från 3,10 m i april till 3,92 m i början av oktober. Vattenståndet sjönk kraftigt under oktober och var lägre än vanligt i början av november.

De dagliga vattenståndsvariationerna brukar vara störst under vintern. 2009 förekom variationer mellan 24 och 32 cm/dag i januari och december, variationer >20 cm/dag förekom även i april och september.

Vattenståndet i Mälaren förändras mindre än i Saltsjön. Medelvärdet för den årliga amplituden 1990-2009 är 41 cm, 2009 var den bara 19 cm. Vattenståndet var lägst, 4,10 m, i maj och högst, 4,29 m, i december.



Vattenstånd, meter (RH00), i Saltsjön 1990-2007 och 2008.



Mälarens vattenstånd, månadsmedelvärden 1890-1942, före Mälarens reglering, samt 1944-2008 och 2009.

Regleringen sköts främst med dammluckorna under Riksbron och i Stallkanalen. Renovering av Norrbro gjorde att andra utskov användes mer än vanligt för regleringen under 2009.



Mälarens utskov. Mörka staplar visar när utskoven är stängda, Riksbron även delvis stängd (kortare staplar).

Utfloppet från Mälaren

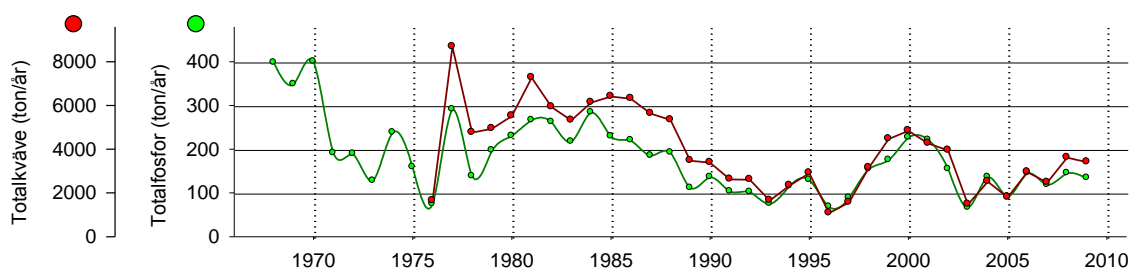
Utfloppet från Mälaren uppgick till 5 437 Mm³, mer än genomsnittet 1968-2008, 4 780 Mm³, men mindre än 2008 med 5 894 Mm³. Flödena var normala under vintern 2009 och i april. Vårfloden uteblev helt i maj. Flödena var sedan stora under sommaren och relativt stora under hösten. Flödet under juli-augusti var det största som registrerats efter införandet av Mälarens reglering 1943, med undantag av de mycket stora flödena år 2000.

Belastningsförhållanden

Mälaren

Det finns ett allmänt samband i Mälaren utflöde, så att höga halter sammanfaller med stora flöden. Både fosfor- och kvävehalterna var ovanligt höga när flödena var stora omkring år 2000, men över längre tid har fosforhalten varit relativt konstant. Med undantag av åren 1999-2002 har halten sedan 1990 varierat mellan 23 och 29 $\mu\text{g/L}$, 2009 var den genomsnittliga fosforhalten 24 $\mu\text{g/L}$. Variationerna av kvävehalten har varit något större, sedan 1990 och med undantag av 1999-2002 mellan 0,42 och 0,65 mg/L . I motsats till fosfor, har kvävehalten gradvis ökat de senaste åren, sedan 2004 från 0,50 till 0,63 mg/L 2009.

Sambandet mellan halter och flöden har medfört att mängderna i Mälarens utflöde ökat mer än halterna. Sedan 2003, då utflödet bara var 2 600 Mm^3 , har fosformängden oregelbundet ökat från 66 till 134 ton och kvävemängden från 1 480 till 3 410 ton.



Uttransport av fosfor och kväve, ton/år, från Mälaren till Saltsjön. Kväve i Mälarens utflöde började analyseras först 1976.

Ökningen av kvävehalterna har medfört en ökning av förhållandet mellan kväve och fosfor i Mälarens utflöde, från 16:1 i mitten av 1990-talet till 25:1 2008 och 2009.

Andelen oorganiskt fosfor och kväve är liten i Mälarens utflöde under vegetationsperioden, fosfor mindre än 10 % i maj-augusti och kväve mindre än 20 % från maj till början av oktober. Mot slutet av vegetationsperioden kan fosfor finnas i visst överskott i Mälarevattnet och brist på kväve kan vara begränsande för växternas produktion. 2003-2008 förekom oorganiskt kväve periodvis i så låga halter att kväve var en trolig begränsande faktor. 2009 tycks kväve ha funnits i överskott i Mälarens utflöde vid samtliga provtagningstillfällen.

Reningsverken

De tre stora avloppsreningsverkens utsläpp av fosfor och kväve har varit ganska konstanta efter införandet av kväverening. Fosfor har åren 2000-2009 varierat mellan 22 och 32 ton och kväve mellan 1 460 och 1 800 ton per år. 2009 uppgick utsläppen till 24 resp 1 580 ton, därav 14 resp 1 160 ton från Stockholm Vattens avloppsreningsverk Bromma och Henriksdal.

De sammanvägda halterna av fosfor och kväve i det renade avloppsvattnet från Bromma och Henriksdal var något lägre 2009 än tidigare år, 0,10 resp 8,7 mg/L . Kvävehalten var lägre än tidigare även i utgående vatten från Käppala, 8,2 mg/L . Fosforhalten, 0,19 mg/L , låg nära genomsnittet för de senaste 10 åren.

En stor andel av totalkvävet, 80-95 %, utgörs av oorganiskt kväve, ammonium- och nitratkväve, som är direkt tillgängligt för växtligheten.

Andelen har blivit något mindre efter införandet av kväverening, som framförallt medförde en minskning av ammoniumkväve, från över 2000 ton till knappt 300 ton/år. Minskningen av nitratkväve har däremot varit obetydlig.

Utsläppta mängder från Bromma och Käppala har i själva verket ökat och bara Henriksdal har uppvisat en minskning – de sammanlagda utsläppen 1990-95 var i genomsnitt 1 250 ton/år och har efter år 2000 varit 1 120 ton/år.

Kvävereningen medförde en oväntat stor minskning av utsläppen av fosfatfosfor, troligen beroende på utbyggnaden av reningsverken med filter som sista reningssteg och fällning på filtren. Utsläppen från Stockholm Vattens reningsverk har minskat från ca 13 till 8 ton/år. Förändringarna i Käppala är okända pga osäkra analyser. Det är möjligt att även Stockholm Vattens analyser är behäftade med fel som beror på att järnbunden fosfor i analysen kan uppträda som fri fosfat.

Den syreförbrukning, som orsakas av utsläppen av renat avloppsvatten, beror till största delen på innehållet av oxiderbart kväve, s.k. Kjeldahlkväve - organiskt bundet kväve plus ammoniumkväve - och bara till en mindre del på det som benämns syreförbrukande ämnen och mäts som BOD₇. Utsläppen av oxiderbart kväve blev betydligt mindre när kvävereningen infördes och den totala syreförbrukningen minskade från 15 000-20 000 ton till mindre än 3 000 ton. 2009 uppgick syreförbrukningen till 2 360 ton, därav 460 ton, 20 %, som BOD₇.

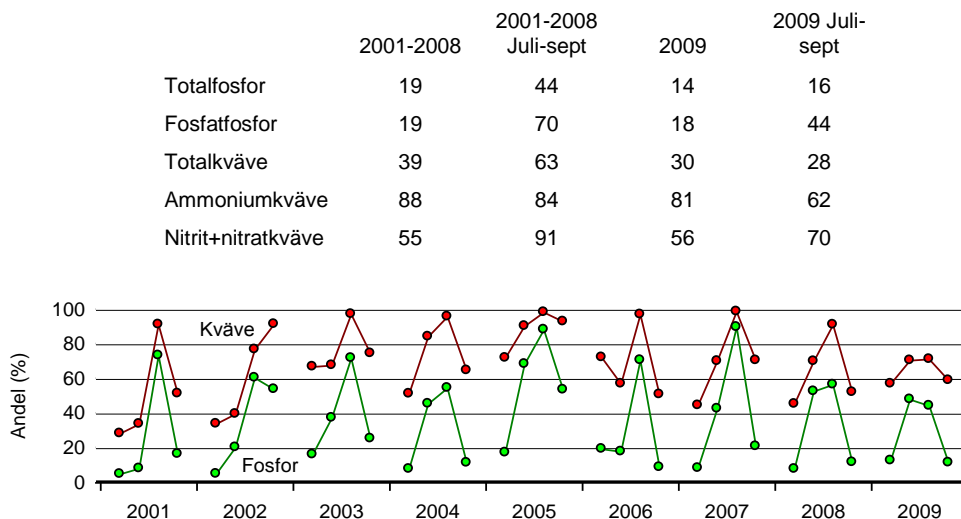
Under sommaren och hösten bräddades ca 230 000 m³ delvis renat avloppsvatten från Henriksdal - 31 000 m³ till Danvikskanalen och resten till hamnbassängen nära det ordinarie utsläppsdjupet. Bräddningarna orsakade en ökning av de utsläpp som angivits ovan med 1 ton fosfor, 11 ton kväve och 35 ton BOD₇.

De mindre avloppsreningsverken – Hemmesta, Blynäs, Margretelund och Djurö i den centrala delen av skärgården och Tjustvik vid Baggensfjärden – släppte 2009 ut 159 ton kväve, 2 ton fosfor och 49 ton syreförbrukande ämnen som BOD₇, vilket för samtliga ämnen motsvarar 7-11 % av de tre stora reningsverkens utsläpp. Utsläppen har ökat sedan början av 2000-talet, då de uppgick till ca 1,5 ton fosfor och 100 ton kväve. Avloppsvattnet från Tjustvik överfördes i månadsskiftet augusti-september till Käppala. Mätningarna av Tjustviks utsläpp under de tre första kvartalen var osäkra. De uppskattade mängderna - 23 ton BOD₇, 0,7 ton fosfor och 64 ton kväve – var betydligt större än 2008, då de under hela året uppgick till 9,3, 1,5 resp 28 ton.

Sammanlagda bidrag från Mälaren och reningsverken

Reningsverken bidrog med 14 % av den sammanlagda tillförseln av fosfor och 30 % av kvävet. Andelen av de oorganiska fraktionerna var större – fosfatfosfor 18 %, nitrit+nitratkväve 56 % och ammoniumkväve 81 % (nedanstående tabell). Reningsverkens utsläpp varierar ganska lite under året jämfört med utflödet från Mälaren och halterna i Mälarovattnet är, med undantag av ammoniumkväve, lägre under sommaren än under andra delar av året. Reningsverkens relativa bidrag blir därför stora under sommaren, särskilt under 3:e kvartalet. Pga de höga flödena under sommaren var reningsverkens bidrag mindre än vanligt 2009.

Avloppsreningsverkens bidrag som procent av den sammanlagda tillförseln från Mälaren och reningsverken, årsmedelvärde och medelvärde för 3:e kvartalet 2000-2008 och 2009.



Reningsverkens bidrag (%) av oorganiskt fosfor och kväve, kvartalsmedelvärden 2001-09.

Tillståndet i skärgården

Temperatur och salinitet

Temperatur och salinitet i ytvattnet

Vattentemperaturerna var ganska låg 2009 – en vattentemperatur över 20 °C registrerades bara vid ett tillfälle, vid fiskarepunkten Växlet i norra delen av Furusundsleden. Under sommaren brukar de högsta temperaturerna i Segelleden påträffas i Solöfjärden och vid Nyvarp-Sollenkroka och de lägsta temperaturerna vid de innersta lokalerna - 2009 var temperaturen tvärtom högst vid Slussen och Blockhusudden .

Saliniteten varierade mellan 0,15 PSU inne vid Slussen i samband med stora utflöden i slutet av juli, och 5,8 PSU vid NV Eknö i slutet av oktober .

Temperatur och salinitet i bottenvattnet

Temperaturen i bottenvattnet ökade kraftigt i slutet av 1980-talet - vid Slussen från en högsta temperatur under året av ca 6°C till över 10°C 2007 och 2008 . Ökningen skedde samtidigt med överföringen av Brommaverkets utsläpp från Mälaren till Saltsjön, och det ligger nära till hands att tro överföringen är orsaken, men en liknande ökning inträffade även vid lokaler så långt ut som Kanholmsfjärden och NV Eknö, som bara mycket marginellt kan ha påverkats av överföringen. 2009 var temperaturerna i allmänhet lägre än 2007-08, ett undantag var Halvkakssundets bottenvatten .

Även saliniteten har visat stora förändringar . Efter en svag ökning i början av 1970-talet minskade saliniteten från mitten av 1980-talet till slutet av 1990-talet med ungefär 1 PSU både i inner- och mellanskärgårdens bottenvatten. Saliniteten ökade sedan till 2005-06 men har därefter åter minskat något i innerskärgården medan den varit oförändrad i mellanskärgården. Saliniteten i Kanholmsfjärdens bottenvatten har inte varierat på samma sätt som vid övriga lokaler utan har följt förändringarna i öppna Östersjön med en kraftig ökning från ca 8,5 PSU i början av 1990-talet till 10-11 PSU 2006-09 .

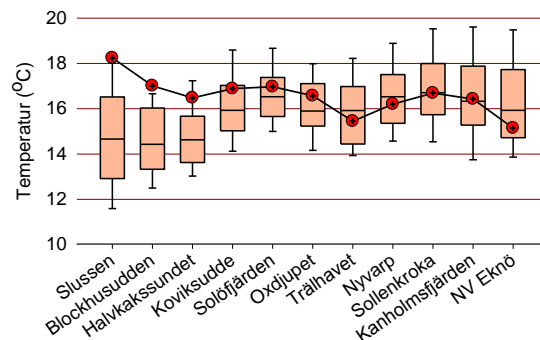
Skiktning

Under sommaren 2009 var utflödena från Mälaren stora och skiktningen var genomgående starkare än vanligt, särskilt vid provtagningarna i månadsskiftet juli-augusti med ett ytvatten som var betydligt lättare än det underliggande vatten . De tidvis ganska höga kvävehalterna i avloppsvattenströmmen var under större delen av 2009 inlagrade under ytvattnet och en tydlig uppträngning förekom vid Blockhusudden först mot slutet av året .

Den inåtgående strömmen

De flesta förbindelserna mellan inner- och mellanskärgården är grunda – Resaröström <10 m, Kodjupet, Stegesundet och Rindösundet <6 m. Oxdjupet är den enda förbindelsen som är tillräckligt djup (ca 20 m) för den inåtgående strömmen som närmast kommer från Trälhavet, att döma av densiteten oftast från 16-30 m djup . Betydligt lägre densitet på 18 m djup i Oxdjupet i början och slutet av september tyder på att den inåtgående strömmen då utgjordes av ganska ytligt vatten från Trälhavet.

Jämförelser mellan densiteten i den inåtgående strömmen och i Solöfjärden, den första fjärden innanför Oxdjupet, ger en antydning om inlagringsdjupet i innerskärgården. Under första halvåret 2009 var densiteten i den inåtgående strömmen stor och strömmen lagrades sannolikt in på stort djup. Under



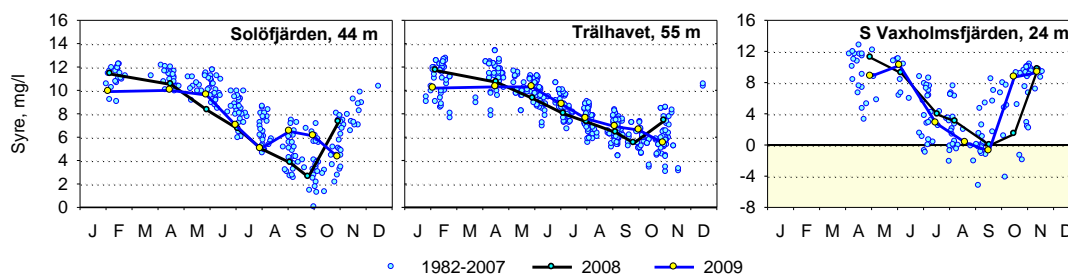
Temperaturen i Segelledens ytvatten (0-4 m) i juli-augusti 1982-2008 (10, 25, 50, 75 och 90 percentiler) och i slutet av juli 2009 (cirklar och linjer).

resten av sommaren tycks inlagringen ha skett på litet djup och först i november var densiteten tillräckligt hög för en djup inlagring .

Syre

Innerskärgården

Syrehalterna i innerskärgårdens bottenvatten var låga i början av året, lika låga eller lägre än i början av 2008. Halterna minskade fram till månadsskiftet juli-augusti i de yttre delarna av innerskärgården och till augusti-september vid de inre lokalerna. Därefter ökade halterna - ökningen sammanföll med en ökning av salthalten med ca 0,2 PSU som förefaller ha orsakats av ett inflöde av tungt och syrerikt



Förändringar av syre och svavelväte under året i bottenvattnet i Solöfjärden, Trälhavet och Södra Vaxholmsfjärden 1982-2007, 2008 och 2009.

vatten som drevs av den ovanligt stora avbördningen från Mälaren i juli-augusti .

Syreminskningen var därefter obetydlig och de låga halter som brukar uppträda i oktober-november påträffades aldrig i de öppna delarna av innerskärgården. Låga halter förekom vid några av sidolokalerna och svavelväte registrerades under hösten vid Blomskär i Stora Värtan och i Södra Vaxholmsfjärden .

Syreminskningshastigheten i bottenvattnet i Halvkakssundet och Solöfjärden, som beräknas för perioden juli-september, blev låg pga den ökningen av halterna som inträffade i augusti-september . Hastigheten har varit mycket varierande sedan slutet av 1960-talet och minskningen av syreinnehållet under stagnationsperioden visar ingen skillnad mellan åren 1968-72 och 2005-09 trots den stora avlastning som genomförts med fosfor- och kvävereningen.

En tydlig förbättring har dock skett i avloppsvattenströmmen som lagras in på mellan 8 och 20 m djup. Den lägsta uppmätta halten ökade kraftigt efter införandet av kväverening, vid Slussen och Blockhusudden från några år halter nära 0 mg/L till halter konstant över 2 - 3 mg/L. En tydlig förbättring har inträffat även i Halvkakssundet och vid Koviksudde. Längre ut blandas avloppsvattenströmmen in i ytvattnet och syrehalterna på 8-20 m djup i Solöfjärden och Trälhavet har varit oförändrade .

Den totala syremängden i innerskärgårdens vatten är störst i början av året med ca 20 000 ton i april. Mängden minskar till ca 12 000 ton i september och ökar sedan något mot slutet av året. Den stora minskningen sker inte i bottenvattnet som omfattar djup >20 m, utan i ytvattnet vars volym är drygt 4 gånger större och står för ungefär 2/3 av den totala minskningen. Förändringarna av både den totala syremängden och mängden i bottenvattnet har varit relativt små sedan slutet av 1990-talet – 2009 medförde ökningen av syrehalterna i september att mängderna i bottenvattnet mot slutet av stagnationsperioden var något större än de närmast föregående åren .

Mellanskärgårdens bottenvatten

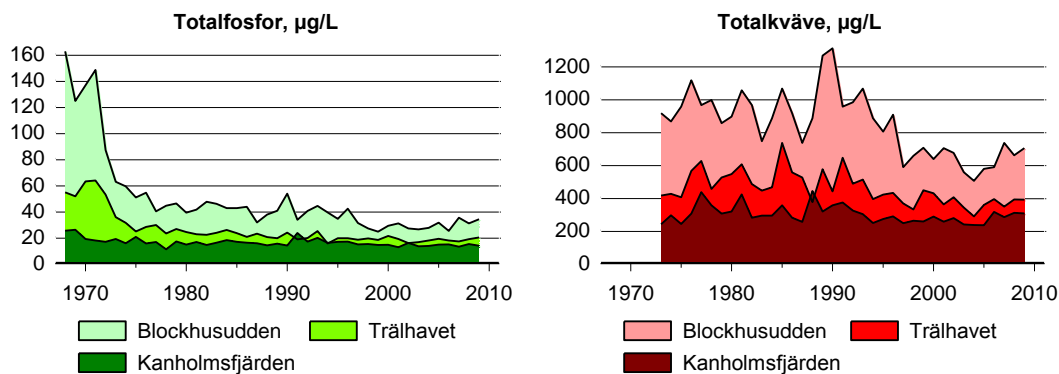
Syrehalterna i bottenvattnet i den inre delen av mellanskärgården – Trälhavet, SO Österskär och Ikorn – avvek inte från normala värden. Halterna var relativt låga vid NV Eknö på gränsen mot ytterskärgården och mycket låga i Kanholmsfjärdens bottenvatten . På de största djupen i Kanholmsfjärden förekom svavelväte – på 100 m under hela året och på 90 m vid samtliga provtagningar utom i slutet av september. Orsaken till de dåliga syreförhållandena är ett inflöde av tungt vatten i slutet av 2006. Svavelvätehalterna var mycket höga 2007-2008 men har därefter minskat, liksom fosforhalterna som i början på 2008 var högre än vid något tidigare tillfälle. Sambandet mellan densitet och fosforhalt är

tydligt, med halter $>200 \mu\text{g/L}$ i stort sett bara vid en densitet $>6 \sigma_t$ som också är gränsen för när svavelväte har förekommit i bottenvattnet .

Totalfosfor och totalkväve

När kemisk rening infördes omkring 1970 medförde den en mycket stor minskning av fosforutsläppen. Utsläppen minskade ytterligare när kvävereningen infördes 1995-97, främst av bunden fosfor medan minskningen av fosfatfosfor var obetydlig. Effekten på kväveutsläppen var den motsatta – minskningen av utsläppen var stor men bundet kväve påverkades mycket lite och praktiskt taget hela minskningen berodde på löst kväve, framförallt ammoniumkväve, och utsläppen av nitratkväve blev bara marginellt mindre .

Halterna av fosfor innerskärgårdens ytvatten minskade kraftigt som en effekt av fosforeringen . Minskningen var stor även i Trälhavet i mellanskärgården men avtog sedan längre ut i mellanskärgården och var obetydlig i Kanholmsfjärdens ytvatten. Halterna i innerskärgården har minskat ytterligare efter införandet av kväverening - under sommaren (slutet av maj – mitten av september) tydligast vid de innersta lokalerna och i innerskärgården som helhet, som medianvärden från drygt 30 till 20-25 $\mu\text{g/L}$.



Fosfor- och kvävehalter under sommaren (slutet av maj – mitten av september) i ytvattnet 0-4 m i innerskärgården och i inre och yttre delen av mellanskärgården.

Kvävehalterna påverkades inte av fosforeringen men blev efter kvävereningen lägre i både innerskärgården och inre delen av mellanskärgården. Under sommaren har halten i innerskärgårdens ytvatten minskat från 700-800 $\mu\text{g/L}$ till ca 500 $\mu\text{g/L}$. I Kanholmsfjärden och vid NV Eknö i den yttre delen av mellanskärgården minskade halterna kraftigt i början av 1990-talet utan samband med kvävereningen. Någon minskning av halterna efter kvävereningens införande kan däremot inte påvisas .

Under senare år har kvävehalterna ökat vid de flesta lokalerna . Ökningen har sedan 2004 varit stor i delar av innerskärgården, under sommaren ca 200 $\mu\text{g/L}$ vid Blockhusudden och i Solöfjärden och ungefär lika stor i Oxdjupet. I mellanskärgården har ökningen uppgått till ca 100 $\mu\text{g/L}$. Fosfor har visat mer oregelbundna förändringar – en ökning vid några lokaler i innerskärgården, främst i Solöfjärden, och förhållandevis konstanta eller minskande halter i mellanskärgården . Fosfor- och kvävehalterna har visat samma typ av förändringar vid fiskarepunkterna .

Reningsverkens utsläpp av fosfor och kväve har varit ungefär lika stora varje år efter 1997 och större utsläpp kan inte förklara den stora ökningen av kvävehalterna, som däremot nära följer kvävehalterna i Mälarens utflöde, medan sambandet mellan fosforhalterna i Mälarens utflöde och halterna i skärgårdens ytvatten är svagt .

Det totala kväveinnehållet i innerskärgårdens vattenmassa varierar under året från minsta mängd under sommaren till den största vanligen sent på hösten. Kväveinnehållet i innerskärgården har sedan 2003 ökat med ungefär 200 ton, eller ca 25 % . En bidragande orsak är troligen att halten i den inåtgående strömmen har ökat . Fosfor varierar betydligt mer under året än kväve med en markerad ökning under sommar och höst. Någon tydlig tendens till att de genomsnittliga mängderna under året har ökat eller minskat i innerskärgården finns inte . Frigöring från bottarna under syrefattiga förhållanden antas

vara en stor källa. 2009 var halterna i bottenvattnet relativt låga pga vattenutbytet och höjningen av syrehalterna i slutet av sommaren .

Fosforhalterna i Kanholmsfjärdens bottenvatten var inte anmärkningsvärda trots att bottenvattnet var syrefritt under hela året. Ett mindre vattenutbyte i början av 2008 medförde kortvarig syrsättning av bottenvattnet och svavelvätehalterna blev aldrig lika höga som 2007 .

Förändringarna av halterna i skärgårdens ytvatten har medfört en förskjutning av förhållandet mellan kväve och fosfor och en kvot >25:1 har de senaste åren påträffats i stora delar av både inner- och mellanskärgården .

Oorganiskt fosfor och kväve, kisel

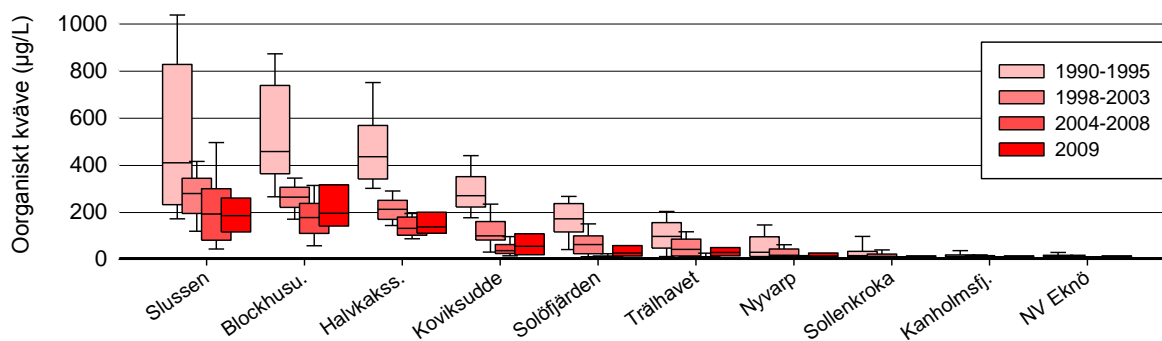
Fosfor och kväve

De olika steg som avloppsreningsverkens utbyggnad genomgått har orsakat stora förändringar av innehållet av oorganiskt fosfor och kväve i skärgården. Fosforeringen medförde att fosfor, som tidigare funnits i stort överskott, blev begränsande för växtligheten. Oorganiskt kväve förelåg i överskott och från början av 1980-talet till slutet av 1990-talet förde utflödet från innerskärgården ut stora mängder oorganiskt kväve till mellanskärgården. Blandningen med vatten från öppna Östersjön, som är kvävfattigt efter vårbloomingen men fortfarande innehåller tillgängligt fosfor, gjorde att produktionen var stor i mellanskärgården, och vårbloomingen hade ofta sitt maximum i området Nyvarp-Sollenkroka strax innanför Kanholmsfjärden. Med kvävereningen har halterna av oorganiskt kväve minskat och fosfor och kväve har närmast sig ett balanserat förhållande .

Utsläppen av oorganiskt kväve har minskat framförallt pga mindre utsläpp av ammoniumkväve, medan de sammanlagda utsläppen av nitratkväve är ungefär lika stora som tidigare . De uppmätta halterna av nitratkväve i recipienten har dock minskat ungefär lika mycket som halterna av ammoniumkväve , vilket liksom de förbättrade syreförhållandena i avloppsvattenströmmen tyder på en omfattande oxidation av ammoniumkvävet.

Halterna av fosfatfosfor i skärgårdens ytvatten påverkades inte särskilt mycket av kvävereningen och halterna har varit ganska konstanta även efter kvävereningens införande. Fri fosfatfosfor förekommer under sommaren (slutet av maj – mitten av september) främst vid de innersta lokalerna – Slussen, Blockhusudden och Halvkakssundet . Ytvattnets innehåll är uttömt i hela området ut till Kanholmsfjärden och NV Eknö, där halterna ökar något pga Östersjöns påverkan som är större i de yttre delarna av mellanskärgården än i de kanallika sunden längre in.

Minskningen av kväveutsläppen i mitten av 1990-talet gav den största effekten i innerskärgården men påverkade också inre delen av mellanskärgården ut till Sollenkroka . Halterna har även efter införandet av kväverening varit mycket varierande. De minskade kraftigt i större delen av skärgården från 2002 till 2004, vilket medfört att ytvattnets kväveinnehåll därefter varit mer eller mindre regelbundet uttömt i ytvattnet i Solöfjärden och Trälhavet, tidvis ända in till Koviksudde. 2009 var halterna något högre än de närmast föregående åren och kvävebrist tycks inte ha förekommit i innerskärgården.



Halter av oorganiskt kväve (ammoniumkväve + nitrit + nitratkväve) i ytvattnet 0-4 m från Slussen längst in i inner-skärgården till Kanholmsfjärden i yttre mellanskärgården före (1990-95) och efter införandet av kväverening.

1990-1995: 1998-2003: 2004-2008: 2009:

och skärgården har följt varandra mycket nära ända ut till Nyvarp i mellanskärgården och ökningen av oorganiskt kväve i skärgårdens ytvatten 2009 förklaras till stor del av högre kvävehalt i Mälardvatten .

Den fosfor- och kvävebegränsning, som kan bedömas från kemiska analyser, har inte visat några stora förändringar trots att kvävehalterna varierat. Under sommaren har båda näringsämnena vanligen varit uttömda (med reservation för höga rapporteringsgränser) i den yttre delen av mellanskärgården. I den inre delen och i innerskärgården har kväve förekommit i överskott och fosfor har varit begränsande. Kvävebegränsning, dvs överskott av fosfor samtidigt som kvävet varit uttömt, har varit relativt ovanligt och har främst förekommit i de yttre delarna mot slutet av vegetationsperioden. Relativt höga kvävehalter 2009 gjorde att överskottet av kväve 2009 var något mer utbrett i mellanskärgården än 2004-2008 och den enda indikationen på kvävebegränsning är från Kanholmsfjärden mot slutet av vegetationsperioden .

Kisel

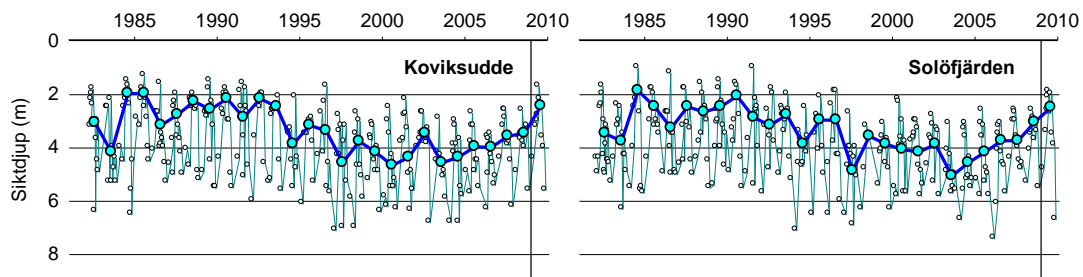
Löst kisel i ytvattnet kommer till stor del från Mälaren, och halterna är högst i innerskärgården, som mest över 1 600 µg/L efter de stora flödena år 2000. Halterna minskar i samband med vårbloomingen i april-maj och är lägst i juni. Halter under 10 µg/L, då kisel kan antas vara begränsande för kiselalger, kan förekomma långt in i innerskärgården men är vanligare längre ut - i Solöfjärden och i mellanskärgården ut till Sollenkroka. Vid de yttersta lokalerna är kiselhalterna låga, men kiselinnehållet kan inte förbrukas helt beroende på låga halter av fosfor och kväve. 2009 förekom kiselbrist sannolikt bara i slutet av juni i delar av innerskärgården .

Klorofyll *a* och siktdjup

Fosforeringen i början av 1970-talet gav ingen omedelbar förbättring med avseende på klorofyllhalter och siktdjup. Klorofyllhalterna minskade först i början på 1980-talet ungefär samtidigt som siktdjupet började öka . Klorofyllhalterna har därefter visat stora variationer från år till år, särskilt i innerskärgården där halterna är högst, och det är svårt att vid enstaka provpunkter se några förändringar över tiden. Med grupperade värden blir förändringarna tydligare och en sammanslagning av klorofyllhalterna från provpunkterna i innerskärgården visar en minskning av medianhalten från ca 12 µg/L före kvävereningens införande till ca 8 µg/L under början av 2000-talet. 2009 var halterna åter höga och på samma nivå som före kvävereningen.

Skillnaden i klorofyllhalter mellan inner- och mellanskärgården är stor. De högsta halterna har vanligen återfunnits i området Halvkakssundet-Koviksudde både före och efter införandet av kväverening . Fosfatfosfor och oorganiskt kväve har även efter kvävereningen förekommit i överskott ut till Halvkakssundet och minskade utsläpp kan inte antas ha gett en stor påverkan på klorofyllhalterna vid de innersta lokalerna. Klorofyllhalterna har istället minskat mest i Solöfjärden och Trälhavet, som är de lokaler där kvävereningen medfört de tydligaste effekterna på ytvattnets innehåll av oorganiskt kväve – i början av 1990-talet förekom kväve vanligen i överskott under vegetationsperioden, efter år 2000 har innehållet de flesta år varit uttömt . 2009 förekom oorganiskt kväve åter i överskott i Solöfjärden som, tillsammans med Koviksudde, var den lokal där klorofyllhalterna ökade mest .

Sambandet mellan klorofyll a och siktdjup är ganska svagt. Efter införandet av kväverening har sambandet dock förändrats så att siktdjupet generellt blivit större vid samma klorofyllhalt - median-



Siktdjup vid Koviksudde och i Solöfjärden 1982-2009, alla värden och genomsnitt för sommarperioden (tjockare mörkblå blå linje).

värdet för siktdjupet vid t.ex. 5-10 $\mu\text{g/L}$ klorofyll a, som före kvävereningen var 3,0 m, ökade till 4,3 m 1998-2003 och var 4,0 m 2004-2009. Förändringarna av siktdjupet är ändå svåra att förklara som effekter bara av ändrade klorofyllhalter och/eller ändrat förhållande mellan klorofyll och siktdjup. De ganska små minskningarna av klorofyllhalten i innerskärgården som helhet efter kvävereningens införande åtföljdes av en ökning av siktdjupet från ca 2,5 till nära 4,0; i mellanskärgården ökade siktdjupet vid några lokaler med nära två meter trots en knappt mätbar minskning av klorofyllhalten. Över en längre period och i stora drag finns ändå en ganska bra överensstämmelse mellan klorofyllhalter och siktdjup – sedan 1982 har siktdjup över 5 m blivit vanligare allt längre in i skärgården och ökningen av siktdjupet sammanfaller relativt väl med förskjutningen inåt av gränsen för 5 $\mu\text{g/L}$ klorofyll a.

Siktdjupet förbättrades fram till år 2003. Därefter har siktdjupet kontinuerligt försämrats i hela innerskärgården och i Trälhavet. Vid Slussen och Blockhusudden har siktdjupet under sommaren (slutet av maj – mitten av september) minskat med 1,0 – 1,5 m, i Halvkakssundet och vid Koviksudde med ca 2 m och i Solöfjärden, där försämringen i de öppna delarna av innerskärgården varit störst, med 2,6 m, från 5,1 till 2,5 m. Minskningen av siktdjupet har varit lika stor eller större vid sidolokalerna – i Askrikefjärden och i Lilla och Stora Värtan 1,5 - 2,2 m, i Norra och Södra Vaxholmsfjärden 2,3 - 2,5 m och i Torsbyfjärden 2,8 m. I Södra Vaxholmsfjärden och Torsbyfjärden har minskningen medfört mer än en halvering av siktdjupet.

Siktdjupet har sedan 2003 samvarierat med ytvattnets kväveinnehåll, främst totalkväve men vid några lokaler även oorganiskt kväve, och försämringen av siktdjupet kan troligen förklaras av ökade kvävehalter.

Bakterier

Antalet bakterier (E.coli, från år 2000 med Colilert[®]) bestäms sedan 1987 i prover från 0 och 4 m djup i Stora Segelleden från Slussen till Trälhavet samt i Hammarby Sjö. Vid övriga lokaler i innerskärgården samt vid SO Österskär i Trälhavet tas proverna bara på 0 m djup. Före 1987 togs prover på flera djup, vid de inre lokalerna på var 4:e meter ner till botten.

Bakterietalen brukar vara högst vid de tre innersta lokalerna - Slussen, Blockhusudden och Halvkakssundet. 2009 var vattnet inte vid något tillfälle otjänligt för bad (E coli >1000/100 ml). Bakterietal som medför att vattnet med anmärkning är tjänligt för bad (E coli 100-1000/100 ml) var vanliga vid Slussen och förekom för övrigt i enstaka prover från Blockhusudden, Halvkakssundet och Koviksudde samt Lilla och Stora Värtan och Askrikefjärden. Bakterietalen kan vara mycket höga i Hammarby Sjö, som (i likhet med Askrikefjärden) inte ingår i det samordnade recipientkontrollprogrammet. I början av september var vattnet i Hammarby Sjö otjänligt för bad med 2000-6000 E coli per 100 ml.

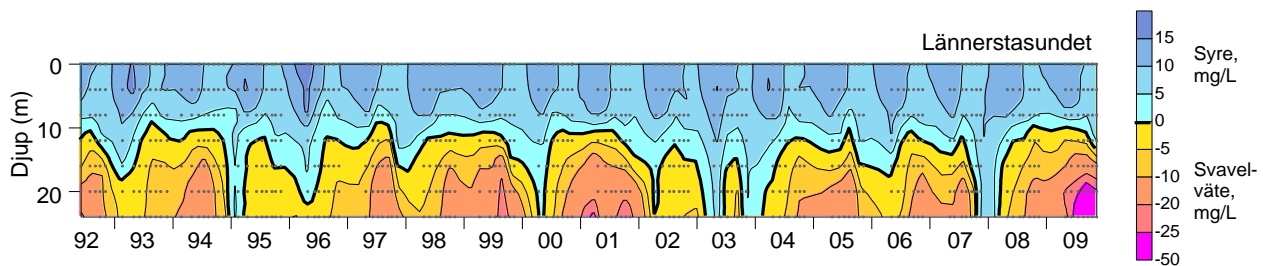
Den södra delen av skärgården

Provtagningarna i den södra delen görs på uppdrag av Nacka och Värmdö kommuner och omfattar Lännerstasundet, Baggensfjärden, Farstaviken, Erstaviken och Ägnöfjärden. Lännerstasundet har

förbindelse med Halvkakssundet via Skurusundet och ytvattnet Lännerstasundet har ungefär samma karaktär som ytvattnet i innerskärgården. Baggensfjärden och de övriga lokalerna i den södra delen av skärgården liknar mellanskärgården med jämförelsevis hög salinitet och låga kvävehalter. Liksom i den centrala delen av skärgården uppvisade några lokaler år 2009 högre kvävehalter och mindre siktdjup än vanligt .

Syre

Flera provpunkter ligger i områden med mer eller mindre stagnant bottenvatten. Stagnationen är tydligast i Lännerstasundet med trösklar i Skurusundet och Baggensstaket på ca 10 resp 3 m djup och ett största djup av 26 m. Sedan 1993 har den längsta stagnationsperioden varit nära fyra år, från början av 1996 till slutet av 1999. Syreinnehållet var förbrukat redan i början av 1996 och svavelvätehalten uppgick i slutet av 1999 till 27 mg/l på både 20 och 24 m djup. Något vattenutbyte tycks inte ha skett de två senaste åren och svavelvätehalten på 20 m djup var i slutet av 2009 lika hög som 1999. Halten på 24 m djup var högre än någon gång tidigare, 34 mg/L .



Halter av syre och svavelväte på 0-24 m djup i Lännerstasundet 1992-2009.

Bottenvattnet är inte helt isolerat från överliggande vatten. Under en stagnationsperiod sker en långsam minskning av densiteten i bottenvattnet antingen tills täthetsskillnaden mellan yt- och bottenvatten blir så liten att hela vattenmassan kan blandas om eller tills bottenvattnet är så lätt att det kan underlagras av ett nytt inflöde av tungt vatten. Enligt de data som finns för Lännerstasundet sedan 1993 har bottenvattnet förnyats när densiteten varit mindre än $3,2 \sigma_t$. Om densiteten fortsätter att avta med samma hastighet som hittills, bör det i så fall dröja åtminstone ett år innan ett nytt utbyte kan ske .

Stagnant bottenvatten finns också i Farstaviken som har ett största djup av ca 17 m och en tröskel i sundet ut mot Baggensfjärden på 5,3 m. Sammanhängande perioder med syrebrist och tidvis mycket höga svavelvätehalter i bottenvattnet förekom 1993-95 och 1997-99 . 2009 var bottenvattnet syrefritt vid alla provtagningar . Syrehalterna i april och juli var anmärkningsvärt låga på 8 m djup, 0,5 resp 0,1 mg/L.

Utbytet av Baggensfjärdens bottenvatten begränsas av en tröskel i Fällströmmen på 10-15 m djup. Det är ändå ovanligt att syret är helt förbrukat och svavelväte har sedan 1993 bara påträffats två år - 1994 då svavelvätet nådde ända upp till 30 m djup och 2001 med svavelväte på 40-50 m djup. Syreinnehållet på 50 m djup var nästan uttömt i slutet av 2007 och på nytt 2009 . Syrehalten i Erstavikens bottenvatten är i allmänhet över 4 mg/L. 2009 registrerades lägre halter, 2,3 – 3,8 mg/L, på 60 m djup under hela sommaren, från juni till september. I Ägnöfjärden har halterna genomgående varit över 4 mg/L.

Fosfor, kväve och kisel

Fosforhalterna har varit ganska oförändrade efter en svag minskning under 1990-talet. Kvävehalterna har på samma sätt som annars i skärgården visat en tydlig ökning från 2003-04 . Oorganiskt fosfor och, ännu tydligare kväve, uppvisar liksom totalhalterna en markerad gradient från Lännerstasundet och ut mot Ägnöfjärden. Efter den kraftiga minskningen i främst Lännerstasundet av oorganiskt kväve, både ammoniumkväve och nitrit+nitratkväve, i slutet av 1990-talet har förändringarna varit relativt små .

Förhållandet mellan oorganiskt kväve och fosfor varierar mellan lokalerna. I Lännerstasundet har kväve vid de allra flesta tillfällena förekommit i stort överskott i förhållande till fosfor. Vid de andra lokalerna är förhållandet mer balanserat – efter vårblomningen är ytvattnet uttömt på både fosfor och

kväve, fosfor har tillfälligtvis förekommit i överskott under sommaren och fosforöverskott är relativt vanligt mot slutet av växtperioden i Erstaviken och Ägnöfjärden .

Kiselhalterna har varit mycket höga i Lännerstasundet och Farstaviken, men tidigt på sommaren har halterna i Lännerstasundet, några år även i Baggensfjärden och undantagsvis i Fastaviken, varit så låga att brist på kisel kan ha varit en begränsande faktor för den kiselalgblooming som brukar inleda vegetationsperioden. Vid lokalerna längre ut är kiselhalterna lägre, men halterna av fosfor kväve är så låga att kiselbrist aldrig uppstår.

Klorofyll och siktdjup

Klorofyllhalterna har varit mycket varierande. De högsta halterna brukar förekomma i samband med vårbloomingen och är svåra att utvärdera, eftersom blomningarna kan ha så snabba förlopp att resultaten beror på vilken vecka eller t.o.m. dag som proverna tagits. Skillnaden mellan lokalerna är ändå tydlig med en gradient från Lännerstasundet över Farstaviken och Baggensfjärden till Ägnöfjärden och Erstaviken, de två senare lokalerna med praktiskt taget identiska medianhalter 1996-2009 . Halterna i augusti, som normalt är mindre variabla än under andra delar av växtperioden, har i Lännerstasundet, Farstaviken och Baggensfjärden blivit lägre efter 1990-talet men förändringarna under senare år visar ingen tydlig tendens mot ökande eller minskande halter.

Siktdjupet ökade vid de tre inre lokalerna ungefär samtidigt med minskningen av klorofyllhalterna . Den minskning av siktdjupet i den centrala delen av skärgården som fortgått sedan 2003-04 har ingen motsvarighet i den södra delen, men vid de inre lokalerna har siktdjupen blivit mindre de senaste åren. På samma sätt som för klorofyll används resultaten från augusti för jämförelser mellan olika år - 2009 var siktdjupet litet i Farstaviken och Baggensfjärden medan det var stort i Ägnöfjärden. I juli 2009 var siktdjupet var ovanligt litet, ca 2 m, vid alla lokaler utom Lännerstasundet .

Överföringen av Tjustviks utsläpp till Käppala

Tjustviks avloppsreningsverk i Gustavsberg lades ner i månadsskiftet augusti-september 2009 och avloppsvattnet pumpades därefter över till Käppala. Halterna av totalkväve blev betydligt lägre både i Baggensfjärden, som var den primära recipienten, och i Ägnöfjärden , medan överföringen inte gav någon tydlig effekt vid de andra lokalerna. Minskningen av totalkväve i Ägnöfjärden var mycket anmärkningsvärd – halten på 0,5 m var i november 110 µg/L; en så låg halt har bara en gång tidigare rapporterats från skärgården (NV Eknö november 1988) och det är tveksamt om analysresultatet är korrekt. Av de övriga kemiska parametrarna – total- och fosfatfosfor, ammonium- och nitrit+nitratkväve – borde framförallt det oorganiska kvävet ha påverkats av överföringen, men inga sådana effekter kan påvisas i Baggensfjärdens och Ägnöfjärdens ytvatten . Det är också svårt att urskilja någon effekt av överföringen på fördelningen av fosfor och kväve i Baggensfjärdens vattenmassa, möjligen med undantag av totalkväve på 8-20 m djup .

Sedimentens metallinnehåll

Recipientkontrollprogrammet föreskriver att sedimentens innehåll av metaller ska undersökas en gång vart 10:e år. Tidigare undersökningar har gjorts 1989 och 1999. 1989 togs proverna vid 13 punkter. I det kontrollprogram som fastställdes 1996 utökades antalet till 18 punkter. Metallinnehållet i sediment undersöks också vid 7 punkter i den södra delen av skärgården, utanför det samordnade recipientkontrollprogrammet

Provtagningen gjordes 28 maj – 18 juni 2009. Proverna togs med ett undantag (en mindre förflyttning i Torsbyfjärden) vid samma positioner som 1999. Provpunkten markerades med boj och 6 prover togs med Kajakhämtare med plexiglasrör inom en radie av ca 10 m från bojen. De två översta centimetrarna från två rör blandades till ett prov. De tre proverna från varje provpunkt analyserades var för sig på Eurofins laboratorium i Lidköping

Analyserna omfattade torrsvikt och glödförlust samt följande metaller:

- | | | |
|---------------|--------------|--------------|
| ▫ As, arsenik | ▫ Cr, krom | ▫ Zn, zink |
| ▫ Cd, kadmium | ▫ Cu, koppar | ▫ Fe, järn |
| ▫ Pb, bly | ▫ Ni, nickel | ▫ Mn, mangan |

Tabell 1. Metallkoncentrationer i förhållande till normalvärden samt avvikelseklassning (bara klasserna 3-5).

Lokal	As		Pb		Cd		Co		Cu		Cr		Hg		Ni		Zn			
	-09	-99	-09	-99	-09	-99	-09	-99	-09	-99	-09	-99	-09	-99	-09	-99	-09	-99		
Slussen ▫	1,6	1,0	10,3	12,0	12,2	14,5	1,1	1,9	19,3	18,0	1,9	2,0	93	63	1,1	1,2	4,7	6,5		
Saltsjökvam	1,2	1,0	8,1	10,0	13,3	14,0	1,5	2,2	16,9	16,7	2,2	2,0	67	53	1,2	1,2	5,7	6,1		
Beckholmen	1,3	1,0	9,9	11,6	18,0	17,0	1,2	2,2	23,1	18,0	2,1	2,1	123	75	1,2	1,3	5,6	6,8		
Blockhusudden ▫	1,7	1,0	6,8	7,2	5,5	9,0	1,4	2,3	10,4	14,7	2,1	1,7	47	35	1,0	1,1	3,2	4,4		
Fjärderholmarna	1,4	1,0	6,8	6,0	4,9	8,0	1,5	2,3	9,1	8,0	2,3	1,6	55	30	1,3	1,0	3,4	4,0		
Blomskär ▫	0,9	1,0	2,5	2,2	4,8	6,0	1,5	1,5	5,2	4,7	1,5	1,2	9,0	5,0	1,1	1,1	2,7	3,3		
Askrikefjärden ▫	1,1	1,0	3,8	3,4	4,0	6,0	1,5	1,8	5,8	4,6	1,6	1,3	19	10	1,1	1,1	2,4	3,2		
N.Höggarnsfjärden	1,4	1,0	3,9	4,4	2,9	3,0	1,8	1,4	5,7	4,4	1,7	1,4	27	25	1,0	0,9	2,4	2,4		
S. Höggarnsfjärden	1,5	1,0	4,3	3,9	3,2	5,0	1,4	1,8	5,5	5,3	1,6	1,5	31	23	1,0	1,0	2,3	2,9		
Torsbyfjärden	2,1	1,0	2,5	3,3	1,7	3,5	1,4	1,4	3,7	4,8	1,3	1,7	11	18	1,1	1,1	1,9	2,4		
Solöfjärden ▫	1,4	1,0	2,4	2,7	2,2	3,0	1,3	1,3	3,8	4,0	1,0	1,4	13	13	1,1	1,1	1,8	2,2		
Trälhavet II ▫	2,4	1,0	1,4	1,8	1,8	2,0	1,8	1,8	2,8	3,3	1,4	1,5	3,1	5,0	1,1	1,2	1,8	2,2		
V.Saxarfjärden	2,2	1,0	1,4	1,5	1,7	2,5	1,4	1,3	2,8	2,9	1,4	1,4	3,3	2,5	1,3	1,1	2,2	2,0		
Ikorn ▫	2,5	2,0	1,3	1,4	1,7	1,3	2,1	1,7	2,3	2,9	1,4	1,3	1,9	2,5	1,6	1,1	2,0	1,8		
Sandö Sugga	1,6	1,0	1,6	1,4	2,8	4,0	1,1	1,2	3,4	3,3	1,4	1,2	6,6	5,0	1,5	1,0	2,2	2,0		
NV Kanholmsfjärden	1,9	3,0	1,7	1,7	2,1	3,0	1,2	1,5	3,3	3,1	1,4	1,2	4,7	5,0	1,2	1,0	1,9	1,9		
Ö Kanholmsfjärden	1,1	1,0	0,7	0,9	1,5	1,3	0,8	0,9	1,5	1,7	0,7	0,7	0,4	1,3	1,1	0,7	1,1	1,2		
SV Kanholmsfjärden	0,9	1,0	0,7	0,8	1,3	1,0	0,6	0,9	1,4	1,6	0,6	0,7	2,6	5,0	0,7	0,6	1,1	1,0		
Skurusundet	0,8	0,9	7,6	8,7	10,2	10,2	1,3	1,3	15,6	12,4	1,9	2,1	60	39,2	1,0	1,1	4,3	4,9		
Lännerstasundet ▫	0,9	0,9	4,1	4,3	7,5	6,8	1,1	1,2	10,2	8,0	1,1	0,9	22	14,2	1,7	1,2	6,6	4,7		
Farstaviken ▫	0,9	0,8	25,1	26,9	28,8	27,5	2,1	2,7	11,8	8,2	1,2	1,0	11,7	14,2	1,4	1,0	8,5	6,4		
Baggensfjärden ▫	1,4	1,0	2,2	2,0	3,9	4,8	1,8	1,4	3,2	2,9	1,4	1,1	3,8	2,5	1,7	1,0	3,0	2,6		
Erstaviken ▫	1,9	1,2	1,5	1,4	1,4	1,8	1,7	1,5	2,9	2,3	1,5	1,4	2,1	<2	1,2	1,1	1,9	2,0		
Ingaröfjärden ▫	1,9	0,9	1,5	1,1	2,1	2,0	1,6	1,1	3,2	2,2	1,5	1,1	2,2	<2	1,2	1,0	2,0	1,5		
Ägnöfjärden ▫	1,2	1,9	1,3	1,8	2,0	2,3	1,1	1,6	3,0	2,8	1,3	1,4	2,1	<2	1,0	1,2	1,7	2,1		
			Klass 5, Mycket stor				Klass 4, stor				Klass 3, måttlig									

Några metaller visade en mycket tydlig gradient från de inre till de yttre provpunkterna – bly, kadmium, koppar och kvicksilver. Fördelningen av krom och zink var något jämnare, medan kobolt, nickel och järn förekom i ungefär lika höga halter vid alla provpunkterna. Halterna av arsenik ökade med avståndet från Stockholm och var högst vid Ikorn i södra Furusundsleden. De högsta manganhalterna påträffades i mellanskärgården, skillnaderna mellan provpunkterna var stora.

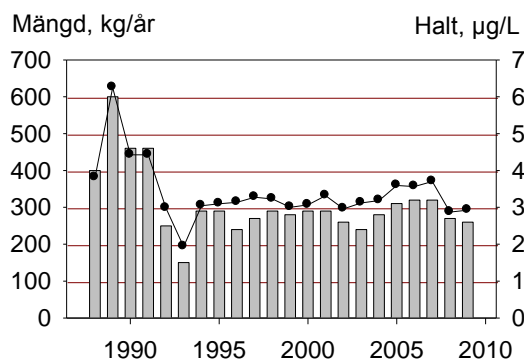
Underlag för utvärdering av metallhalter i sediment finns ännu inte framtagna i de nya bedömningsgrunderna för kustvatten och vatten i övergångszon. Enligt de gamla bedömningsgrunderna för miljö kvalitet, kust och hav (NV Rapport 4914, 1999), visade kvicksilver, bly, koppar, krom och zink den största avvikelser från normalvärden för metallhalter i Östersjösediment. Avvikelsen var mycket stor (klass 5) främst vid lokalerna närmast Stockholm, från Slussen till Fjärderholmarna. Kviksilver förekom i halter 50-120 gånger normalvärdena, därefter kopparhalter med 10-20 gånger högre halter. Koppar i avvikelseklass 5 påträffades även i Askrikefjärden och Höggarnsfjärden. Arsenik, kobolt och nickel skiljde sig från de andra metallerna genom jämförelsevis låga halter och avvikelser var inte i något fall mer än måttlig.

Kviksilverhalterna var mycket höga även i den södra delen av skärgården med de högsta halterna i Skurusundet. Halterna av kadmium och bly var höga i Farstaviken. Koppar och zink förekom i höga halter i Skurusundet, Lännerstasundet och Farstaviken. Sedimenten i Baggensfjärden och lokalerna längre ut innehöll med några undantag halter i avvikelseklass 3 eller lägre – avvikelser var stor (klass 4), för krom i Erstaviken och Ingaröfjärden och zink i Baggensfjärden.

Undersökningen 2009 bekräftar i huvudsak tidigare resultat och det är svårt att dra några slutsatser om förändringar av metallinnehållet i sedimenten sedan den närmast föregående undersökningen 1999. Det beror dels på skillnader i sedimentegenskaper som torrsubstansinnehåll och innehåll av organiskt material mellan prov från samma lokaler (Tab 2), i någon mån även på att analyserna gjorts av olika laboratorier. I ett område som Hamnbassängen i Stockholm kan metallhalterna också vara mycket varierande och bara små förändringar av provpunkternas lägen kan ge stora skillnader. Kviksilver i

närheten av Beckholmen är ett exempel – i den undersökning som gjordes av IVL 1997¹ var halten 38 resp 5,3 mg/kg TS vid två punkter som låg mindre än 300 m från varandra. Den mest iögonfallande skillnaden mellan de två undersökningarna är minskningen av kobolt i området Slussen-Fjäderholmarna. En närliggande förklaring kan vara att avloppsreningsverkens förändrat sin användning av fällningskemikalier, som huvudsakligen är järnklorid men även innehåller bl.a. kobolt. Avloppsreningsverkens utsläpp av kobolt utgör ca 70 % av den sammanlagda tillförseln till Saltsjön från Mälaren och reningsverken. Samma kemikalier har använts sedan början av 1980-talet, men koncentrationen av kobolt i utgående vatten var högre omkring 1990 än idag (figuren nedan).

Övriga metaller kommer till allra största delen med Mälarevattnet och reningsverkens andel utgör 1-6 % av de metaller för vilka säkra siffror finns (Tab 3).



Utsläpp av kobolt från Henriksdal 1988-2009, mängder (staplar) och halter (linje).

Tabell 2. Torrsubstans (procent) och glödförlust (procent av TS) 1999 och 2009.

	TS		GF	
	-99	-09	-99	-09
Slussen	10,2	13,1	20	17
Saltsjökvavn	10,0	10,2	20	19
Beckholmen	9,9	12,4	19	17
Blockhusudden	9,8	12,5	18	13
Fjäderholmarna	7,5	10,5	20	15
Blomskär	6,2	7,7	17	14
Askrikefjärden	7,1	11,4	20	14
Höggarnsfjäders Norra	7,8	12,9	17	13
Höggarnsfjäders Södra	7,0	11,4	18	13
Torsbyfjärden	11,2	11,6	15	13
Solöfjärden	11,9	11,2	15	13
Trälhavet	14,2	9,6	15	13
V Saxarfjärden	13,7	6,0	15	15
Ikorn	16,0	13,1	14	12
Sandö Sugga	9,9	6,9	19	16
Kanholmsfjärden NV	13,4	10,2	19	17
Kanholmsfjärden Ö	23,7	25,4	10	9
Kanholmsfjärden SV	26,6	28,1	10	8
Skurusundet	8,0	10,8	21	17
Lännerstasundet	2,6	3,0	27	22
Farstaviken	4,3	5,0	22	19
Baggensfjärden	5,3	5,3	20	16
Erstaviken	13,2	12,9	87	11
Ingaröfjärden	13,9	12,5	16	11
Ägnöfjärden	20,3	17,5	10	10

Tabell 3. Uttransport av metaller från Mälaren vid Centralbron 1996-2008 (ton/år), de sammanlagda utsläppen från avloppsreningsverken Bromma och Henriksdal 2008 och 2009 (ton/år), samt reningsverkens andel som procent av de sammanlagda mängderna från Mälaren och reningsverken 2008.

	Cu	Zn	Al	Cd	Pb	Hg	Cr	Ni	Co	As	V
1996	9,6	28	106	0,040	1,4		1,3	10	0,31	1,5	1,2
1997	13	22	164	0,063	1,4		1,8	11	0,31	1,9	1,5
1998	21	48	243	0,060	2,0		2,9	20	0,50	3,1	2,3
1999	30	77	359	0,088	3,9		3,1	21	0,60	3,1	2,5
2000	33	52	486	0,094	19,5		4,3	28	0,79	4,5	3,9
2001	24	22	1030	0,073	11,7		4,4	23	0,78	3,6	4,1
2002	37	22	683	0,051	7,6		3,2	15	0,55	2,8	3,0
2003	9	7	162	0,020	0,9	0,0041	1,5	7	0,17	1,6	1,3
2004	15	12	268	0,042	1,6	0,0070	2,5	14	0,29	2,9	2,3
2005	24	20	257	0,030	0,9	0,0041	2,0	10	0,28	2,2	1,9
2006	15	14	476	0,039	1,0	0,0051	3,9	16	0,45	3,4	3,2
2007	12	13	409	0,030	1,3	0,0039	2,4	11	0,33	2,4	2,4
2008	35	29	473	0,053	5,0	0,0070	1,4	17	0,50	3,2	3,0
ARV 2008	0,4	1,8	<0,4	<0,0014	<0,07	<0,0014	<0,14	<0,9	0,36	0,07	0,11
ARV 2008 %	1	6	<0,1	<3	<1,4	<20	<10	<5	71	2	4
ARV 2009	0,4	2,8	<0,4	<0,0014	<0,07	<0,0013	<0,13	0,8	0,34	<0,07	<0,07