

VAS rapport nr 12
(kortversion)

Robust avloppsvattenrening i Stockholms Län, en utblick mot år 2030 med fokus på recipienten



Förord

Detta är en kortversion av VAS-rådets rapport nr. 12 som utgör en omfattande beskrivning av länets avloppsvattenrening med fokus på recipienten. Syftet med kortversionen är att ge en sammanfattande bild av de analyser och data som ingående beskrivs i huvudrapporten.

Rådet för Vatten- och avloppssamverkan i Stockholms län är Stockholmsregionens naturliga samarbetsforum för strategiska vatten- och avloppsfrågor. Där träffas såväl politiker som tjänstemän för utbyte av kunskap och erfarenheter i VA- frågor, initiera olika typer av gemensamma insatser samt för att skapa samsyn kring olika strategiska frågor. Läs mer på www.vasradet.se

Innehåll

Förord	2
Sammanfattning	3
Inledning	4
Tillståndet i recipienterna	5
Stockholms innerskärgård	5
Himmerfjärden	8
Nortäljeviken	12
Prognos för 2030	14
Befolkningsutveckling	14
Belastning från reningsverken	14
Bedömning av recipientstatus 2030	15
Stockholms skärgård	15
Himmerfjärden	16
Nortäljeviken	17
Klimatförändringar	18

Sammanfattning

Befolkningen i Stockholmsrådet ökar snabbt, fram till 2030 med ungefär 450 000 personer, från dagens 2,05 miljoner till 2,5 miljoner. För avloppsreningsverken betyder det att anslutningen till verken ökar och flödena in till verken blir större. Samtidigt kommer troligen strängare krav på reningen av avloppsvattnet. Vattenkvaliteten i recipienterna är idag inte tillfredsställande och reningsverken måste bidra till att recipienterna inom en nära framtid uppfyller kraven på *God* status enligt EU:s vattendirektiv.

Det finns fyra stora avloppsreningsverk i Stockholms län. Tre reningsverk – Bromma, Henriksdal och Käppala - släpper ut det renade avloppsvattnet i Stockholms innerskärgård. Det fjärde stora reningsverket – Himmerfjärdsverket (SYVAB) - släpper ut vattnet i den norra delen av Himmerfjärden. Det finns flera mindre reningsverk. Ett av dem ingår i rapporten – Lindholmen i Norrtälje med utsläpp i den innersta delen av Norrtäljeviken.

Vattendirektivet är ett regelverk för arbetet med att förbättra yt- och grundvatten som är gemensamt för hela EU. Direktivet infördes i svensk lag 2004 och miljökvalitetsnormer för vatten fastställdes 2009. Statusen i de vattenområden, där reningsverken släpper ut det renade avloppsvattnet, är idag *Måttlig* eller *Otillfredsställande* enligt Vattendirektivets indelning i statusklasser. Orsaken att statusen inte är *God* är i samtliga fall att halterna av fosfor och/eller kväve är för höga. Enligt Vattendirektivet ska *God* status uppnås i alla vattenområden 2015. *God* status är en klass högre än *Måttlig* status och två klasser högre än *Otillfredsställande*. Av praktiska skäl medges i allmänhet uppskov till 2021, i några fall till 2027.

Avloppsreningsverken kan minska utsläppen av fosfor och kväve genom att effektivisera reningprocessen. Det är också tänkbart att flytta utsläppspunkten så att en recipient blir helt befriad från utsläpp. I rapporten har flera olika reningsalternativ undersökts. Utsläppen av syreförbrukande ämnen (BOD_7), som är av liten betydelse, är desamma i alla alternativ, 8 mg/l. Utsläppen av fosfor varierar mellan 0,2 och 0,3 mg/l och av kväve mellan 6 och 10 mg/l. I ett alternativ har antagits att utsläppen från några mindre reningsverk har överförts till de fyra stora verken. Slutligen har en bedömning gjorts av effekterna av att överföra utsläppen till andra vattenområden.

På grund av befolkningsökningen innebär de flesta reningsalternativen att utsläppen av fosfor och kväve blir större än idag, trots en förbättrad rening. Ökningen är i allmänhet liten men uppgår i några alternativ till nära 50 %. En minskning av kväveutsläppen till alla tre recipienterna kan uppnås i ett alternativ och det är möjligt att i några alternativ minska utsläppen av fosfor till Himmerfjärden.

Ökade utsläpp innebär att statusen i recipienterna kommer att försämrans, och minskade utsläpp medför en förbättring. Förändringarna blir dock relativt små, vilket beror på att reningsverkens andel av framförallt fosfor är liten i förhållande till andra källor. Klassningen av recipienterna kommer inte att förändras varken med ökade eller minskade utsläpp, och statusen i de tre recipienterna kommer fortfarande att vara *Måttlig* eller *Otillfredsställande*. Det sista alternativet, överföring till andra vattenområden, innebär att de nu aktuella recipienterna blir helt befriade från avloppsreningsverkens utsläpp. Inte heller en så stor förändring bedöms medföra *God* status.

Klimatförändringarna kommer troligen att medföra högre temperatur, mer nederbörd och en stigande havsnivå, men förändringarna blir ganska små till 2030. De tydligaste är större flöden från land under vintern och mindre flöden under vår och sommar. Vattenomsättningen i recipienterna försämrans, framförallt i Stockholms innerskärgård, och syrebristen i bottenvattnet kommer sannolikt att öka.

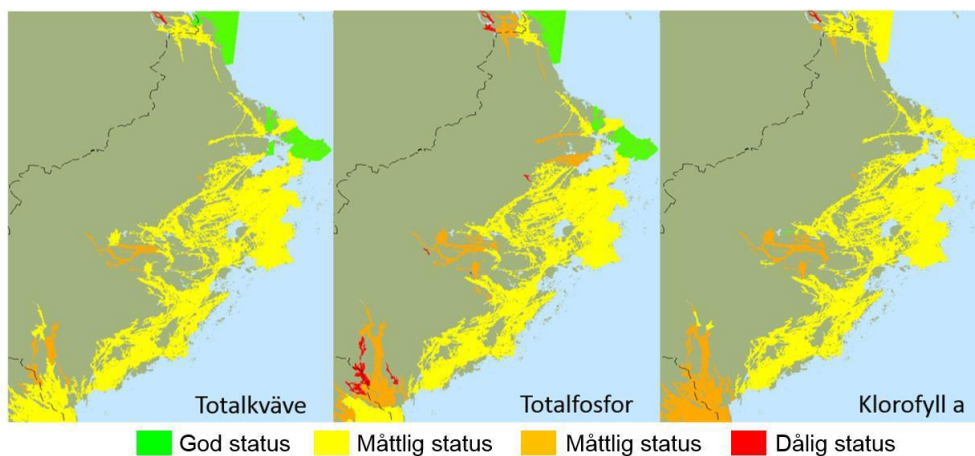
Väl fungerande avloppsreningsverk har en oerhörd betydelse för vattenkvaliteten, men verken är idag så effektiva att de ganska begränsade möjligheterna att ytterligare förbättra reningen inte medför några stora förändringar. Allt talar för att god vattenkvalitet inte kommer att uppnås bara med åtgärder som rör avloppsreningsverken och det kommer att behöva fler åtgärder i samhället för att uppnå en *God* status i våra recipienter.

Inledning

I Stockholms län finns fyra stora avloppsreningsverk med regional (mellankommunal) anslutning, dessutom ett antal mindre reningsverk. Tre av de stora reningsverken - Bromma, Henriksdal och Käppala - har Stockholms innerskärgård som recipient. Himmerfjärdsverket släpper ut det renade avloppsvattnet i norra delen av Himmerfjärden. I denna rapport ingår även ett mindre reningsverk, Lindholmens avloppsreningsverk i Norrtälje med Norrtäljeviken som recipient.

Avloppsreningsverken står inför två utmaningar. Den ena är den regionala expansionen – befolkningen inom verkens upptagningsområden antas till 2030 öka från dagens ungefär 2 till 2,5 miljoner personer. Den andra är tillståndet i recipienterna som enligt EG:s vattendirektiv ska uppnå minst god status år 2021 eller 2027.

Den nuvarande statusen i kustvattenförekomsterna i Stockholms län är nästan genomgående måttlig eller sämre. Stockholms innerskärgård och Himmerfjärden har otillfredsställande status med avseende på totalkväve, totalfosfor och klorofyll a. Statusen för totalfosfor är otillfredsställande även i Norrtäljeviken, totalkväve och klorofyll a bedöms ha måttlig status.

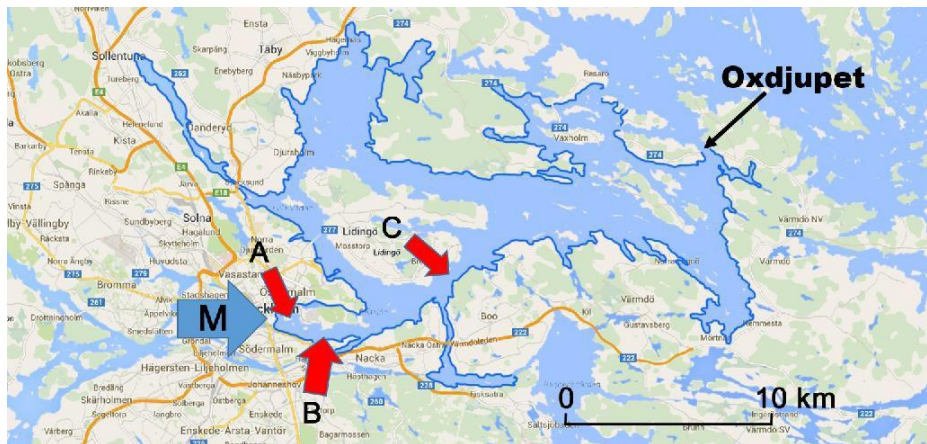


I en tidigare rapport, "Avloppsvattenrening i Stockholms län år 2030" VAS-rådet rapport 1 (2006), drogs slutsatsen att det inte finns några hinder för att fortsätta att använda och utveckla den regionala strukturen för avloppsvattenreningen. Ändrade förutsättningar och krav, främst fastställande av miljö kvalitetsnormer för vatten 2009, gjorde att VAS-rådet tog fram en ny rapport 2012, "Robust avloppsvattenrening i Stockholms län – en utblick mot år 2030 med fokus på recipienten". Rapporten, som är på 160 sidor, ger en detaljerad beskrivning av nuvarande recipienttillstånd och prognoser för recipientstatus 2030. Rapporten är väl omfattande för att läsas av andra än speciellt intresserade. VAS-rådet har därför låtit göra den föreliggande kortversionen.

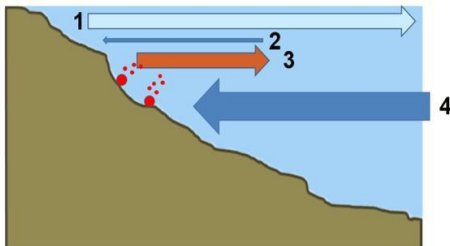
Rapporten beskriver den nuvarande situationen i de tre recipienterna. Prognoser görs därefter för recipientstatusen 2030 med antagen befolkningsökning och olika alternativ för reningsnivåer och lokalisering av utsläppspunkter.

Tillståndet i recipienterna Stockholms

innerskärgård



Stockholms innerskärgård ligger utanför Mälarens utflöde (M), som är av stor betydelse för vattenutbyte, näringshalter och syreförhållanden. Innerskärgårdens yta är 100 km², medeldjupet 17 m och det största djupet ca 60 m. Utbytet av bottenvatten begränsas av trösklar i sunden mellan inner- och mellanskärgården, den djupaste på ca 20 m djup i Oxdjupet. Tre stora avloppsreningsverk släpper ut det reade avloppsvattnet i innerskärgården: Bromma (A), Henriksdal (B) och Käppala (C).



Utflödet från Mälaren ger upphov till en utåtgående ytvattenström (1). Den drar med sig en del av bottenvattnet som ersätts av en inåtgående djupvattenström (4). Utsläppen från avloppsreningsverken ligger djupt och avloppsvattnet (3) lagras in under ytvattnet och under en inåtgående kompensationsström (2). Det fyrdelade strömsystemet finns bara i den inre delen av innerskärgården. Längre ut blandas avloppsvattnet in i ytvattnet och strax innanför Oxdjupet finns bara en utåtgående och en inåtgående ström.

De största mängderna näringsämnen – fosfor och kväve – kommer till innerskärgården med Mälarens utflöde, med utsläppen från avloppsreningsverken och med den inåtgående djupvattenströmmen. Mindre bidrag kommer från ”övriga källor”: dagvatten, nederbörd, enskilda avlopp och utsläpp från fritidsbåtar.

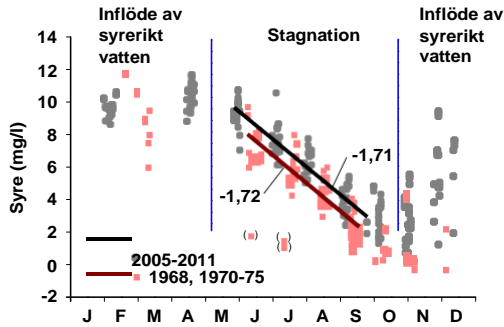
	Totala mängder				Oorganiska fraktioner				
			Ton/år		Procent		Ton/år		Procent
	Fosfor	Kväve	Fosfor	Kväve	Fosfor	Kväve	Fosfor	Kväve	
Mälaren	140	3 200	37	39	75	1100	44	33	
Avloppsreningsverken	26	1 630	7	20	13	1450	8	44	
Inåtgående strömmen	200	3 000	53	37	80	600	47	18	
Övriga källor	10	300	3	4	1	150	1	5	
Summa	380	8 100			170	3 300			

Reningsverkens andel av den totala fosfor- och kvävebelastningen är för hela året 7 resp 20 procent. Under delar av året är reningsverkens andel betydligt större, vilket beror på att bidragen från Mälaren och med den inåtgående strömmen varierar under året medan utsläppen från avloppsreningsverken är relativt konstanta. Den relativa betydelsen är störst under sommaren, i juni-juli, då reningsverkens andel av oorganisk fosfor uppgår till 30-40 % och andelen oorganiskt kväve till 70-80 %.

Tillståndet i skärgården

Syreförhållanden

Den inåtgående djupvattenströmmen är stark under vinter och vår och för då med sig syrerikt vatten till innerskärgårdens djupområden. Under sommar och tidig höst är strömmen svag och



bottenvattnet är mer eller mindre stillastående.

Syrenehållet minskar och halterna på de största djupen kan vara mycket låga i oktober-november. En del av syreförbrukningen beror på nedbrytning av döda djur och växter som sjunker ner från ytvattnet. Eftersom mängden sedimenterande organiskt material är större i näringsrika än i näringsfattiga vatten, finns det ofta ett samband mellan syreförbrukning och näringsrikedom. Det gäller inte i Stockholms innerskärgård, där syreförhållandena varit ungefär desamma under 2000-talet som under

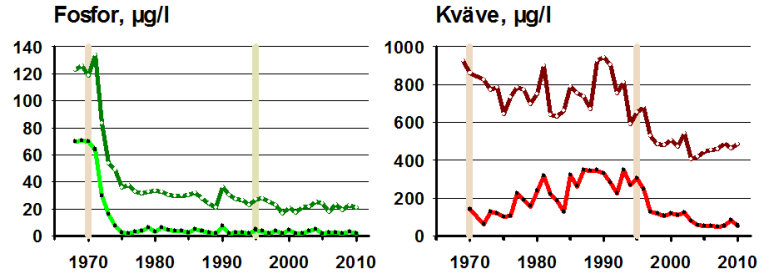
1970-talet, trots mycket stora skillnader i näringsbelastning; som diagrammet ovan visar upp-gick syreförbrukningen under båda perioderna till ca 1,7 mg/l och månad. Däremot är vatten-omsättningen av stor betydelse och det finns ett starkt samband mellan syreminskning och vår flodens storlek

Fosfor och kväve

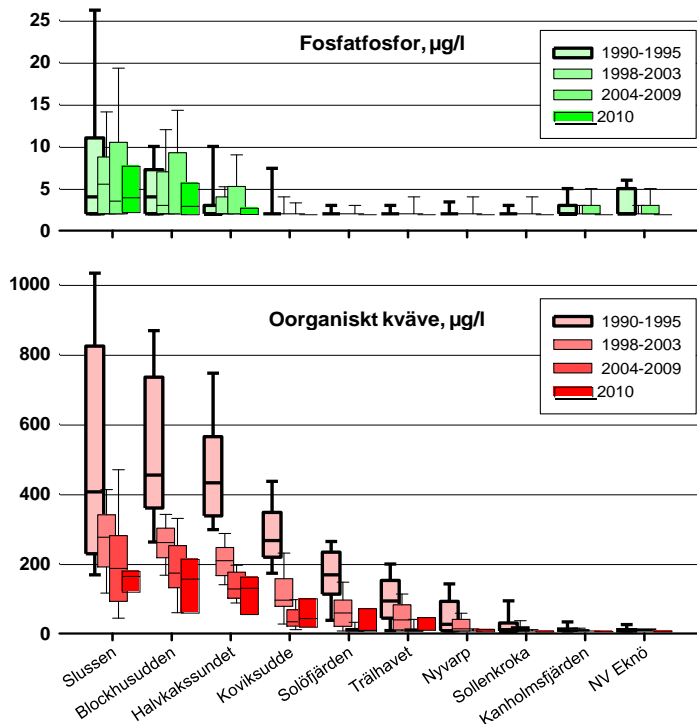
Införandet av kemisk rening omkring 1970 medförde en mycket stor minskning av fosforkoncentrationerna i innerskärgården och stora delar av mellanskärgården. Kväve påverkades inte av den kemiska reningen men minskade kraftigt när kväverening infördes i mitten av 1990-talet. Fosforkoncentrationerna har varit ganska konstanta sedan slutet av 1990-talet. Efter år 2000 har koncentrationerna av kväve ökat något i både inner- och mellanskärgården.

Diagrammen längre ner visar sommarvärden för oorganiskt fosfor och kväve i ytvattnet under olika tidsperioder, från provtagningspunkten Slussen närmast Stockholm till NV Eknö strax innanför Sandhamn. Gränsen mellan inner- och mellanskärgården går mellan Solöfjärden och Trälhavet.

Fosfatfosfor är vanligen uttömt från Koviksudde i innerskärgården och vidare utåt. Några stora förändringar har inte skett sedan början av 1990-talet. Innehållet av oorganiskt kväve minskade kraftigt när kväverening infördes – jämför perioden 1990-95 utan kväverening och perioderna 1998-2010 med kväverening. Fortfarande förekommer oorganiskt kväve i överskott i stora delar av innerskärgården.

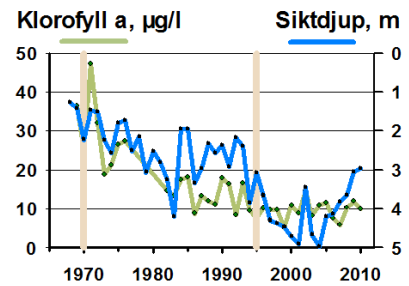


Fosfor och kväve i innerskärgårdens ytvatten, totalhalter samt halter av oorganiska fraktioner (ljusa kurvor), fosfor och kväve som direkt kan utnyttjas av växterna.



Klorofyll och siktdjup

Klorofyllhalterna minskade efter införandet av fosforering omkring 1970. Kvävereningen i mitten av 1990-talet gav mindre effekter på klorofyllhalterna och variationerna har varit stora vid enstaka provpunkter, men totalt för inner-skärgården minskade halten från ca 12 µg/l i mitten av 1990-talet till 8 µg/l 2006-2009. Siktdjupet mer än fördubblades från 1970 till mitten av 1990-talet. Ökningen var stor även efter införandet av kväverening, från 2,5 m till över 4 m 2002-2005. Därefter har siktdjupet minskat, troligen pga förändringar i Mälaren där siktdjupet också blivit mindre.



Kvävefixerande alger

Kvävefixerande blågröna alger (cyanobakterier) kan till skillnad från andra alger utnyttja kvävgas för sin tillväxt. När kväverening införs och halterna av kväve minskar i recipienten, finns risk att mängden kvävefixerande alger ökar och till och med motverka effekterna av kvävereningen. Detta har inte skett i innerskärgården, där kvävefixerande alger (grupp *Nostocales* i den nedanstående figuren) sällan förekommer. Längre ut, i Trälhavet och vid Sollenkroka i mellanskärgården, kan mängderna vara större, främst *Aphanizomenon sp.* Den toxiska alg som brukar uppträda under sommaren i öppna Östersjön, katthårsalg (*Nodularia spumigena*), har aldrig påträffats i innerskärgården och bara undantagsvis i mellanskärgården.

Himmerfjärden

Himmerfjärden är en långsträckt fjärd som längs en förkastningsspricka leder från kustområdet väster om Landsort in till Södertälje via Svärdsfjärden, den egentliga Himmerfjärden (markerad med blå färg i kartan till höger), Näslandsfjärden och Hallsfjärden. Vattenområdets yta är 230 km² och medeldjupet 17 m. Det största djupet i fjärdarna är mellan 37 m (Hallsfjärden) och 48 m (Svärdsfjärden). Djupet är mindre, 10-14 m, i förbindelserna mellan fjärdarna.

Tillrinningsområdet för hela kustområdet norr om sunden mellan Askö och Torö är knappt 1 300 km², ca 5,5 gånger större än vattenytan. 10 % av tillrinningsområdets yta är sjöar, 20 % jordbruksmark, ungefär två tredjedelar skog och myrmark och 2,5% bebyggd mark. Det finns flera tätorter - delar av Södertälje, Järna, Gnesta, Trosa och Vagnhärad.

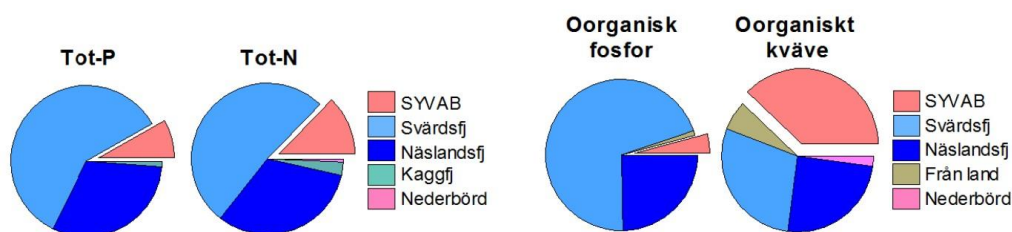
Sötvattentillförseln är totalt ca 18,4 m³/s, därav 3,3 m³/s som nederbörd direkt på vattenytan, 4,4 m³/s från Mälaren och 1,2 m³/s från Himmerfjärdverket. Sötvattnet medför att salthalten i Himmerfjärdens ytvatten är ca 0,5 PSU lägre än i referensområdet utanför Askö (provpunkt B1 i kartan till höger).



Utsläppen av fosfor från SYVAB (Himmerfjärdsverket) uppgick 1998-2006 till ca 15 ton/år och har därefter varit 9-10 ton/år. Pga den försöksverksamhet som bedrivits i Himmerfjärden har kväveutsläppen varierat kraftigt, mellan 170 och 730 ton/år – utsläppen ökades tillfälligt 2001-2002 och 2005-2006 och kvävereningen stängdes helt av under 2007 och 2008. 80-90 % av kvävet släpps ut som ammonium- och nitratkväve och ungefär en tredjedel av fosfor som fosfatfosfor.

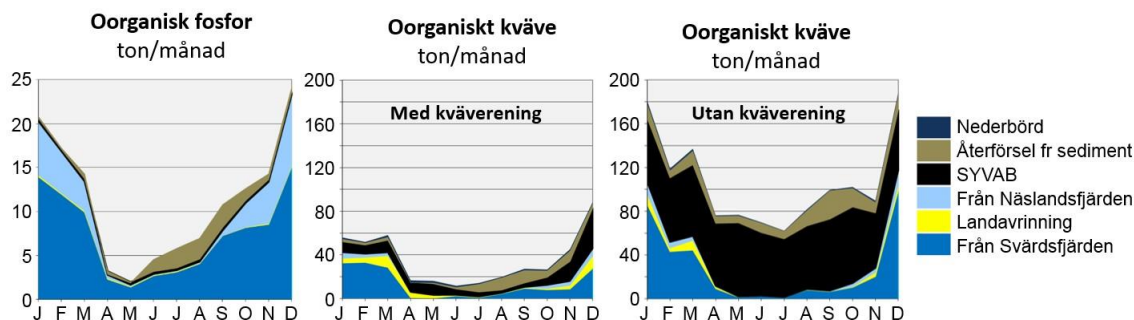
En mindre del av Mälarens utflöde, ca 10 Mm³/månad, passerar genom Södertälje och bidrar med ungefär 100 ton totalkväve och 30 ton oorganiskt kväve per år. Ca 4 ton fosfor och 70 ton kväve per år kommer med tillflödet från land, därav ca 1 ton fosfatfosfor och ca 40 ton oorganiskt kväve. Mellanårsvariationerna är stora pga stora flödesvariationer. Atmosfäriskt nedfall av kväve uppskattas till 20 ton/år.

Stora mängder totalfosfor och totalkväve kommer via vattenutbytet med angränsande vattenområden, betydligt större än utsläppen från SYVAB. Med gällande krav på fosforrening, 0,5 mg/l, utgör Himmerfjärdsverkets andel av tillförseln av totalfosfor 8% och vattensättningen står för 90%. Nära 84% av kvävet beräknas komma med inströmmande yt- och djupvatten när reningen i Himmerfjärdsverket uppfyller kravet på 10 mg/l i utgående vatten¹⁾. SYVAB:s andel uppgår till 13 %.



En del av både totalkvävet och totalfosfor är svårnedbrytbar och inte biologiskt tillgänglig. SYVAB:s andel av det lättillgängliga, oorganiska kvävet är jämförelsevis stor, nära 40 %. Andelen oorganiskt fosfor är däremot liten – knappt 4 % kommer från SYVAB vid 0,5 mg/l fosfor i utgående vatten.

Tillskotten från några källor varierar kraftigt under året, framförallt oorganisk fosfor från Svärdsfjärden och Näslandsfjärden och frisättningen av fosfor från sedimenten. Kväve visar stora skillnader mellan år med och utan kväverening. Med kväverening dominerar intransporten med djupvatten under våren, medan andra källor är minst lika viktiga under resten av året. Utan kväverening ökar inte bara utsläppen från Himmerfjärdsverket utan även intransporten med djupvatten söderifrån från sen höst till tidig vår. Det beror troligen på återcirkulation av kväve från Himmerfjärdsverket – kvävereningen minskar därför inte bara den direkta utan även den indirekta påverkan på kustområdets inre delar.



¹⁾ Beräkningen är gjord för det gränsvärde, 10 mg/l, som gällde t.o.m. 2012. Nuvarande gränsvärde är 8 mg/l.

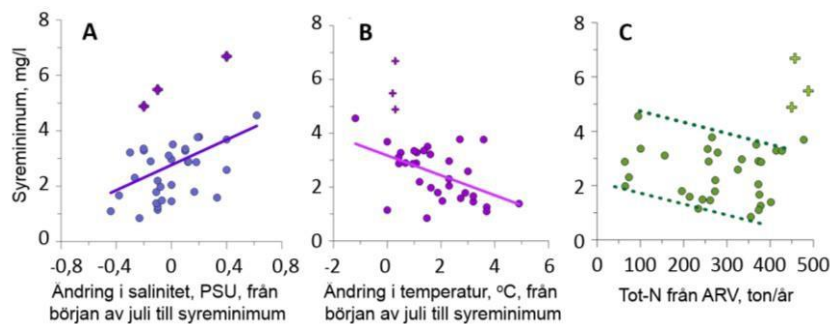
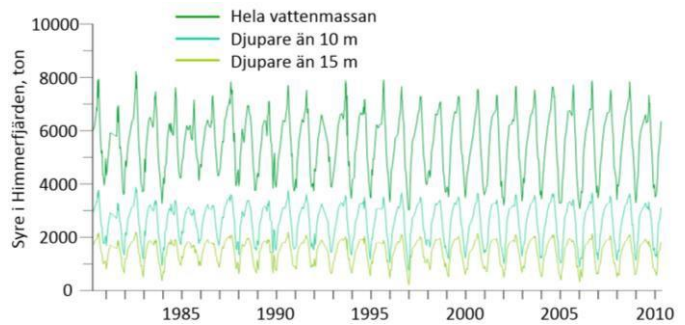
Tillståndet i Himmerfjärden

Syre

Mängden syre i Himmerfjärden har varit ganska oförändrad sedan början av 1980-talet, trots stora förändringar av utsläppen från SYVAB. Liksom i Stockholms innerskärgård saknas alltså ett tydligt samband mellan syreförhållanden och näringsbelastning.

Däremot är storskaliga klimatfaktorer viktiga, framförallt vattenomsättningen.

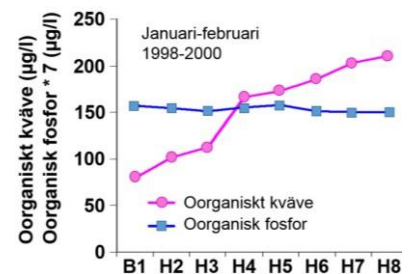
Sambandet är starkt mellan bottenvattnets syreinhåll och förändringen av både salthalten och temperaturen under sommaren och ett svagt samband kan faktiskt påvisas med utsläppen av kväve från SYVAB.



Fosfor och kväve

En stor del av det oorganiska kvävet kommer med tillrinnande sötvatten och utsläppet från SYVAB. De inre delarna av Himmerfjärden är därför betydligt kväverikare än de yttre lokalerna. Oorganisk fosfor kommer huvudsakligen med intransporten från Östersjön och halterna är jämnt fördelade i hela området.

I diagrammet till höger har fosforhalterna multiplicerats med 7 för att motsvara algernas behov av ungefär 7 gånger mer kväve än fosfor. Vid de inre lokalerna, H6-H8, förekommer kväve i över- skott. Fosfor och kväve är med dessa värden i balans vid H4 i egentliga Himmerfjärden, och fosfor förekommer i överskott vid B1-H3.

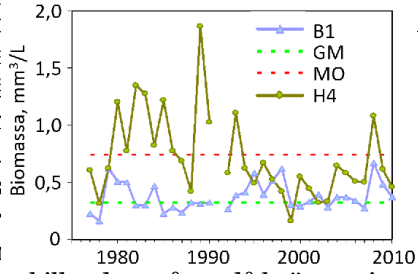


En del av fosfor kommer genom frisättning från sedimenten under sommar och tidig höst. Mätningar och beräkningar i Himmerfjärden har givit mycket olika resultat, och det är osäkert hur stor frisättningen är. Under andra delar av året fastläggs fosfor. Olika beräkningar tyder på en permanent fastläggning i sedimenten av 4-5,6 ton/år, mer än SYVAB:s årliga utsläpp av oorganisk fosfor. Omräknat för hela vattenområdet innanför Askö-Torö betyder det att fastläggningen är större än tillförseln och att fosfor alltså inte exporteras från Himmerfjärdsområdet till Östersjön. Beräkningarna tyder däremot på en betydande export av kväve. En minskad tillförsel av kväve skulle troligen minska fastläggningen av fosfor, osäkert med hur mycket.

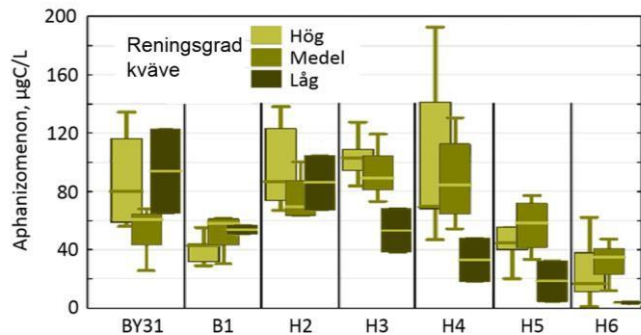
Växtplankton

Vårblomningen börjar vanligen i mars och slutar i april/maj mellan vårblomningens storlek, mätt som klorofyll a, och kväve i vintervattnet vid stationerna i Himmerfjärden och Svärdsfjärden. Sambandet mellan kväve och biomassa under sommaren, liksom sambandet mellan kväve och biomassa förändringar har skett vid H4 i egentliga Himmerfjärden i följer tillförseln av kväve från SYVAB. En långsiktig trend ses (referenspunkten utanför Askö). Under flera år med kvävering var biomassan vid H4 under eller på gränsen mellan god/måttlig (enligt nu gällande bedömningsgrunder - en väsentlig skillnad mot åren då kvävering saknats eller varit avstängd, 2007 och 2008, då växtplankton mestadels visat en otillfredsställande vattenkvalitet (MO i diagrammet är gränsen mellan måttlig och otillfredsställande status).

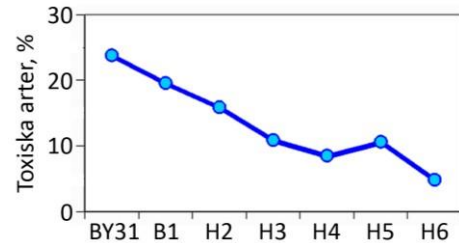
Det finns ett tydligt samband



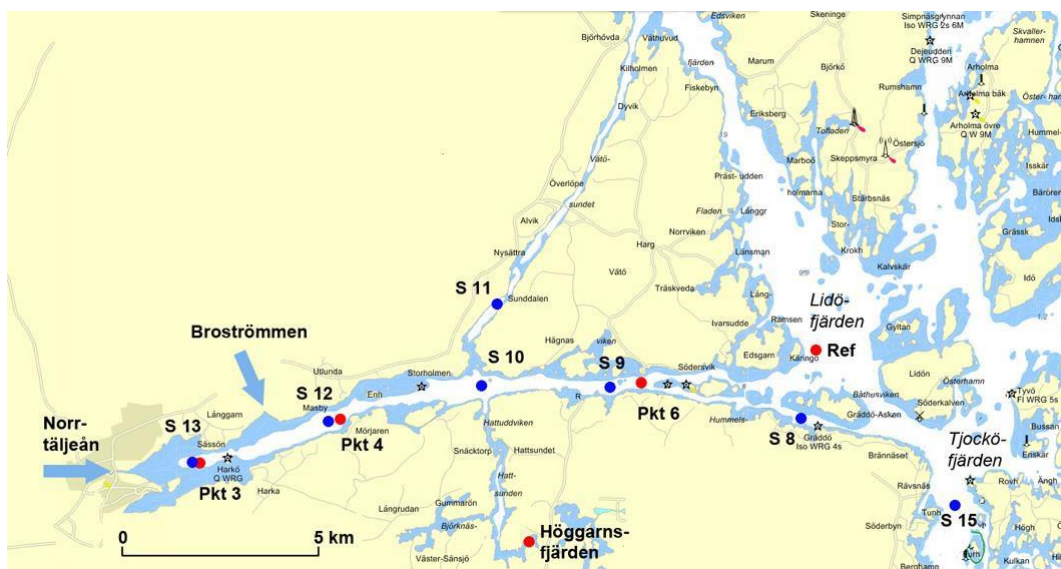
En viktig fråga för Himmerfjärden är hur förekomsten av kvävefixerande blågröna alger kan begränsas med bibehållandet av låga kväveutsläpp. Mängden kvävefixerande alger (huvudsakligen *Aphanizomenon sp*) ökade som förväntat när kvävering infördes 1997. I de försök som gjorts med varierande kvävering har effekterna emellertid varit begränsade till stationerna H3–H6, ungefär 40 % av Himmerfjärdsområdet.



Kvävefixeringen i Himmerfjärdsområdet har uppskattats till mellan 100 och 260 ton/år. Även med den högre siffran motsvarar kvävefixeringen mindre än 25 % av det kväve som togs bort med kväveringen 2013 då halten i utgående vatten var 7,8 mg/l, nära det nya gränsvärdet på 8 mg/l. Kvävefixering kan alltså inte upphäva effekten av kvävering och de år då kväveringen varit mest effektiv har också koncentrationen av totalkväve i ytvattnet under sommaren varit den lägsta. Den dominerande kvävefixeraren i Himmerfjärden, *Aphanizomenon sp*, är inte toxisk och orsakar inte heller besvärande ytansamlingar. Toxiska alger, i Östersjön framförallt *Nodularia spumigena*, förekommer främst i utsjön - BY31 vid Landsort och B1 i diagrammet till höger (BY31 ligger vid Landsortsdjupet, övriga lokaler se kartan sid 6).



Norrtäljeviken



Norrtäljeviken med provpunkter. Blå=SKVVF, Röda=Recipientkontroll. Vita ytor anger djup >10 m.

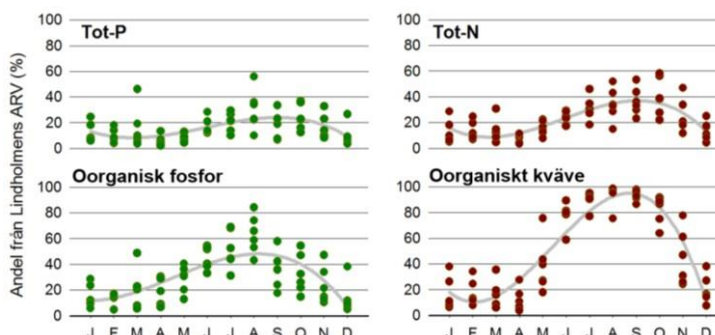
Norrtäljeviken är 17 km lång och mellan 0,5 och 1 km bred. Det största djupet är ca 35 m, djupet i mynningen är enligt sjökortet 14-18 m. Tillrinningsområdet har en yta av 690 km². Ungefär hälften av tillflödet, 150 Mm³/år, kommer med Norrtäljeån och en tredjedel med Broströmmen. Båda åarna mynnar i den innersta delen av Norrtäljeviken. Utsläppet från Norrtäljes avloppsreningsverk, Lindholmen, ligger på 4 m djup mellan de två åmynningarna.

Tillflödet från åarna är stort i början av året, litet under sommaren och ökar sedan i november-december. Under våren omsätts hela volymen i Norrtäljeviken på ungefär en månad. Under sommaren är bottenvattnet under 15 m mer eller mindre stillastående och omsättningstiden på de största djupen är enligt SMHI:s modellering över fyra månader.

Innehållet av fosfor och kväve i tillrinningen varierar på ungefär samma sätt som flödet, med höga halter tidigt på året, låga under sommaren och ökande halter under hösten. Totalt med tillrinningen kommer ungefär 7 ton fosfor och 230 ton kväve per år.

Lindholmens avloppsreningsverk släpper ut ungefär 0,7 ton fosfor och 30 ton kväve per år, 10-15 % av den totala belastningen. Reningsverkets andel är större under sommaren när tillflödet är litet, mellan 20 och 40 %.

Halterna av lösta näringsämnen är låga i tillrinningen under sommaren och reningsverket andel av oorganisk fosfor uppskattas i juli-september till ca 50 % och av oorganiskt kväve till ca 90 %. (Varken fosfat eller nitrat mäts i det renade avloppsvattnet och beräkningarna är gjorda med antagandet att oorganiska fraktioner av fosfor och kväve förhåller sig till totalhalterna på samma sätt som i Stockholmsavloppsreningsverk.)



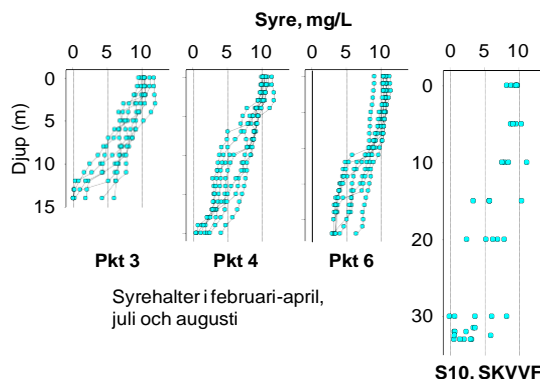
Tillståndet i Norrtäljeviken

Provtagningar i Norrtäljeviken görs som en del av det recipientkontrollprogram som på Norrtälje kommunens uppdrag utförs av Naturvatten. Prover tas också för Svelands kustvattenvårdsförbund (SKVVF) av Institutionen för Systemekologi vid Stockholms Universitet.

Syre

Saliniteten i ytvattnet kan tillfälligtvis vara mycket låg under våren men annars är saliniteten jämnt fördelad och skiktningen i Norrtäljeviken är i allmänhet ganska svag både vår och sommar. I oktober är vattnet oskiktat.

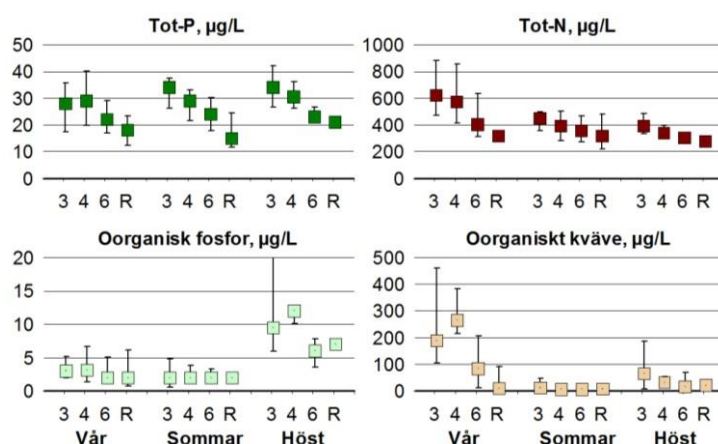
Syrehalterna är i början av året höga på samtliga djup, med något enstaka undantag vid den innersta provpunkten. Trots den svaga skiktningen har syrehalterna i bottenvattnet varit låga under sommaren med de lägsta halterna vid Pkt 3 där djupet är bara 15 m. I SKVVF:s provtagningar har halter mellan 0 och 8 mg/l påträffats i bottenvattnet vid S10, 2004 förekom spår av svavelväte. I oktober, när densiteten är utjämnad och vattnet omblandat, är syrehalten praktiskt taget densamma på samtliga djup.



Fosfor och kväve

De högsta halterna av fosfor och kväve förekommer genomgående i den inre delen av Norrtäljeviken. Fosforhalterna är ungefär lika höga vår, sommar och höst, kvävehalterna är högst under våren (diagrammen till höger, provpunkter se karta sid 10).

Ytvattnets innehåll av oorganisk fosfor är i det närmaste uttömt under vår och sommar. Mycket låga halter av oorganiskt kväve förekommer bara under sommaren.

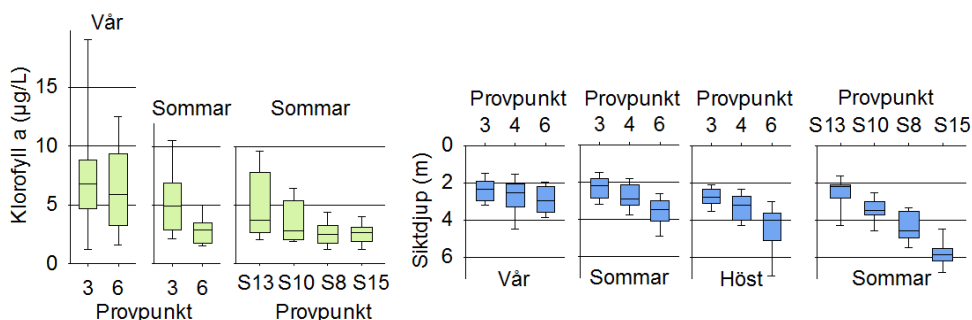


Under vår och höst har alla former av fosfor och kväve varit jämnt fördelade med djupet. Under sommaren, när vattnet är skiktat, har halterna (främst fosfat och ammonium) varit höga i bottenvattnet vid SKVVF:s provpunkt S10 (se karta sid 10). Lika höga fosforhalter och betydligt högre kvävehalter har förekommit i bottenvattnet vid Pkt 3 längst in i Norrtäljeviken.

Fosfor frisätts från sedimenten när syrehalterna är låga under sommaren. Mängden har beräknats till 200 kg/år med data från S10, men större mängder kan frigöras från bottenarna längre in i viken, där förhållandena är mer ansträngda. Balansen mellan fosfor och kväve i ytvattnet tyder på en tillförsel under sommaren av ca 150 kg/månad utöver tillrinningen och avloppsreningsverkets utsläpp.

Klorofyll och siktdjup

Klorofyllhalterna är högst i den innersta delen av Norrtäljeviken och minskar sedan gradvis mot den yttre delen. Siktdjupet visar motsvarande fördelning med de största siktdjupen i den yttre delen av viken.



Prognos för 2030

Befolkningsutveckling

Det finns olika prognoser för befolkningsutvecklingen i Stockholmsregionen. I *RUFS 2010 Regional utvecklingsplan för Stockholmsregionen* antas befolkningen 2030 i alternativ Låg uppgå till 2,3 och i alternativ Hög till 2,5 miljoner personer. *Demografisk rapport 2011:08 Stockholms län* antar en befolkning av 2,6 miljoner år 2030. I scenarierna för avloppsreningsverken används befolkningsökningen i redan anslutna områden enligt RUFS alternativ Hög, vilket innebär en ökning med 450 000 personer från dagens befolkning, 2,05 miljoner.

Avloppsreningsverkens utsläpp

Eftersom kommande begränsningsvärden för renat avloppsvatten är osäkra vad gäller BOD₇, fosfor och kväve har ett antal scenarier använts för att beräkna belastningen på recipienterna år 2030.

Scenario S1:A - BOD₇ 8 mg/l, fosfor 0,3 mg/l och kväve 10 mg/l.

Reningskrav lika som idag, Rening till begränsningsvärdet utan säkerhetsmarginal. För Himmerfjärdsverket är detta dock ett högre fosforkravet än 0,5 mg/l som gäller idag.

Scenario S1:B - BOD₇ 2,5-6,8 mg/l, fosfor 0,10-0,36 mg/l, kväve 7,9-12,9 mg/l

Som S1:A ovan, men rening till samma nivå som idag, med säkerhetsmarginal till gällande tillstånd.

Scenario S2 - BOD₇ 8 mg/l, fosfor 0,2 mg/l och kväve 8 mg/l.

Sänkta begränsningsvärden för fosfor och kväve jämfört med S1.

Scenario S3 - BOD₇ 8 mg/l, fosfor 0,2 mg/l och kväve 6 mg/l.

Som S2 men med ytterligare sänkt begränsningsvärde för kväve.

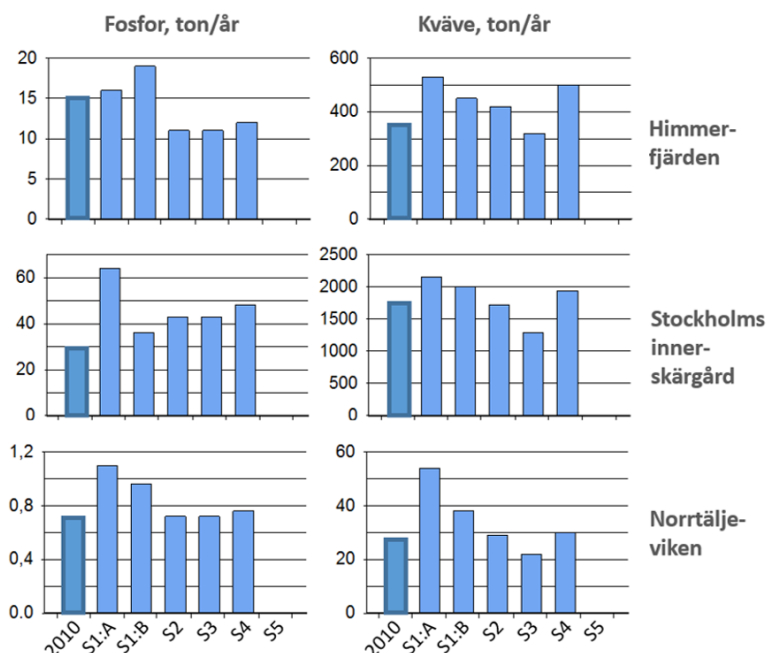
Scenario S4 - BOD₇ 8 mg/l, fosfor 0,2 mg/l och kväve 8 mg/l.

En större befolkningsökning än i scenarierna ovan genom att flera mindre reningsverk läggs ner och vattnet överförs till de större reningsverken. Samma begränsningsvärden som i scenario S2.

Scenario S5

Utsläppspunkten för renat avloppsvatten från de större verken flyttas utanför skärgården, Lindholmen utanför Norrtäljeviken.

Scenario 1:A och 1:B medför i samtliga fall en ökning av fosfor och kväveutsläppen; den stora ökningen i 1:A är ganska orealistisk eftersom verken alltid drivs med viss marginal. Fosfor från Himmerfjärdsverket minskar i S2-S3 eftersom koncentrationen sänks från 0,5 till 0,2 mg/l. I Stockholms innerskärgård ökar utsläppen istället och de är oförändrade i Norrtäljeviken. Utsläppen ökar något med scenario S4, överföring från mindre verk till de stora. Kväve visar en liknande bild – S3 medför dock en mycket tydlig minskning och S4 en lika tydlig ökning av utsläppen.



Bedömning av recipientstatus 2030

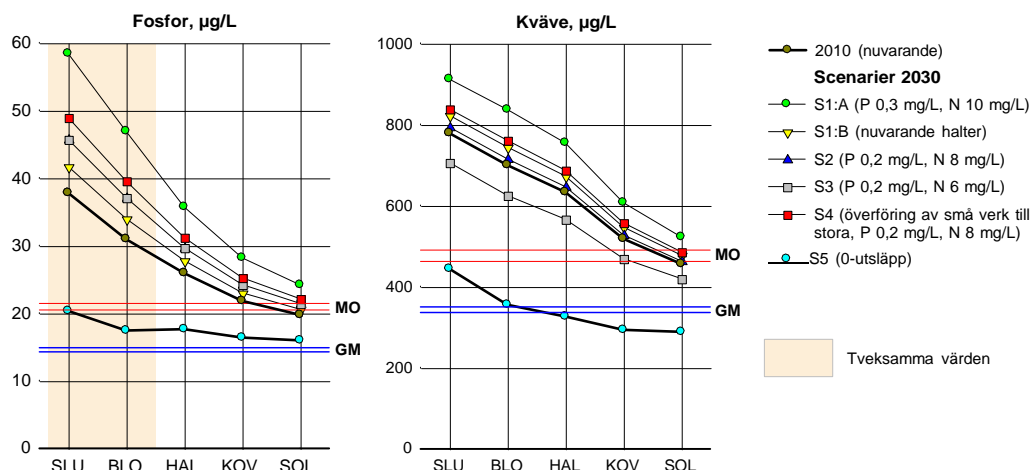
Stockholms innerskärgård

Avloppsreningsverkens utsläpp och koncentrationen av fosfor och kväve i innerskärgårdens ytvatten är betraktade över en längre tidsperiod ganska väl korrelerade, särskilt fosfor med de, jämfört med idag, mycket stora utsläppen under 1970-talet. När utsläppen under senare år har minskat, får andra faktorer – främst uppvällning och koncentrationer i Mälarens utflöde – en förhållandevis större betydelse och sambanden mellan utsläpp av fosfor och halter i innerskärgården blir därför betydligt svagare. Sambandet för kväve blir däremot starkare, troligen pga att överföringen av utsläppet från Brommaverket till Saltsjön 1989 medförde en kraftig minskning av kvävekoncentrationerna i Mälarens utflöde.

Med erfarenhetsmässiga samband mellan utsläpp och halter i innerskärgårdens ytvatten är det möjligt att beräkna halterna vid olika utsläppsalternativ. Osäkerheterna blir stora vid de inre lokalerna där förhållandena påverkas av närheten till Mälarens utflöde, uppvällning av bottenvatten och uppsträngning från avloppsvattenströmmen.

Samtliga scenarier utom S5 medför ökade fosforhalter i innerskärgårdens ytvatten, mest vid de inre lokalerna och störst med scenario S1:A, mellan ca 15 µg/l i Halvkakssundet 5 µg/l i Solöfjärden. Kvävehalterna ökar med alla scenarier utom S3 - med det troligaste maximala scenariot, S4, blir ökningen mellan 30 och 60 µg/l. Scenario S3, med förbättrad rening till 6 mg/l, skulle medföra en minskning av halterna med 35-70 µg/l.

Måttlig status, som inte är ett mål enligt Vattendirektivet, uppnås både för fosfor och kväve med överföring till annan recipient, men inte med något av de övriga scenarierna med undantag av S3 och endast för kväve i Solöfjärden. Överföring av utsläppen till annan recipient skulle inte vara en tillräcklig åtgärd för att uppnå God status för fosfor vid någon av lokalerna. Kväve skulle uppnå God status redan i Halvkakssundet och halten i Solöfjärden skulle ligga ca 60 µg/l under gränsen mellan God och Måttlig status.



Koncentrationer av fosfor och kväve i innerskärgårdens ytvatten 0-8 m i perioden slutet av maj-mitten av september med scenarierna S1A – S5. GM och MO = gränserna mellan God och Måttlig resp Måttlig och Otillfredsställande status vid 2-3 resp 3-4 PSU (det högre värdet vid den lägre saliniteten).

SLU=Slussen, BLO=Blockhusudden, HAL= Halvkakssundet, KOV=Koviksudde, SOL=Solöfjärden

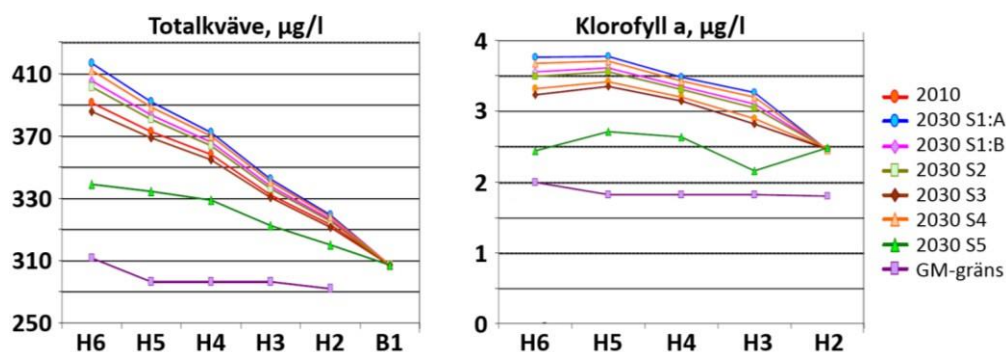
Ytvattnets innehåll av klorofyll a ökar med ökande utsläpp av fosfor och kväve från avloppsreningsverken och siktdjupet minskar. Spridningen på värdena är dock stor och sambanden är alltför svaga för beräkningar liknande dem för halterna av fosfor och kväve i ytvattnet.

Himmerfjärden

För att beräkna effekterna i recipienten har, med undantag av nollutsläpp, använts erfarenhetsmässiga förhållanden mellan utsläpp och effekter på vattenkvaliteten.

Idag utgör utsläppet av fosfor från Himmerfjärdsverket endast drygt 5 % av den totala tillförseln till Himmerfjärdens inre del, bara en fjärde- till en tredjedel är direkt biotillgängligt fosfat. Vattenutbytet med Östersjön tillför stora mängder till kustområdet. Av dessa skäl finns inga erfarenhetsmässiga kopplingar mellan tillförsel och effekt i recipienten och det är vanskligt att bedöma om ytterligare minskning av fosfortillförseln från Himmerfjärdsverket kan ge en mätbar vattenkvalitetsförbättring - ett minskat utsläpp av fosfor med ca 5 ton (0.2 mg/l UT) minskar tillförseln av totalfosfor till Himmerfjärdens inre bassäng med bara drygt 2 % och fosfatfosfor med drygt 1 %.

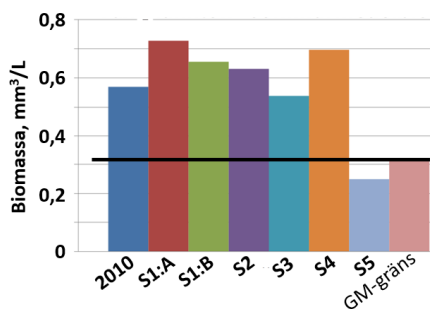
Sambanden är starka mellan mellan utsläpp av kväve och koncentration av totalkväve, oorganiskt kväve på vintern, klorofyll under våren och sommaren samt växtplankton. De olika scenarierna ger relativt liten skillnad i medelkoncentration av totalkväve under sommaren, utom nolltillförsel som medför en tydlig minskning, särskilt i inre Himmerfjärden och i Näslandsfjärden. God status enligt vattenförvaltningsförordningen uppnås inte även om alla utsläpp från Himmerfjärdsverket upphör. Jämfört med nuvarande förhållanden kommer alla alternativ utom S3 (<6 mg/l som årsmedelvärde) att medföra höjda sommarkoncentrationer.



Halter av totalkväve och klorofyll a vid provpunkterna i Himmerfjärden 2010 samt i scenarierna S1:A – S5. GM-gräns = gränsen mellan God och Måttlig status.

Skillnaderna mellan scenarierna blir liten när det gäller klorofyll och växtplankton eftersom det finns ett starkt samband mellan medelkoncentrationen av totalkväve och klorofyll a. Vid nollutsläpp tyder beräkningarna på den kraftigaste minskningen i Näslandsfjärden och Himmerfjärden, där man närmar sig god status. Sammantaget ger alla scenarier utom S5 och S3 försämring av vattenkvaliteten i jämförelse med förhållandet 2010.

För växtplankton finns bara empiriska data från station H4 i Himmerfjärdens inre bassäng. Prognosen för medelbiomassan under sommaren för 2030 ger ett liknande utfall som för klorofyll. Vid noll-utsläpp blir utfallet dock bättre än för de andra variablerna. Medelbiomassan beräknas minska till en tredjedel av dagens och tillståndet i vattenförekomsten skulle klassas som god.



Biomassan av växtplankton under sommaren vid H4 i olika scenarier.

Förekomsten av cyanobakterier i Himmerfjärdens inre bassäng har ökat när kväverening införts i Himmerfjärdsverket och ett utsläpp <400 ton/år i kombination med en låg DIN/DIP-kvot ökar risken för blomningar. I flera av de scenarier som analyseras kommer den årliga tillförseln av kväve något eller t.o.m. kraftigt överstiga det som förefaller vara ett tröskelvärde för deras blomning. Endast i ett fall (S3) kommer utsläppen vara lägre. I det fall Himmerfjärden helt avlastas från avloppsutsläpp är konsekvensen svårbedömd eftersom även fosforutsläppen kommer att upphöra. Sannolikt kommer detta att ha en dämpande effekt på cynobakteriernas tillväxt.

Norrtäljeviken

I de andra recipienterna - Stockholms innerskärgård och Himmerfjärden - har utvecklingen vid både ökad och minskad belastning kunnat prognosticeras med hjälp av långvariga, omfattande provtagningar och relativt tydliga samband mellan belastning och tillstånd. Underlaget är sämre för Norrtäljeviken och starka samband kan inte påvisas.

Ytvattnets innehåll av lösta, oorganiska former av fosfor och kväve, är litet under sommaren pga växtlighetens upptag. Bidragen med det renade avloppsvattnet från Lindholmen är betydelsefulla, men en stor andel av fosfor beräknas komma med interna processer, ca 150 kg mot 30 kg/månad från Lindholmen. Halterna i ytvattnet påverkas därför bara i liten grad av utsläppet av renat avloppsvatten, och en förändring av utsläppen med 10 kg/månad medför en förändring av den totala tillförseln med bara 5 %. Interna processer tycks spela liten roll för ytvattnets kväveinnehåll. Utsläppen från reningsverket är jämförelsevis stora, under sommaren ca 40 % av den totala tillförseln av Tot-N och 90 % av oorganiskt kväve. Både minskning och ökning av kväveutsläppen kan därför ge stora effekter i Norrtäljeviken.

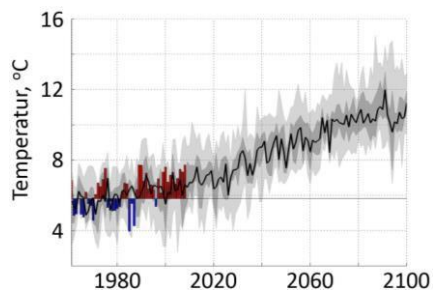
Förändringarna är, med undantag av S5, störst i S1:A, men det scenariot är inte sannolikt eftersom avloppsreningsverken även i framtiden bör drivas med säkerhetsmarginaler på samma sätt som idag. Scenarierna S2, S3 och S4 ger för fosfor och kväve ganska små skillnader jämfört med dagens förhållanden – både ökningen och minskningen av utsläppen ligger inom variationerna de senaste fem åren.

I scenario S1:B, större antal anslutna personer och rening till dagens nivåer, ökar utsläppen av kväve med 10 ton/år och utsläppen av fosfor med knappt 400 kg/år. Effekterna – främst ökad grumling pga större mängd planktonalger, blir tydligast i den innersta delen av Norrtäljeviken men är starkt beroende av vilken typ av alger som blir dominerande. Överföring av utsläppet från Lindholmens ARV till annan recipient (scenario S5) medför mycket stora förändringar. Förhållandet mellan oorganiskt kväve och fosfor blir nära 1:1 och primärproduktionen skulle vara starkt kvävebegränsad. Kvävefixerande cyanobakterier skulle sannolikt öka, främst *Aphanizomenon*. Erfarenheter både från Himmerfjärden och Stockholms innerskärgård tyder på att kvävefixering inte kan kompensera en så stor obalans mellan kväve och fosfor och statusen i Norrtäljeviken skulle antagligen inte förbättras på ett avgörande sätt. Vattenkvaliteten i en vik är i de flesta fall sämre än i utanförliggande, öppna vattenområden. Halterna av totalfosfor kommer fortfarande att vara alltför höga och så länge statusen i Tjocköfjärden är måttlig kommer Norrtäljeviken status troligen att vara måttlig eller sämre.

Klimatförändringar

Den regionala klimatsammanställningen för Stockholms län, som tagits fram av SMHI och SGI, pekar på högre temperatur och ökad nederbörd. Årsmedeltemperaturen antas till 2100 öka med 4-6°C med den största ökningen under vintern och årsmedelnederbörden antas öka med 10-30 %, huvudsakligen under vintern.

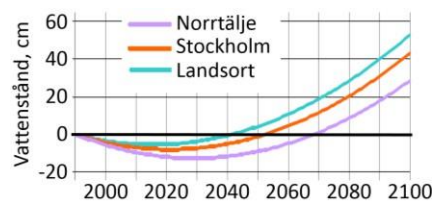
Vattendragen kommer att få en omfördelning av flödena: högre flöden under vintern, lägre och tidigare vårflod samt lägre flöden under sommaren. Medelvattenståndet i havet beräknas netto öka med 30-50 cm – pga landhöjningen kommer nivån dock att minska fram till ca 2050.



Utveckling av årsmedeltemperaturen i Stockholms län 1960-2010. Staplar=observerade värden.

Under den förhållandevis korta perioden fram till 2030 blir klimatförändringarna små. Temperaturhöjningen antas bli ca 1°C och ökningen av årsmedelnederbörden 2-6 %. Omfördelningen av flödena, ungefär 20 % högre flöden under vintern och motsvarande mindre flöden under vår och sommar, blir sannolikt den mest märkbara förändringen.

Vattenutbytet är av stor betydelse för syreförhållandena i både Himmerfjärden och Stockholms innerskärgård. I innerskärgården gäller det framförallt vårfloedens storlek och mindre flöden under våren kommer troligen att medföra en försämrad vattenomsättning och lägre syrehalter i bottenvattnet. Mindre flöden under sommaren gör att saliniteten ökar i ytvattnet, skiktningen försvas och uppträngningen av näringsrikt bottenvatten och vatten från avloppsvattenströmmen ökar. Effekten blir mest märkbar i de allra innersta delarna av innerskärgården.



Nettoändring av havsnivån 1990-2100.

Omfördelningen av flödena påverka vattenkvaliteten, främst ökad vattenfärg och högre koncentrationer av humus pga större flöden under vintern. I Mälaren medför ökade årsmedelflöden att uppehållstiden blir kortare, en mindre andel sedimenterar och halterna ökar i Mälarens utflöde. I utflödet genom Stockholm är sambanden särskilt tydliga för vattenfärg, permanganatförbrukning (ett mått på innehållet av syreförbrukande ämnen) och organiskt kol (TOC).

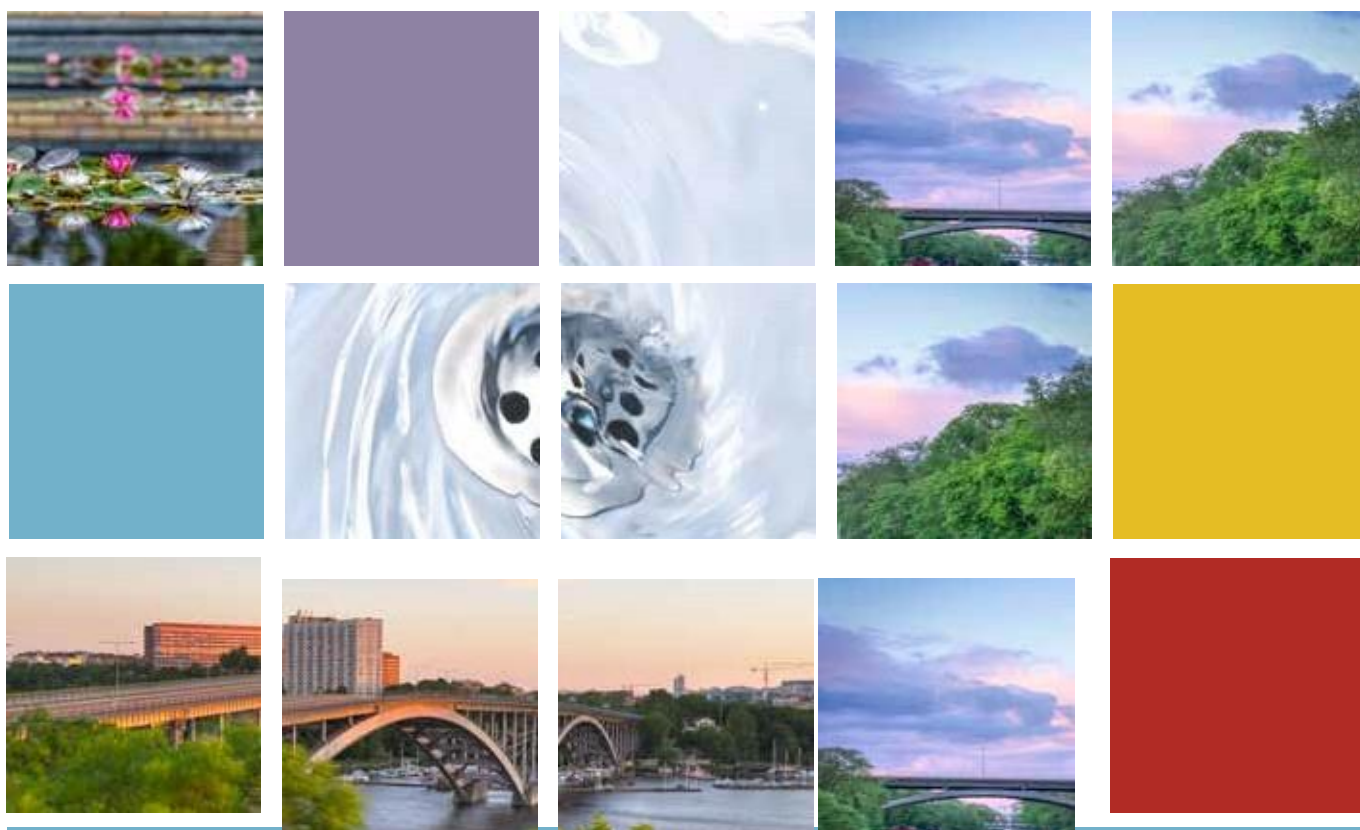
Ökad vattentemperatur gör att näringshalterna under sommaren blir lägre i Mälarens ytvatten pga en tidigare och starkare skiktning. Samtidigt ökar fosfor- och kvävehalterna i bottenvattnet, men höstomblandningen kommer så sent att de ökade halterna inte påverkar växtligheten i skärgården.

I Norrtäljeviken innebär förändringarna troligen att vattenutbytet under våren kommer tidigare än idag och perioderna med stagnant bottenvatten förlängs. Syrebristen i bottenvattnet blir mer uttalad och fosforhalterna blir högre. Ökade halter av fosfor och kväve i tillflödena under vintern är av mindre betydelse eftersom de stora flödena kommer så tidigt på året att växtligheten inte är aktiv. Sammantaget medför klimatförändringarna antagligen en förbättring av vattenkvaliteten genom förstärkt skiktning och stora flöden som omsätter vikens vatten innan näringsinnehållet i tillrinningen påverkar primärproduktionen.

Anteckningar

Anteckningar

Anteckningar



Kommunförbundet Stockholms Län

Postadress: Box 38145, 100 64 Stockholm | Besöksadress: Södermalmsallén 36.
E-post: info@ksl.se | www.ksl.se

