



Undersökningar i Stockholms skärgård 2018

– vattenkemi, plankton och bottenfauna

Joakim Lücke

Tillsammans för världens
mest hållbara stad



STOCKHOLM
VATTEN
OCH AVFALL

Stockholm Vatten och Avfall i samarbete med:



© Stockholm Vatten och Avfall 2019

Författare: Joakim Lücke, joakim.lucke@svoa.se

Rapporten citeras: Lücke, J. (2019). Undersökningar i Stockholms skärgård 2018. Vattenkemi, plankton och bottenfauna. Stockholm Vatten och Avfall.

Internt Dnr: 19MB418

Kontaktuppgifter: Stockholm Vatten och Avfall, 106 36 Stockholm

Telefon: 08-522 120 00

Webb: www.svoa.se

Förord

Denna rapport har tagits fram årligen sedan 1968, med syfte att ge en tillståndsbild av Stockholms skärgård. Fokus i rapporten ligger på skärgården som recipient för de tre stora avloppsreningsverken som Stockholm Vatten och Avfall (Henriksdal och Bromma) och Käppalaförbundet (Käppala) driver.

2018 års rapport innehåller information om skärgårdsvattnets kemiska sammansättning, och det biologiska liv som pågår under ytan, med växt- och djurplankton i vattenmassan, och bottenfauna på bottenarna och nere i sedimenten. Det finns i rapporten en strävan efter att hitta förklaringar till kopplingar mellan människans påverkan, i form av exempelvis tillförsel av renat avloppsvatten, utflödande Mälarvatten, och skärgårdens komplexa samspel mellan kemi och biologi. Sambanden är ibland komplicerade, men förhoppningsvis bidrar denna sammanställning till en ökad förståelse för hur skärgårdens vatten mår.

Provtagningar i Stockholms skärgård vid närmare 80 000 tillfällen under de senaste 38 åren ligger till grund för de data som används i denna rapport. För vissa figurer används även ännu äldre data. Enbart under 2018 har vattnet i skärgården provtagits närmare 2400 gånger för att ge underlag till denna rapport. För fältarbetet har ansvaret legat på Calluna AB, under ledning av Markus Möller, och för analysarbetet på labb har ansvaret legat på Eurofins Environment Sweden AB. De bilagda rapporterna om plankton och bottenfauna har författats av Sofia Kling och Andreas Brutemark på Calluna AB. Jag vill tacka alla de som bidragit till denna rapports faktaunderlag, och samtidigt också rikta ett särskilt tack till Fred Erlandsson och Lasse Lindblom, som har bidragit med kloka tankar om innehållet.

Jag hoppas du får en intressant läsning!

Joakim Lücke
Limnolog

Innehåll

Sammanfattning	6
Bakgrund och historia	8
Provtagningen 2018	9
Allmänna uppgifter om förhållandena under året	10
Vädersituationen	10
Vattennivåer i Saltsjön och Mälaren	12
Utflödet från Mälaren	15
Mälarens belastning på Saltsjön	15
Avloppsreningsverkens belastning på Saltsjön	19
Tillståndet i skärgården.....	28
Hur är livet i skärgården?	28
Gradienter ger skärgården liv.....	30
Syrets betydelse för liv	32
Näring får liv att växa	34
Utan ljus inget liv.....	36
Liv som ingen vill ha	37
Basfödan för ett liv i havet	38
Sedimentens invånare.....	40
Under ytan vid Koviksudde	41
2018 års undersökningar i korthet.....	44
Bilagor	89
Bilaga A. Provtagningsprogram och datasammanställning	
Bilaga B. Plankton	
Bilaga C. Bottenfauna	

Sammanfattning

Skärgårdens vatten påverkas framförallt av tre faktorer; (1) Mälaren, som bidrar till ett sött ytvatten, (2) tre stora avloppsreningsverk (Bromma, Henriksdal och Käppala), som bildar en utåtgående ström med renat avloppsvatten på ca 10-20 meters djup, samt (3) en inåtgående bottenström med salt vatten som har sitt ursprung i de yttre delarna av skärgården och Östersjön. Dessa faktorer samspelar och bidrar tillsammans till de huvudsakliga villkoren för ett rikt liv under ytan i skärgården. Årets mätningar innehåller fysikalisk-kemiska mätningar och undersökningar av växt- och djurplankton, samt bottenfauna.

Under 2018 var utflödet från Mälaren 4520 Mm³, vilket var högre än året innan, men lägre än medelflödet för föregående tioårsperiod. Sett under en längre tidsperiod, så har utflödet ökat med åren, med ett genomsnitt på 4841 Mm³ för åren 1968-2018. Flödet under 2018 var nära det snittet. Anledningen till att de totala flödena var så pass höga var de kraftiga flödena under årets första fem månader, med ett toppflöde under januari på 1117 Mm³. Efter maj var flödena under resten av året istället nästan obefintliga, med ett högsta flöde på 16 Mm³ i juni. De uppmätta halterna av fosfor och kväve under 2018 var normala i Mälarens utflödande vatten och då flödet var något lägre än den senaste tioårsperiodens genomsnitt, resulterade detta även i att de uttransporterade mängderna var något mindre – 122 ton fosfor och 2382 ton kväve mot i genomsnitt 133 respektive 2965 ton årligen under åren 2008-2017.

Utsläppta mängder av fosfor och kväve från de tre stora avloppsreningsverken (Bromma, Henriksdal och Käppala) var högre än normalt under 2018, 52 respektive 1802 ton, mot i genomsnitt 34 respektive 1790 ton under föregående tioårsperiod (2008-2017). Den totala mängden syreförbrukande ämnen var också hög, och uppgick till 4832 ton, mot i genomsnitt 3221 ton under föregående tioårsperiod. Av detta bestod 4042 ton av oxiderbart kväve.

Under 2018 var salthaltsskiktningen stark under våren samtidigt som huvuddelen av årets utflöde av Mälarvatten ägde rum. När Mälarflödet under sommaren och hösten var som lägst var istället temperaturskiktningen stark. Sammantaget innebar detta att uppsträngning av renat avloppsvatten till ytan nära avloppsreningsverkens utsläpp motverkades under större delen av året. Högst halter av ammonium vid ytan uppmättes i november och december i samband med höstomblandningen.

Under 2018 följde syrehalterna i innerskärgården generellt den normala variationen över större delen av året, med högst halter under våren och lägst halter innan omblandningen under hösten. Under våren var syrehalten dock relativt låg en bit ner i vattenmassan i innerskärgården, vilket troligen beror på hög syreförbrukning i avloppsreningsverkens utgående vatten. Lägst syrehalter uppmättes under hela året generellt i bottenvattnet, med högre halter i ytvattnet, vilket är det normala. I Lännerstasundets bottenvatten var syrenivåerna, likt tidigare år, låga med förekomst av svavelväte vid de flesta provtagningstillfällena under året. Vid Blomskär i Stora Värtan brukar också svavelväte normalt observeras, men under 2018 gjordes ingen sådan observation. I övrigt noterades inget svavelväte vid lokalerna i innerskärgården.

Totalfosforhalterna i innerskärgården följde under 2018 tidigare års variationer, dock med något förhöjda halter under perioden oktober-december, framförallt i vattnet närmast ytan.

Totalkvävehalterna följde också tidigare års variationsmönster relativt väl, med högst halter en bit ner i vattenmassan närmast avloppsreningsverkens utlopp.

Halterna av oorganisk fosfor (fosfatfosfor) och kväve (ammoniumkväve och nitrit+nitratkväve) avvek inte heller anmärkningsvärt från det normala variationsmönstret under året, jämfört med föregående tioårsperiod. Halten organisk fosfor var dock något förhöjd nära ytan under november och december. I större delen av innerskärgården var ytvattnets innehåll av oorganisk fosfor i princip uttömt mellan maj och september, vilket var en relativt lång period, jämfört med föregående år.

I mars, augusti och november 2018 uppmättes mycket höga bakterietal vid Slussen, vilket är en tydlig indikator på avloppsvattenspåverkan. Mycket höga bakterietal uppmättes också i november och december vid Blockhusudden, i november vid Halvkakssundet, och i oktober och november i Hammarby sjö. I övrigt var dock vattnet i innerskärgården, mätt med badvattenkvalitetsmått, tjänligt (bakterietal <100/100 ml) eller tjänligt med anmärkning (bakterietal 100-1000/100 ml) under hela året. Gränsen för otjänligt badvatten (bakterietal >1000/100 ml) överskreds inte vid någon annan lokal i skärgården.

Klorofyllinnehållet i innerskärgården minskade efter införandet av kväverening i början på 1990-talet och har därefter visat ganska små variationer. Variationen under 2018 liknade tidigare år. Siktdjup brukar ofta sättas i samband med klorofyll, och årets mätningar visar för flera lokaler en viss korrelation. Siktdjupet har under de senaste åren varierat relativt lite i innerskärgården. Under 2018 låg medel av uppmätt siktdjup i innerskärgården på mellan 3,3 och 4,4 meter.

Växtplanktonsammansättningen indikerar att den ekologiska statusen är måttlig i sju av åtta av de provtagna områdena, baserad på klorofyll *a* och biovolym under åren 2016-2018. Vid Blockhusudden indikerar dock växtplankton på otillfredsställande status. Vid tre stationer kan antydning till negativ trend noteras. Farstaviken uppvisar en möjlig svag negativ trend, och vid NV Eknö sker en försämring för varje år som går, dock ingen skillnad i statusklassning. Mest noterbart är dock statusklassningen för Blockhusudden där en försämring kunde noteras 2017, något som fortsatt även 2018. Generellt sett syntes fram till 2016 en förbättring av statusen i innerskärgården, men under 2017 och 2018 verkar den trenden ha vänt eller stannat upp.

Mitt i skärgården, vid Koviksudde, har även djurplankton provtagits sedan 2015. Resultaten under 2018 visade att hoppkräftor är den mest förekommande djurplanktongruppen under året.

Bottenfaunasammansättningen brukar undersökas vartannat år vid ett antal lokaler i skärgården. Provstationerna i Stockholms innerskärgård uppvisade under 2018 dålig till god ekologisk status (enligt bedömningsgrunden BQI_m) som sammanslaget visar en tendens till uppåtgående trend sedan år 2014. Det finns en tydlig skillnad mellan den inre och yttre innerskärgården. Den yttre innerskärgården uppvisar generellt fler taxa med fler störningskänsliga arter och bättre status.

Bakgrund och historia

I den här rapporten utvärderas resultatet av undersökningar som utförts under 2018 i Stockholms skärgård. Fokus ligger på skärgården som recipient för de tre stora avloppsreningsverken som Stockholm Vatten och Avfall och Käppalaförbundet driver. Sedan 1968 sammanställs årligen de undersökningar som utförts under det gångna året i skärgården i en skriftlig rapport.

I mitten av 1800-talet var vattnet i och runt Stockholm smutsigt, och rent vatten var periodvis en bristvara. Det första vattenverket som producerade dricksvatten invigdes 1861 vid Skanstull, med Årstaviken som källa. Avloppshanteringen var dock eftersatt i många år till. År 1868 infördes rättsliga bestämmelser om vattenföroreningar, med syfte att få ordning på de problem med avlopp och avfall som fanns i rikets städer. På 1870-talet byggdes ett fåtal avloppstrummor, som ledde avloppsvattnet rakt ut i Strömmen, Riddarfjärden och Klara sjö. Någon rening av vattnet var dock inte planerad vid det laget. Det behövdes dock inte mer än ett luktsinne för att inse att recipienterna, det vill säga de sjöar och vattendrag som fick ta emot avloppsvattnet, var kraftigt förorenade. Runt sekelskiftet kallades exempelvis Riddarfjärden för "Lortfjärden" av stadens invånare. Vattnet runt Stockholm förorenades allt mer, men inte förrän 1934 invigdes Stockholms första avloppsreningsverk, Åkeshovs avloppsreningsverk. Några år senare, år 1941, invigdes också Henriksdals avloppsreningsverk. Åkeshovsanläggningen kom senare att tillsammans med den senare tillkomna Nockebyanläggningen att kallas Bromma avloppsreningsverk. Käppala avloppsreningsverk invigdes först år 1969. Utloppen från Henriksdal och Käppala har alltid legat i Saltsjön, medan utloppet från Bromma avloppsreningsverk var beläget i Mälaren fram till slutet av 1980-talet. År 1989 kunde dock den nybyggda Saltsjötunneln börja användas, vilket innebar att utloppet från Bromma avloppsreningsverk flyttades från Mälaren till Saltsjön.

Recipientundersökningar i skärgården påbörjades så tidigt som år 1874, och redan åren 1909-1911 utfördes systematiska undersökningar av Stockholms kommun. Denna rapportserie har dock sitt ursprung i Österbygdens vattendomstols deldomar den 25 januari 1963 och 5 april 1966 i ansökningsmålet 74/1957 (aktbilagorna 485 s.2572 och 672 s.3324), i vilka Stockholms kommun ålades att undersöka vattenbeskaffenheten i Stockholms skärgård.

Från och med 2015 års recipientkontroll har provtagningsprogrammet reviderats, vilket har inneburit att några provlokaler har fallit bort, till förmån för en tidsmässigt mer täckande provtagning, med fler prover tagna under vintertid. Recipientkontrollen från och med 2015 har dock i stort följt det program som upprättades 1982 och, som innan den senaste revideringen, har reviderats 1985, 1986, 1989, 1991, 1999, 2004 och 2006. Provtagningarna utförs enligt överenskommelse mellan Stockholm Vatten och Avfall, Käppalaförbundet och Roslagsvatten AB samt Nacka, Vaxholms och Värmdö kommuner.

Provtagningen 2018

2018 års undersökningar omfattade fysikalisk-kemiska parametrar, klorofyll *a*, bakterier, växtplankton, djurplankton, och bottenfauna. I bilaga A finns en beskrivning av de fysikalisk-kemiska parametrar som har provtagits. Där finns också beskrivet positioner, djup och frekvens för provtagningen, samt provtagnings- och bestämningsmetodik. Detaljer om provtagningen av växtplankton och djurplankton finns i bilaga B, och i bilaga C finns detaljer om provtagningen av bottenfauna.

På kartan i bild 1 är provtagningslokalernas positioner markerade. I det samordnade recipientkontrollprogrammet ingår månadsvisa snittprovtagningar (röda punkter) och en veckovis ytvattenprovtagning vid Centralbron (grön punkt). Därutöver provtas även extrapunkterna Askrikefjärden, som lagts till av Stockholm Vatten och Avfall, och Hammarby Sjö, som ingår i den allmänna miljöövervakningen i Stockholm (blåa punkter).

I redovisningen ingår även sex lokaler som inte tillhör det samordnade recipientkontrollprogrammet – fem lokaler i den södra delen av skärgården som provtas på uppdrag av Nacka och Värmdö kommuner, samt en lokal i innerskärgården som provtas på uppdrag av Österåkers kommun och Roslagsvatten AB (orangea punkter).

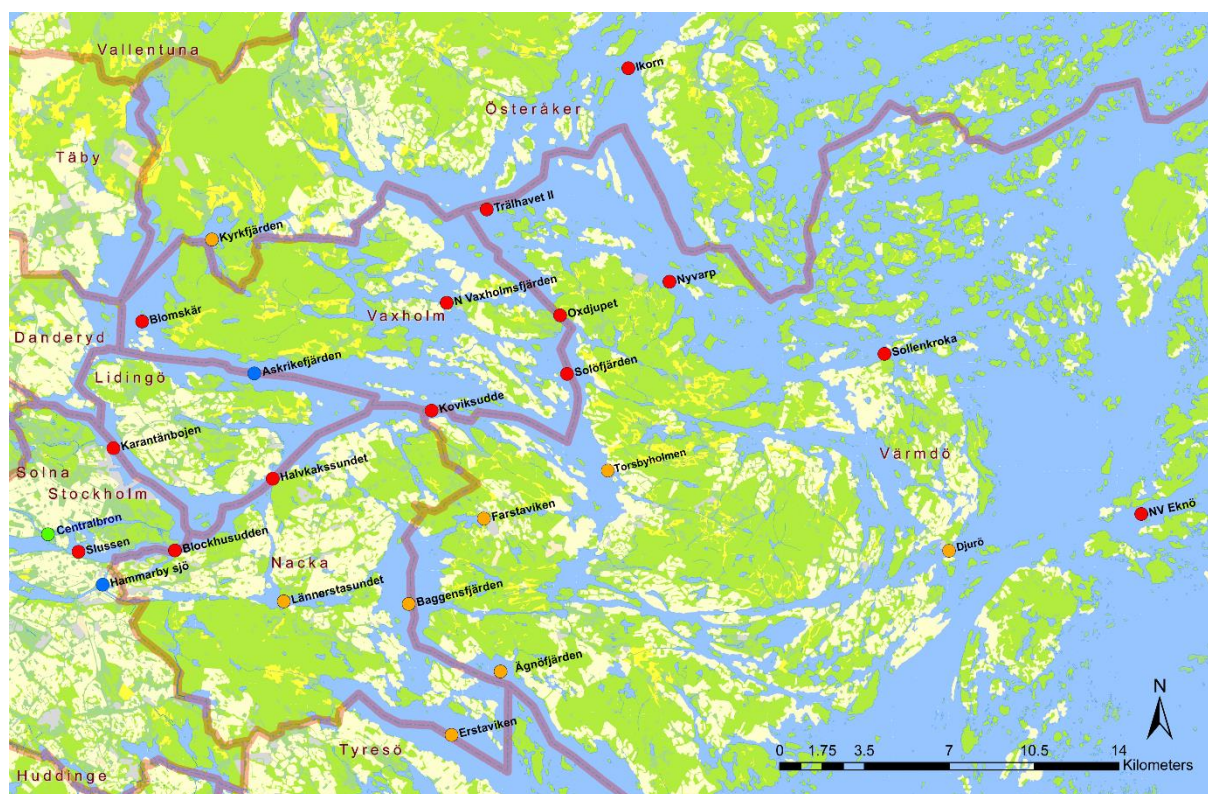


Bild 1. Provtagningslokaler i Stockholms skärgård 2018.

Allmänna uppgifter om förhållandena under året

Vädersituationen

Vädersituationen styr många processer och förutsättningar för biologisk aktivitet i både luft och vatten. Dessutom påverkar den, utöver normala vattenflöden i naturen, även de flöden som sker genom avloppsledningar och avloppsreningsverk. Vid utvärderingar av exempelvis skärgårdsvattnet som recipient för renat avloppsvatten är det därför viktigt att också ha koll på vädersituationen.

I Sverige var 2018 ett extremt väderår med en lång varm sommar, med mycket sol och torka, och många skogsbränder. Endast februari och mars var kallare än normalt, och sommaren som började redan i maj höll i sig ända till slutet av september, med en generellt liten mängd nederbörd.

Globalt sett nådde genomsnittstemperaturen under 2018 den fjärde högsta noterade medeltemperaturen i jordens moderna historia, det vill säga under perioden 1880-2018, enligt statistik från amerikanska klimat- och miljöorganet NOAA. Enligt NOAA var dessutom 2016 det varmaste året, 2015 det näst varmaste året, och 2017 det tredje varmaste året. De sju varmaste åren globalt hittills har alla inträffat efter 2010. I Sverige var det också varmt under 2018. I Stockholm var årsmedeltemperaturen 8,8 °C under 2018 (Figur 1A), vilket tangerar rekordåret 2014, som var det varmaste sedan regelbundna lufttemperaturmätningar i Stockholm började 1756. Under 2018 hade alla månader utom februari och mars i Stockholm högre temperaturer än normalperioden 1961-90 (Tabell 1 & Figur 1A). Under framförallt maj och juli var temperaturerna betydligt högre än det normala i Stockholm.

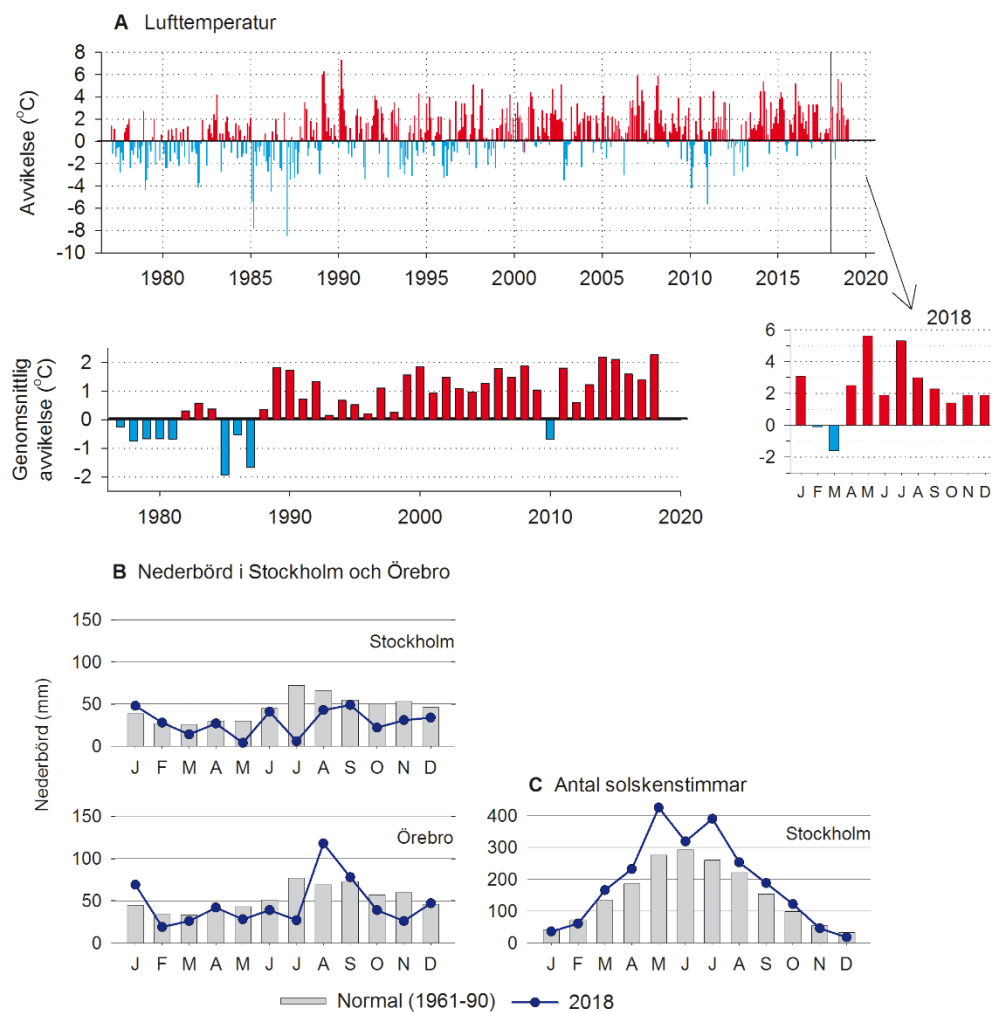
Årsnederbörden i Stockholm var under 2018 rejält mycket lägre än det normala med 347 mm mot 539 mm under normalperioden 1961-90 (Figur 1B). De nederbördsrikaste månaderna i Stockholm var januari och september, då nederbörden var nära det normala. Under maj, juli, oktober och november var nederbörden i Stockholm långt under det normala. I Örebro, i den västra delen av Mälarens avrinningsområde, var årsnederbörden 558 mm, jämfört med normalvärdet 625 mm (Figur 1B). Nederbörden är vanligen större längre västerut. Störst nederbörd under året i Örebro föll under augusti, men det var inte tillräckligt för att fylla upp Mälaren med nytt vatten till en önskad nivå, då de föregående månaderna hade haft betydligt mycket mindre nederbörd än normalt.

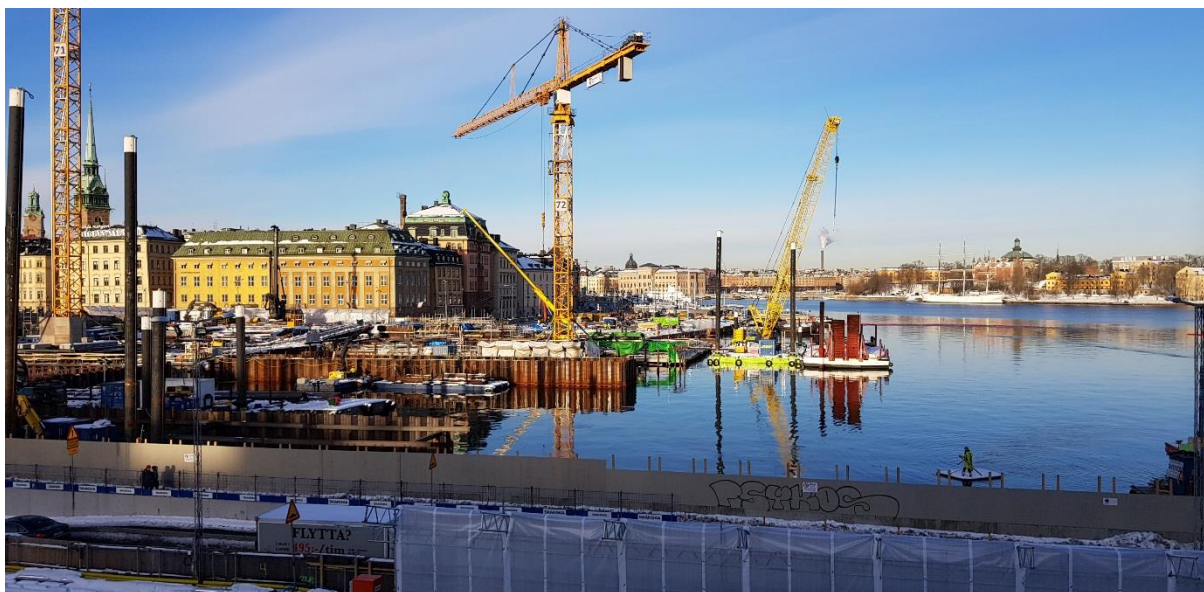
Under 2018 var det rekordsoligt i Stockholm, med 2256 solskenstimmar mot det normala 1821 timmar (Figur 1C). Tidigare rekord inträffade år 1959 med 2193 soltimmar, utifrån observationer som startade 1908. Under månaderna mars till oktober 2018 var det fler soltimmar än normalt. Under januari, februari, november och december var antalet soltimmar nära det normala.

Tabell 1. Meteorologiska uppgifter från SMHI för Stockholm och Örebro.

Månad	Lufttemperatur Stockholm		Nederbörd (mm) Stockholm		Nederbörd (mm) Örebro		Solskenstimmar Stockholm	
	2018	Normal	2018	Normal	2018	Normal	2018	Normal
Januari	0,2	-2,9	48	39	69	45	36	40
Februari	-3,2	-3,1	28	27	19	34	61	72
Mars	-1,6	0,0	14	26	26	33	166	135
April	7,1	4,6	27	30	42	38	232	185
Maj	16,1	10,5	4	30	28	43	425	276
Juni	17,3	15,4	41	45	39	51	319	292
Juli	22,5	17,2	6	72	27	77	390	260
Augusti	19,3	16,3	43	66	118	69	253	221
September	14,3	12,0	49	55	78	73	188	154
Oktober	8,7	7,3	22	50	39	57	122	99
November	4,5	2,6	31	53	26	60	46	54
December	0,8	-1,1	34	46	47	46	18	33

Normalvärden avser perioden 1961-90.

**Figur 1.** Temperatur, nederbörd och solskenstimmar (Källa: SMHI). **(A)** Lufttemperaturen i Stockholm, månadsvärden och genomsnittlig avvikelse under året, 1977-2018, **(B)** Nederbörd i Stockholm och Örebro 1961-90 och 2018, **(C)** Antal solskenstimmar i Stockholm 1961-90 och 2018.



Ombyggnad av Slussen år 2018. Foto: Joakim Lücke.

Vattennivåer i Saltsjön och Mälaren

Medelvattenståndet i Saltsjön var under 2018 det lägsta sedan 2014, 3,40 m mot 3,39 m under 2014 i Mälarens höjdsystem (meter över Karl Johan-slussens tröskel; Figur 3A).

Medelvattenståndet var också lägre än medelnivån för åren 1990-2017, 3,50 m.

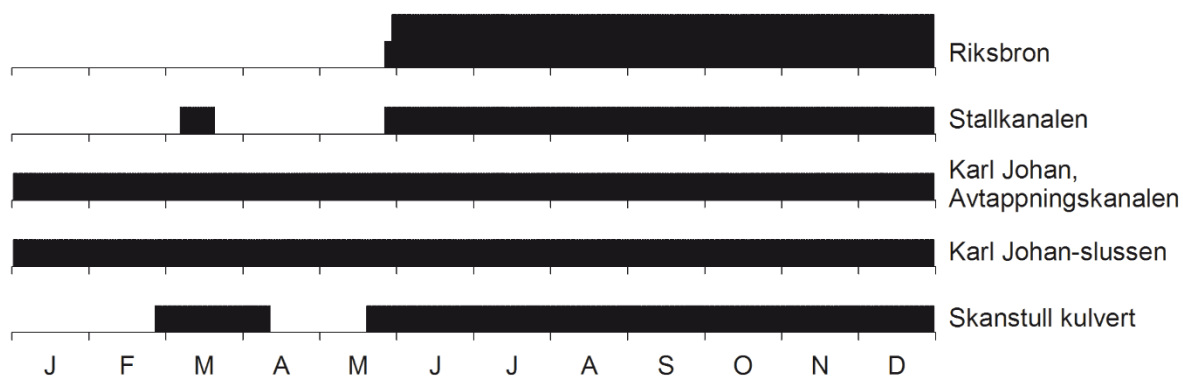
Vattenståndet i årets inledning var normalt, men sjönk kontinuerligt under februari för att i mitten av mars nå årets lägsta nivå. Från mitten av maj till slutet av juni var det ett avbrott i vattenstandsregistreringen, men när mätningarna återupptogs var vattenståndet nära det normala. Det fortsatte med nära normala nivåer, med en tillfällig ökning till över det normala i oktober, och en tillfällig minskning till under det normala i november. Förändringen av vattenståndet i Saltsjön från en dag till en annan uppgick i snitt för året till 3 cm, vilket var under snittet för åren 1990-2017, 5 cm. Den största förändringen från ett dygn till ett annat inträffade under 2018 i början av januari med en nivåskillnad på 17 cm.

Årsmedelvärdet för Mälarens vattenstånd 2018 var 4,10 m i Mälarens höjdsystem. Detta var lägre än medelvärdet 1990-2017, 4,17 m. Det var också det lägsta medelvattenståndet på flera år, och i nederkant av det intervall som eftersträvas med Mälarens reglering, det vill säga en vattennivå mellan 4,10 och 4,20 m (Figur 3B). Vattenståndet under året var generellt relativt varierande. Inledningsvis var vattenståndet över det normala, men i mars var vattenståndet tillfälligt långt under det normala. I april, maj och juni var vattenstånden närmare det normala, men sedan sjönk nivåerna, och från juli var nivåerna långt under det normala, vilket höll i sig resten av året. Årets högsta nivå uppmättes i början av januari, 4,46 m, och årets lägsta nivå uppmättes i slutet av oktober, 3,84 m.

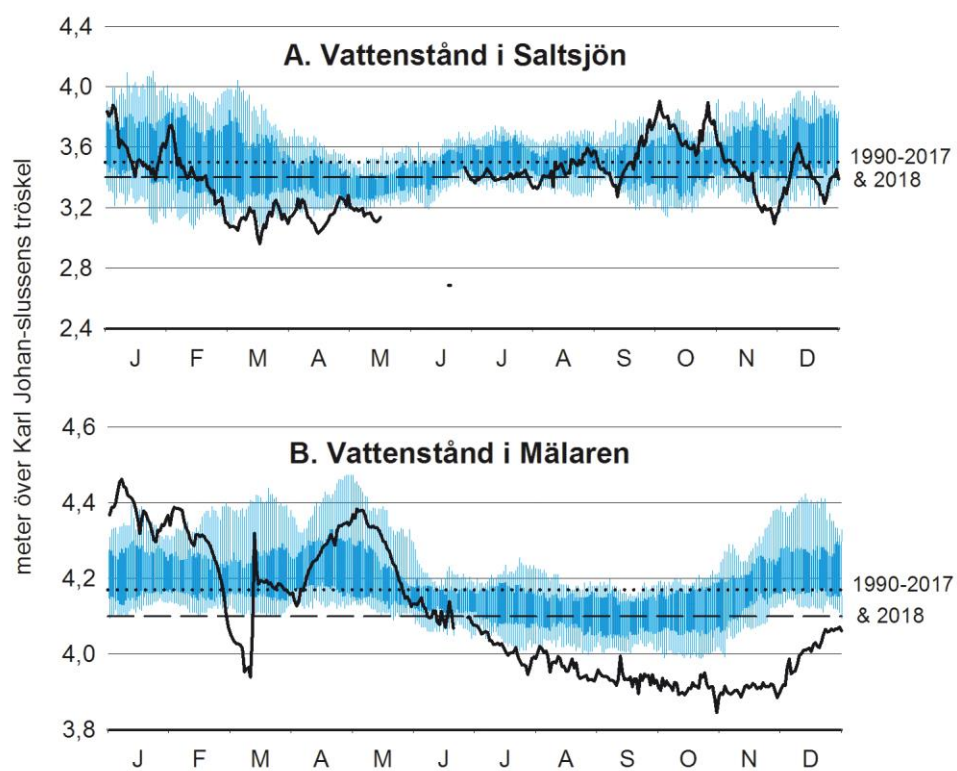
Högre vattenstånd i Saltsjön än i Mälaren är nuförtiden ovanligt, beroende både på landhöjningen och på regleringen av Mälaren, och det inträffade senast 1993. I framtiden kan dock nya problem uppstå i och med att de pågående klimatförändringarna medför att havet stiger snabbare än landhöjningen i Stockholmsområdet. 2018 var medelnivåskillnaden mellan Saltsjön och Mälaren 70 cm, vilket var större än medelvärdet för åren 1990-2017, 68 cm. Den minsta skillnaden mellan Saltsjön och Mälaren inträffade i slutet av oktober och var endast 2 cm, och detta sammanföll med Mälarens lägsta vattenstånd för året.

Regleringen av Mälaren sker enligt fastställda vattendomar, och sköts av Stockholms Hamnar på uppdrag av Stockholms stad. Den nuvarande vattendomen är från 1989, men när nya Slussen är färdigbyggd kommer regleringen av Mälaren att ske enligt en ny vattendom. När vattenståndet är lägre än 4,10 meter är alla dammluckor och övriga tappställen i Södertälje och Stockholm stängda. När vattennivån överstiger 4,10 meter öppnas dammluckan vid Riksbron. Därefter öppnas i normalfall i följande ordning: Stallkanalsluckan, luckan i avtappningskanalen vid Karl Johans torg och sist luckan i Karl Johan-slussen. Om vattenståndet är högre än 4,60 meter över slusströskeln, påbörjas även avtappning vid slussarna i Hammarby och Södertälje.

Från början av året till slutet av maj 2018 var utskoven vid Riksbron öppna, och kunde släppa förbi Mälurvatten ut till Saltsjön (Figur 2). Under samma period var även Stallkanalen öppen, med undantag för ett par veckor i mitten av mars, då kanalen var stängd. Ett litet flöde upprätthålls dock alltid även över stängd lucka för att hindra ansamling av skräp i Stallkanalen. Även Skanstulls kulvert var öppen under en längre period i januari-februari, samt från mitten av april till mitten av maj. I övrigt var samtliga utskov stängda under resten av året.



Figur 2. Mälarens utskov 2018. Mörka staplar visar när utskoven var stängda, Riksbron även delvis stängd (kortare staplar).



Figur 3. Vattenståndet i (A) Saltsjön och (B) Mälaren 2018 (svart linje) och 1990-2017 (25-75 percentiler samt 10 och 90 percentiler).



Stockholm, med Djurgårdsbrunnsviken i förgrunden och Mälaren i bakgrunden. Foto: Guillaume Baviere.

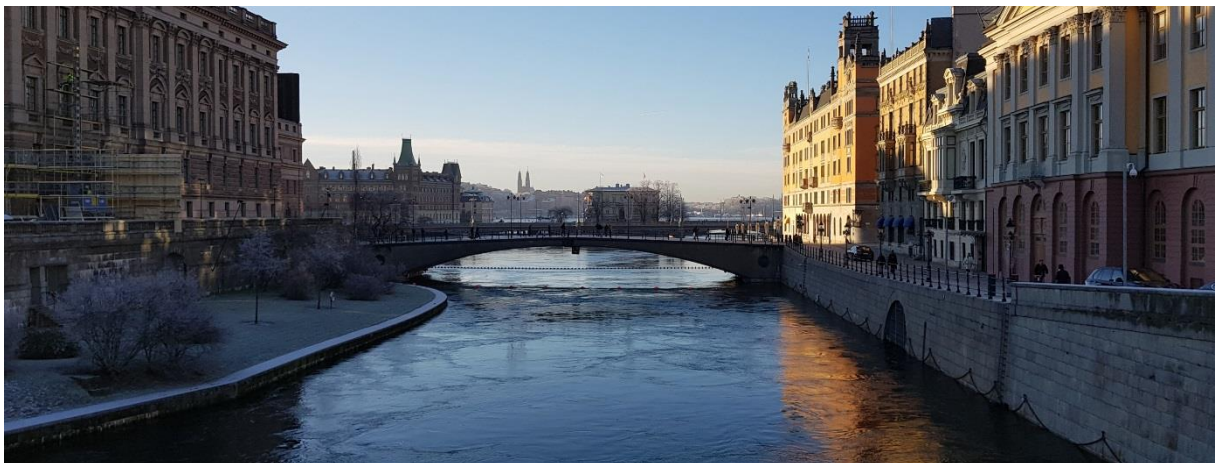
Utflödet från Mälaren

Under 2018 var utflödet från Mälaren 4520 Mm³, vilket var högre än året innan, men lägre än medelflödet för föregående tioårsperiod (Figur 4A). Sett under en längre tidsperiod, så har utflödet ökat med åren, med ett genomsnitt på 4841 Mm³ för åren 1968-2018. Flödet under 2018 var nära det snittet. Flödena under årets första fem månader var genomgående mycket höga, med ett toppflöde under januari på 1117 Mm³ (Figur 4B och C). I juni var flödena nästan obefintliga, och det höll i sig under resten av året, med ett högsta månadsflöde på 16 Mm³ i juni (Figur 4B och D). Den snörika vintern 2017-2018 innebar stora flöden från vårens smältvatten, men från och med maj var nederbörden mycket sparsam, vilket också medverkade till ett mycket litet flöde ut ur Mälaren.

Mälarens belastning på Saltsjön

Halterna av fosfor och kväve i Mälarens utflöde har mer än halverats sedan början av 1970-talet, till stor del på grund av förbättrad avloppsrening. Fosforhalterna har sjunkit från 80 till mellan 20-30 µg/L och kvävehalterna från 1,2 till ca 0,6 mg/L (Figur 5A och Tabell 2). De uppmätta halterna av fosfor och kväve under 2018 var normala i Mälarens utflödande vatten och då flödet var något lägre än den senaste tioårsperiodens genomsnitt, resulterade detta även i att de uttransporterade mängderna var något mindre – 122 ton fosfor och 2382 ton kväve mot i genomsnitt 133 respektive 2965 ton årligen under åren 2008-2017 (Figur 5B och Tabell 3). Dock var de uttransporterade mängderna under 2018 betydligt större än året innan, då 84 ton fosfor och 1556 ton kväve passerade Mälarens utflöde. Mängden vatten i utflödet ur Mälaren var under 2017 dock även det lägsta på många år.

Innehållet av oorganisk fosfor (fosfatfosfor) och kväve (ammoniumkväve och nitrit+nitratkväve) i Mälarens utflöde följde under 2018 i stort den normala variationen under året (Tabell 2). Vårens högsta halt av oorganisk fosfor uppmättes under februari och mars till 22,7 µg/L. Oorganisk fosfor, som är det främsta begränsande näringsämnet i Mälaren, var nära förbrukat av primärproducenterna redan i maj, och halterna började stiga till högre nivåer först i oktober. I december nåddes sedan höstens högsta halt av oorganisk fosfor, 19,5 µg/L. Halten av oorganiskt kväve var aldrig någon begränsande faktor för primärproduktionen, eftersom den, till skillnad från oorganisk fosfor, stannade på högre nivå under 2018 års vegetationsperiod (maj-september). Årets lägsta halt uppmättes dock under september med 10 µg/L oorganiskt kväve.



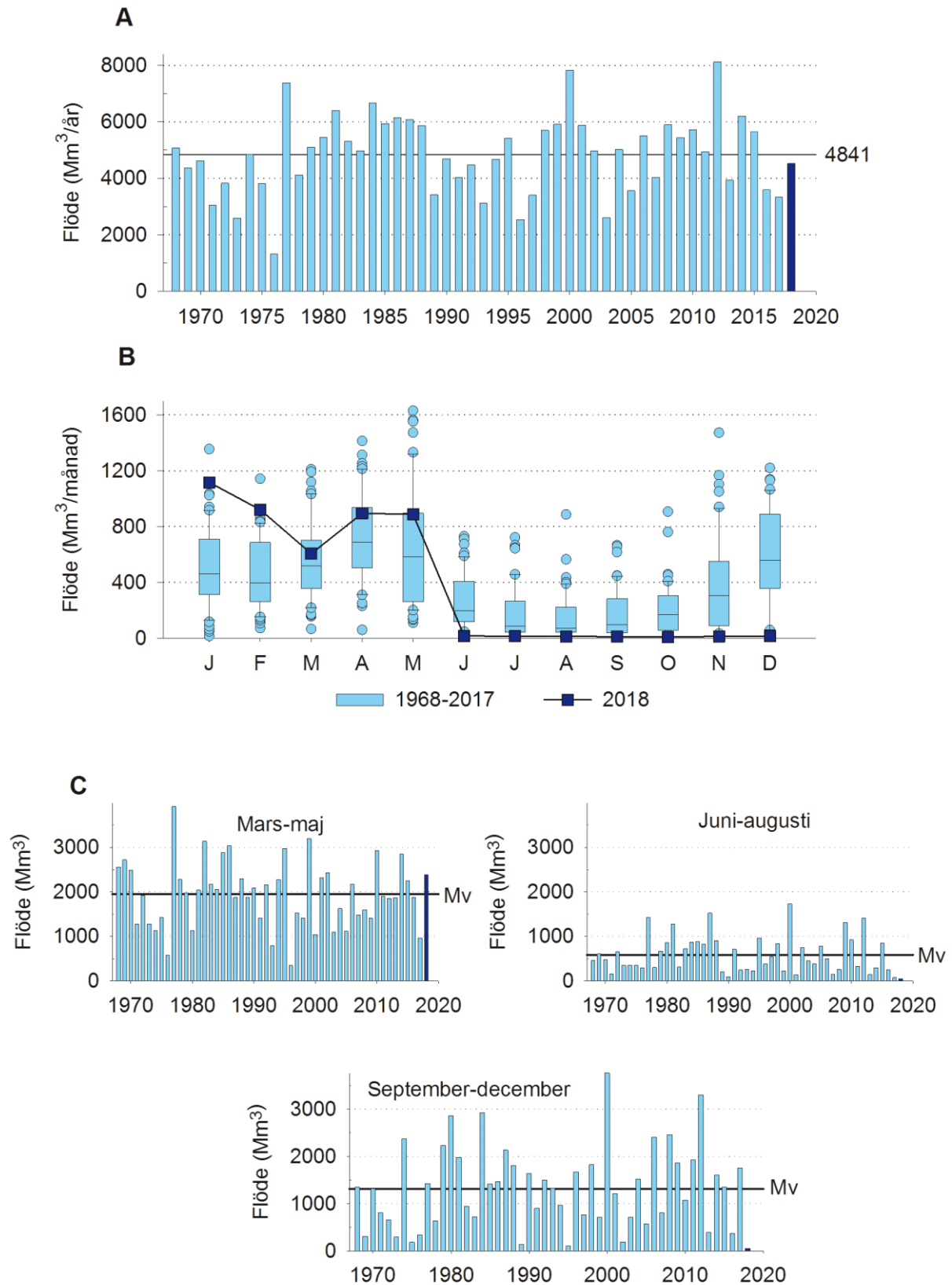
Norrström och Riksbro. Foto: Joakim Lücke

Tabell 2. Avrinningen vid Stockholm från Mälaren vid Centralbron 2018, samt flödesvägda halter av totalfosfor (Tot-P), fosfatfosfor (DIP), totalkväve (Tot-N) och oorganiskt kväve (DIN, summan nitrit+nitratkväve + ammoniumkväve).

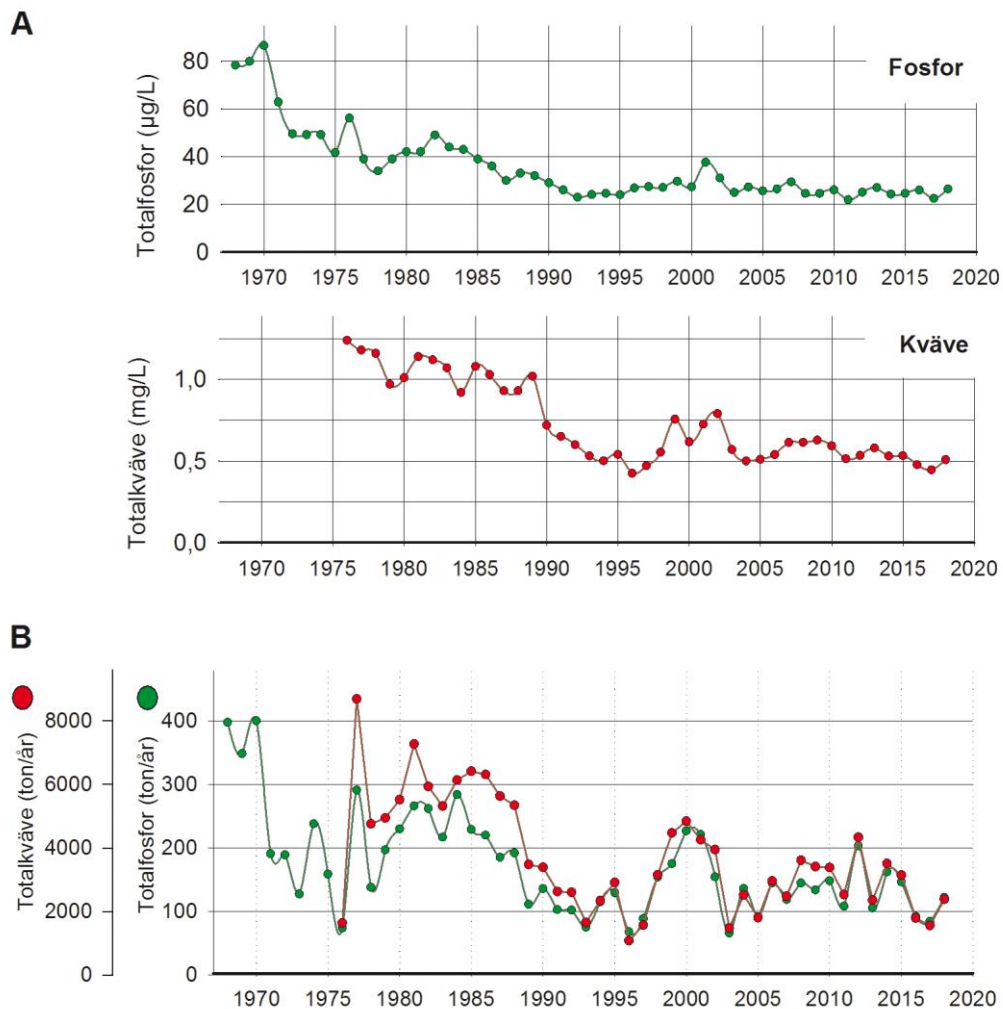
Månad	Flöde Mm ³ /månad	Flöde Mm ³ /dag	Flöden m ³ /s	Tot-P µg/L	DIP µg/L	Tot-N mg/L	DIN µg/L
Januari	1117	36,0	417	26	18,8	0,44	138
Februari	921	32,9	381	30	22,7	0,57	192
Mars	606	19,6	226	35	22,7	0,59	212
April	895	29,8	345	27	7,2	0,53	140
Maj	888	28,7	332	20	1,4	0,53	70
Juni	16	0,5	6	48	3,5	1,41	51
Juli	15	0,5	5	13	0,9	0,39	14
Augusti	13	0,4	5	22	1,8	0,53	13
September	12	0,4	5	22	3,3	0,43	10
Oktober	9	0,3	3	43	13,5	0,60	65
November	13	0,4	5	31	18,0	0,48	138
December	15	0,5	5	35	21,8	0,56	224
Året	4520	12,5	145	29	11,3	0,59	106

Tabell 3. Uttransport av fosfor och kväve från Mälaren år 2018 (ton) samt kvoten kväve:fosfor.

Månad	Fosfor		Kväve			Kvot N:P	
	Tot-P	PO ₄ -P	Tot-N	NH ₄ -N	NO ₂₊₃ -N	Total	Oorg
Januari	28,9	21,0	489	4,9	149,3	17	7
Februari	27,6	20,9	528	6,2	171,0	19	8
Mars	21,2	13,7	358	4,6	124,0	17	9
April	24,3	6,4	474	4,7	120,5	20	20
Maj	17,3	1,2	471	8,5	53,9	27	52
Juni	0,8	0,1	23	0,5	0,3	30	15
Juli	0,2	0,0	6	0,1	0,1	30	15
Augusti	0,3	0,0	7	0,1	0,1	24	7
September	0,3	0,0	5	0,1	0,1	20	3
Oktober	0,4	0,1	5	0,3	0,3	14	5
November	0,4	0,2	6	0,5	1,4	16	8
December	0,5	0,3	8	0,2	3,1	16	10
Året	122	64	2382	31	624	20	10



Figur 4. Mälarens utflöde 1968-2018. **(A)** Årliga volymer och medelvärde 1968-2018, **(B)** Månatliga flöden, **(C)** Flödena i perioderna mars-maj, juni-augusti och september-december.



Figur 5. (A) Koncentrationer av totalfosfor och totalkväve i Mälarens utflöde vid Centralbron (januari 2005—april 2007 vid Riksbron), flödesvägda årsmedelvärden 1968 – 2018 resp. 1976 - 2018, **(B)** Totalfosfor och totalkväve, uttransporterade mängder med Mälarens utflöde, ton/år.



Henrikdals avloppsreningsverks skorsten sticker upp bakom husen på Danviksklippan. Foto: Joakim Lücke.

Avloppsreningsverkens belastning på Saltsjön

Enligt villkoren för Käppala och för det samlade utsläppet från Stockholm Vatten och Avfalls avloppsreningsverk, Bromma och Henrikdal, får halten av fosfor och kväve i det renade avloppsvattnet vara högst 0,3 respektive 10 mg/L. Fosforhalten i Stockholm Vatten och Avfalls utsläpp har länge legat långt under gränsvärdet. Det flödesrika året 2012 var fosforhalten den högsta sedan mitten av 1990-talet, 0,20 mg/L, och 2013 hade halten åter minskat något, till ca 0,17 mg/L. Därefter har halten fortsatt att ligga på ungefär samma nivå. Fosforhalterna i Käppalas utsläpp under 2018 låg på 0,16 mg/L, vilket var tydligt under gränsvärdet, men Stockholm Vatten och Avfalls utsläpp låg betydligt högre. Utsläppen från Brommas avloppsreningsverk hade en fosforhalt på 0,1 mg/L, men Henrikdals avloppsreningsverk hade en fosforhalt på 0,4 mg/L. Sammanvägt innebär det att Stockholm Vatten och Avfalls fosforhalt hamnade precis på gränsvärdet, 0,3 mg/L. Anledningen till de höga fosforhalterna är bland annat att reningen på Henrikdal har fungerat sämre än normalt under 2018, framförallt i april. Dessutom har detta sammanfallit med andra tillfälliga problem i reningsverket som också har bidragit till högre fosforutsläpp – detaljerna kring detta är rapporterat till tillsynsmyndigheten.

Kvävehalterna brukar vanligen ligga nära gränsvärdet och 2018 var inget undantag. Kvävehalterna från Stockholm Vatten och Avfall låg på 9,6 mg/L och från Käppala 8,2 mg/L (Figur 6).

Ammoniumkvävehalten får inte överstiga 3 mg/L under perioden juli-oktober. Halten överskreds inte i 2018 års utsläpp, och medelvärde för perioden var för Stockholm Vatten och Avfall samma som för året innan, omkring 2,1 mg/L. Käppalas utgående vatten under perioden hade också samma ammoniumhalt som året innan, 0,5 mg/L.

BOD₇ är ett mått på hur mycket biologiskt nedbrytbar substans det finns i vattnet. Alla tre verken har ett gränsvärde för BOD₇ som ligger över de verkliga halterna, vilka i snitt var låga under 2018, 4,7 mg/L för Bromma och Henrikdal, och 2,2 mg/L för Käppala. Dessa halter var något högre än året innan, men gränsvärdet, 8 mg/L, underskreds ändå med god marginal.

Det totala utsläppet av syreförbrukande ämnen under året var dock avsevärt större eftersom syreförbrukningen till största delen, ca 84 %, orsakas av oxiderbart kväve (Kjeldahl-kväve, eller totalkväve minus nitratkväve).

Utsläppta mängder av fosfor och kväve från de tre stora avloppsreningsverken (Bromma, Henriksdal och Käppala) var högre än normalt under 2018, 52 respektive 1802 ton, mot i genomsnitt 34 respektive 1790 ton under föregående tioårsperiod (2008-2017; Tabell 4 och Figur 7A). Den totala mängden syreförbrukande ämnen var också hög, och uppgick till 4832 ton, mot i genomsnitt 3221 ton under föregående tioårsperiod (Tabell 5 och Figur 7B). Av detta bestod 4042 ton av oxiderbart kväve.

Ungefär 23 % av fosfor och 88 % av kvävet i det renade avloppsvattnet utgörs av oorganiska, för växter och plankton direkt tillgängliga, fraktioner – det vill säga fosfatfosfor respektive nitrit+nitratkväve och ammoniumkväve (Tabell 4 och Figur 8). Utsläppta mängder av fosfatfosfor nådde under 2018 sin lägsta nivå på flera år. När kvävereningen infördes i mitten av 1990-talet minskade utsläppen av bunden fosfor kraftigt, från Bromma och Henriksdal från ca 25 till 9 ton/år, medan minskningen av fosfatfosfor var mindre, från ca 15 till 8 ton/år. De senaste nio åren har dock mängden bunden fosfor som släppts ut legat på över 10 ton årligen. Under 2018 bidrog driftproblemen på Henriksdals avloppsreningsverk till att mer än 30 ton bunden fosfor släpptes ut från verket. Kväve har, jämfört med fosfor, visat det motsatta förhållandet efter kvävereningen – bundet kväve påverkades inte av den förbättrade reningen, nitrit+nitratkväve bara obetydligt, och minskningen av de utsläppta mängderna beror huvudsakligen på lägre halter av ammoniumkväve (Figur 8 och 9). De sammanlagda årliga utsläppen av ammoniumkväve har minskat från ca 2500 ton 1989-95 till ca 350 ton efter 2001, och nitrit+nitratkväve har samtidigt minskat från 1160 till ca 1120 ton (Figur 9). Under 2018 var dock utsläppen av ammoniumkväve signifikant större, 662 ton. Utsläppen av nitrit+nitratkväve och fosfatfosfor var samtidigt de minsta på flera år, 919 ton respektive 12,0 ton (7,3 ton exklusive Käppala).

Saltsjöns vatten belastas av kväve och fosfor från både avloppsreningsverken och Mälaren. I figur 10 illustreras andelen fosfor och kväve som kommer från respektive källa. De huvudsakliga källorna för både totalmängder och oorganiska fraktioner av fosfor är källor som mynnar i Mälaren. Beträffande kväve, är den huvudsakliga källan för totalmängder också kopplade till Mälaren, medan oorganiska fraktioner av kväve huvudsakligen har avloppsreningsverken som källa. För ammoniumkväve har mer än 90 % sin källa i avloppsreningsverken.

De mindre avloppsreningsverkens andel av belastningen på skärgården har, jämfört med året innan, minskat något beträffande utsläppen av BOD₇ och fosfor, och utsläppen av kväve ligger kvar på samma andel (Tabell 6). Ser man till de totala mängderna, så har BOD₇ och kväve dock ökat, jämfört med året innan, medan fosformängderna ligger kvar på samma nivå. Utsläppen från de fyra mindre reningsverken Margretelund i Åkersberga, Blynäs i Vaxholm, samt Djurhamn och Telegrafholmen i Värmdö kommun uppgick under 2018 till sammanlagt 27 ton BOD₇, 0,9 ton fosfor och 74 ton kväve, vilket motsvarade ungefär 3, 2 respektive 4 % av de stora reningsverkens utsläpp (Tabell 6).

Tabell 4. Volym utgående avloppsvatten (Mm³) och utsläpp av fosfor och kväve (ton) från reningsverken Henriksdal, Bromma och Käppala år 2018. De två sista kolumnerna visar andelen oorganiskt kväve (ammoniumkväve + nitrit+nitratkväve) av totalkväve och andelen fosfatfosfor av totalfosfor.

Månad	Flöde	Tot-N	NH ₄ -N	NO ₂ + NO ₃ -N		N-oorg	Tot-P	PO ₄ -P	Lättillgänglig andel	
									N %	P %
Januari	19,7	184	65	98	162	3,19	0,99	0,99	88	31
Februari	19,2	203	121	60	180	5,66	1,70	1,70	89	30
Mars	20,2	233	101	100	201	5,30	0,90	0,90	86	17
April	17,2	200	93	83	176	9,65	0,70	0,70	88	7
Maj	18,1	163	46	92	138	5,30	1,84	1,84	84	35
Juni	13,2	106	30	67	98	2,56	0,78	0,78	92	30
Juli	11,1	80	12	59	71	1,49	0,73	0,73	89	49
Augusti	16,1	137	31	89	119	2,31	1,05	1,05	87	45
September	13,6	118	27	74	101	2,41	0,91	0,91	85	38
Oktober	13,5	104	31	55	86	3,66	0,74	0,74	83	20
November	18,4	144	65	66	132	7,97	0,96	0,96	91	12
December	15,5	130	40	76	116	2,70	0,74	0,74	90	28
Året	196	1802	662	919	1580	52,2	12,0	12,0	88	23

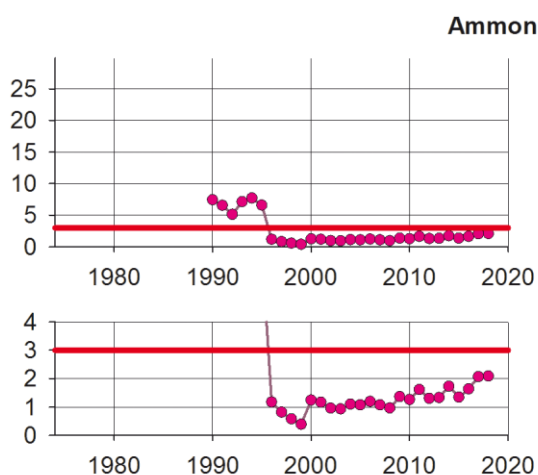
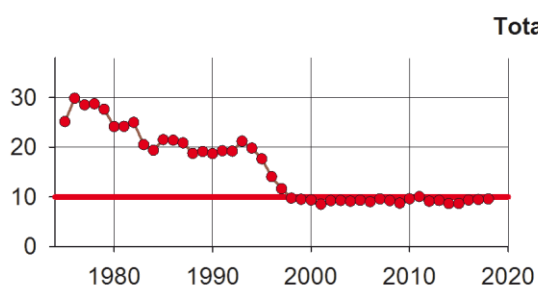
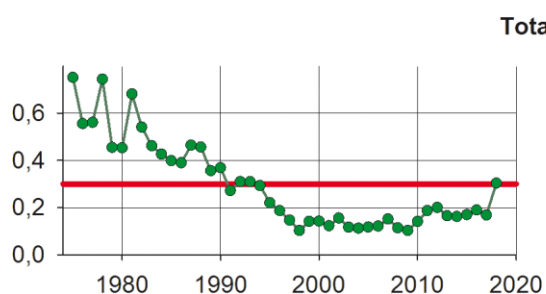
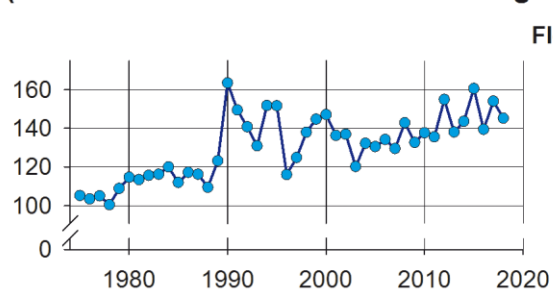
Tabell 5. Utsläpp av syreförbrukande ämnen (ton/månad) från reningsverken Henriksdal, Bromma och Käppala år 2018 - syreförbrukande ämnen mätta som BOD₇ med ATU-tillsats, utsläpp och syreförbrukning av nitrifierbara kväveföreningar (totalkväve – nitrit+nitrat-kväve), den summerade syreförbrukningen samt syreförbrukningen orsakad av BOD₇ som procent av den summerade förbrukningen.

Månad	Nitrifierbara			Summa syreför- brukning	Varav BOD 7 %
	kväveföreningar		Syreför- brukning		
	BOD 7	Utsläpp			
Januari	59	87	396	455	13
Februari	135	143	655	789	17
Mars	107	133	607	714	15
April	147	117	534	681	22
Maj	51	71	325	376	14
Juni	25	39	176	202	13
Juli	26	21	96	123	21
Augusti	43	48	221	264	16
September	38	45	204	241	16
Oktober	24	49	226	250	10
November	100	78	357	457	22
December	34	54	245	279	12
Året	790	884	4042	4832	16

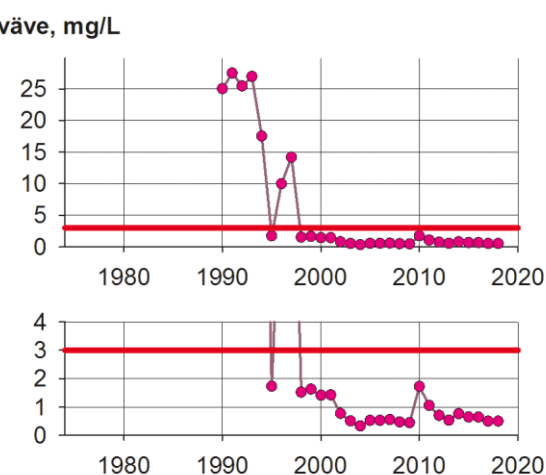
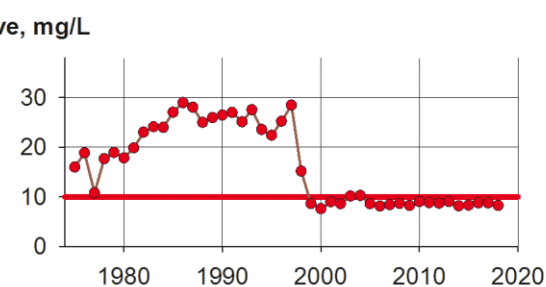
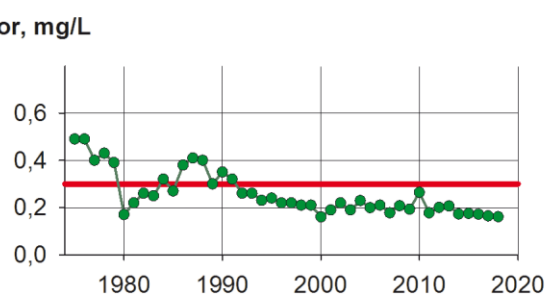
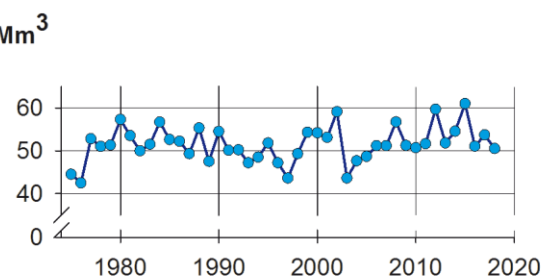
Tabell 6. Utsläpp år 2018 av BOD₇, totalfosfor och totalkväve (ton) från mindre kommunala avloppsreningsverk till de centrala delarna av Stockholms skärgård.

Verk	BOD ₇	Tot-P	Tot-N
Blynäs	2,4	0,2	28,2
Margretelund	23,2	0,6	41,8
Djurhamn	0,7	0,02	3,0
Telegrafholmen	0,3	0,03	0,9
Summa	27	0,9	74

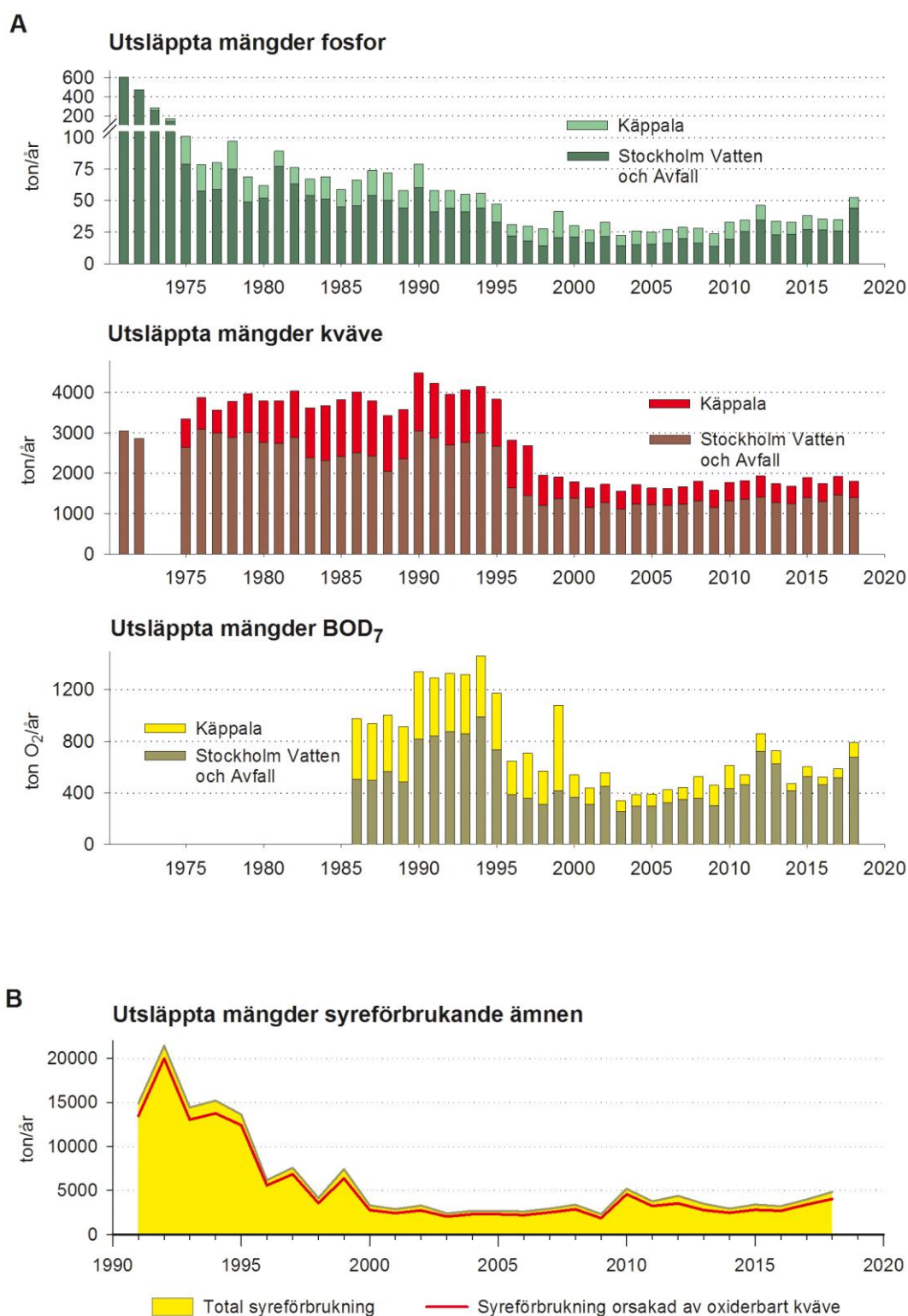
Stockholm Vatten och Avfall (Henriksdal och Bromma sammanvägda)



Käppala



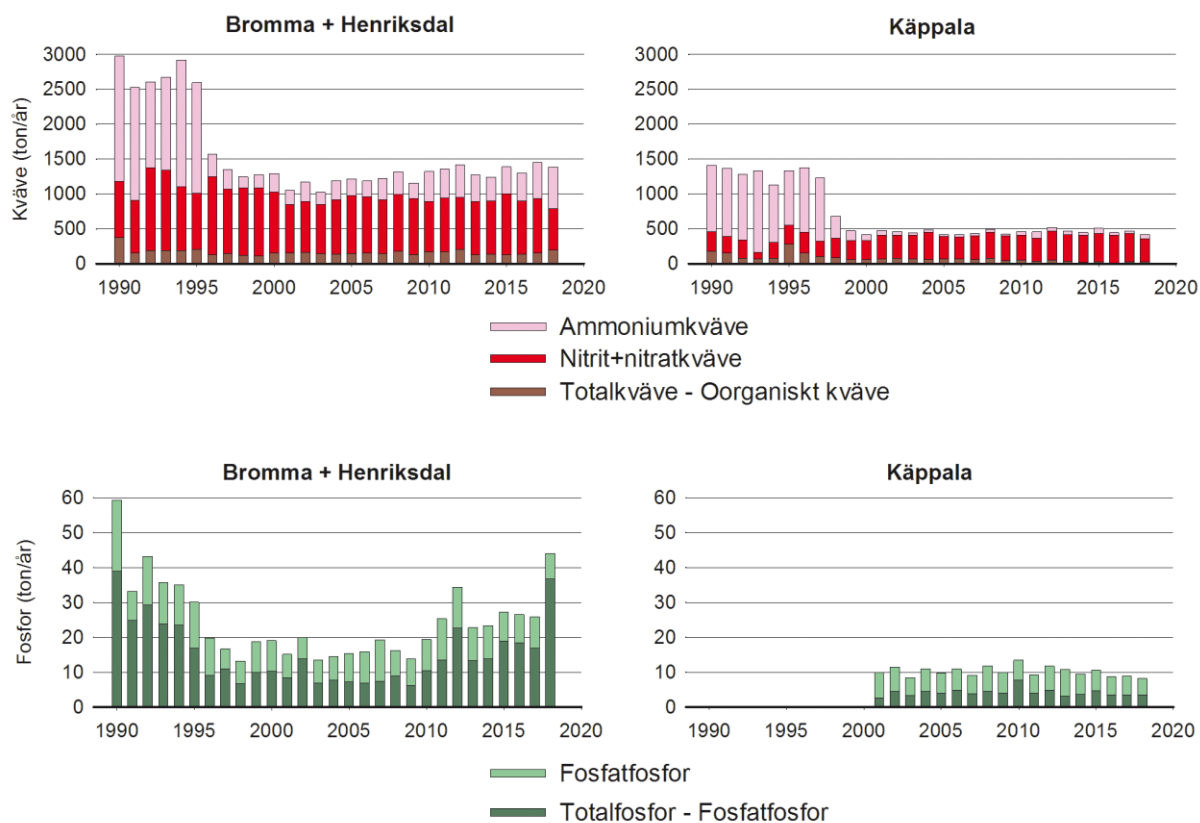
Figur 6. Flöden och flödesvägda halter i det utgående vattnet från reningsverken till skärgården 1975-2018. De tjocka, horisontella linjerna anger gränsvärden för totalfosfor, totalkväve samt ammoniumkväve (ammoniumkväve har haltgränsvärde endast för perioden juli-oktober).



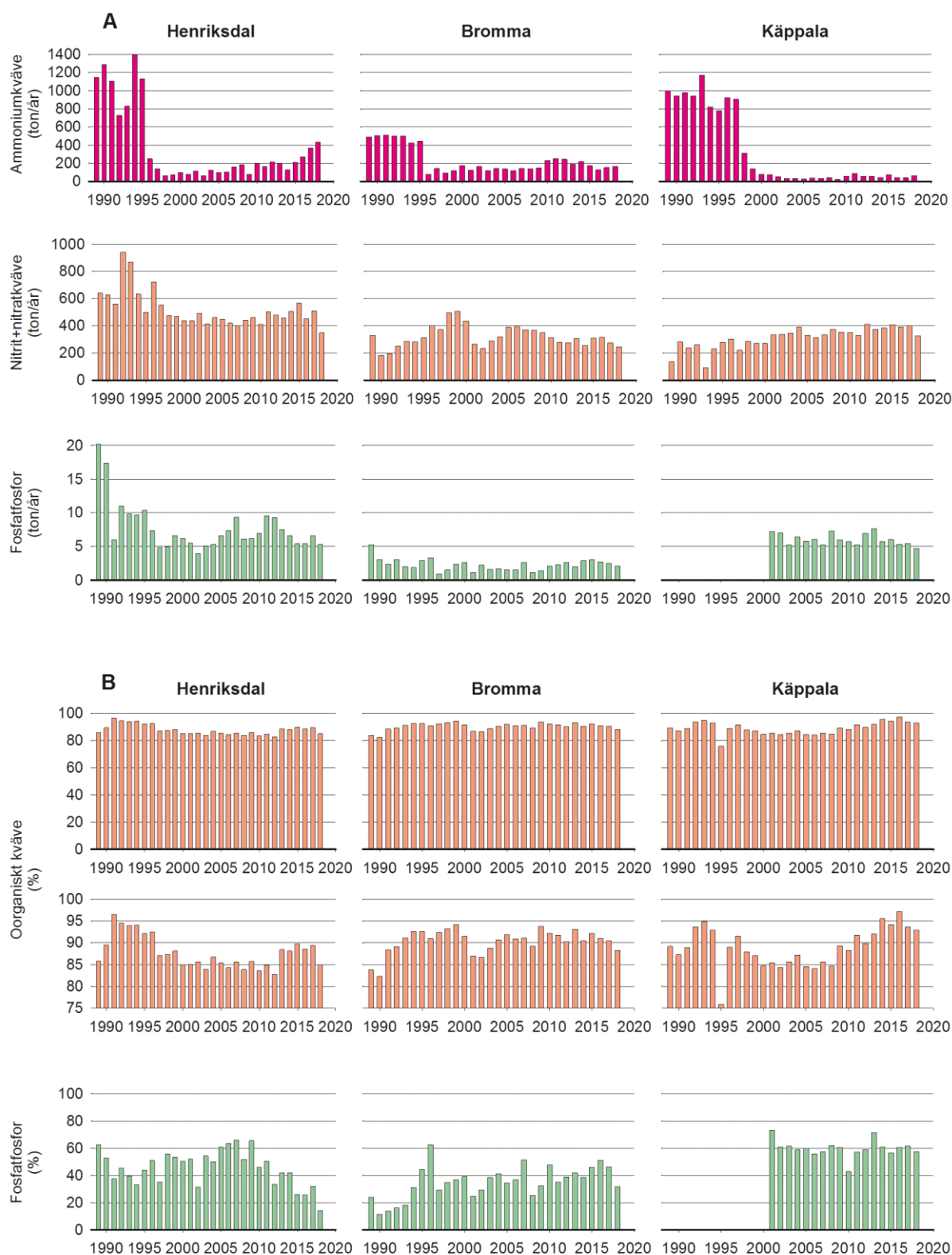
Figur 7. (A) Utsläppta mängder fosfor, kväve och syreförbrukande ämnen, ton/år, från Stockholm Vatten och Avfalls och Käppalas avloppsreningsverk 1971 (1986) – 2018. Kvävevärden saknas eller är ofullständiga före 1975. BOD-mätningar med ATU-tillsats finns endast fr.o.m. 1986. **(B)** Utsläppta mängder av syreförbrukande ämnen från Stockholm Vatten och Avfalls avloppsreningsverk och Käppala 1991-2018; total syreförbrukning och syreförbrukning orsakad av oxiderbart kväve.



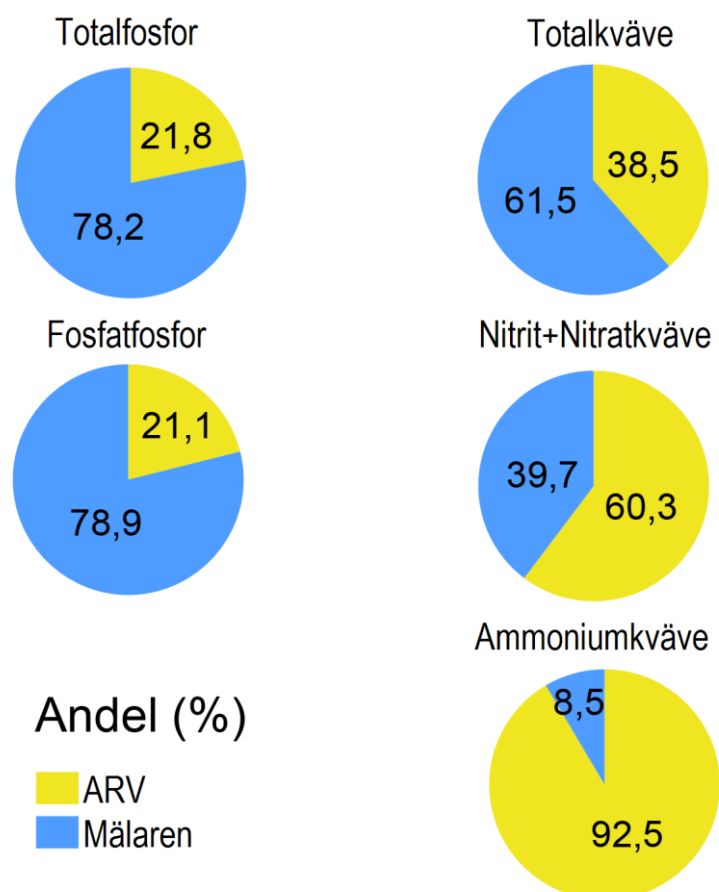
Blockhusuddens fyr, som år 1912 blev världens första fyr utrustad med solventil, vilken tände och släckte gasljuset automatiskt beroende på det omgivande ljuset. År 1980 blev fyren elektrifierad. Foto: Joakim Lücke.



Figur 8. Utsläpp av kväve och fosfor, ton/år, oorganiska fraktioner (ammoniumkväve, nitrit+nitratkväve och fosfatfosfor) samt totalhalter minus oorganiska fraktioner.



Figur 9. (A) Avloppsreningsverkens utsläpp av ammoniumkväve, nitrit+nitratkväve och fosfatfosfor, ton/år 1989-2018, **(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.



Figur 10. Belastning på Saltsjön av totalfosfor, fosfatfosfor, totalkväve, nitrit+nitratkväve och ammoniumkväve från avloppsreningsverken (Henriksdal, Bromma och Käppala; gul) och Mälaren (blå), illustrerat som andel av utflödande mängder, utifrån medelvärden för åren 2009-2018.

Tillståndet i skärgården

Hur är livet i skärgården?

Vatten är en livsviktig resurs, och avsaknaden av vatten med bra kvalitet kan vara en utlösande faktor för krissituationer. Kvaliteten på vattnet är något som påverkar både djur och människor. I Sverige har vi, med ett globalt perspektiv, en god tillgång på vatten med bra kvalitet, men hur bra kvalitet är det egentligen på vattnet vi har i Stockholms skärgård?

För att kunna bedöma om vattenkvaliteten i skärgården, eller i sjöar och vattendrag, är bra, dålig, eller någonstans däremellan finns så kallade bedömningsgrunder.

Bedömningsgrunderna är olika typ av mått som baseras på provtagningsresultat av vattenkemiska eller biologiska parametrar, såsom växtplankton eller bottenfauna. Dessa bedömningsgrunder ger inte den kompletta bilden av hur ett vatten mår, men det kan ge en bra indikation på hur det faktiskt står till.

Mellan 2011 och 2016 indikerar exempelvis växtplankton på en positiv trend av uppåtgående status i innerskärgården. 2015 passerades till och med gränsen mellan otillfredställande och måttlig ekologisk status. År 2017 bröts dock den uppåtgående trenden. Vid Blockhusudden indikerade växtplankton under 2017 och 2018 dessutom på en kraftig återgång till otillfredställande ekologisk status, vilket tyder på att en försämring av innerskärgårdsvattnet har skett de senaste åren. Anledningen till detta är oklar utan ytterligare undersökningar. Ute vid NV Eknö i ytterskärgården har växtplankton indikerat måttlig ekologisk status varje år sedan 2013, men för varje år har samtidigt en nedåtgående trend kunnat observeras. Även om 2018 års mätningar också indikerar måttlig status, så är den fortsatt nedåtgående trenden oroväckande. En fortsatt nedåtgående trend kan innebära att gränsen mellan måttlig och otillfredställande ekologisk status snart kommer att passeras.

Bottenfauna provtogs under 2016 och 2018, och resultaten påvisar, i motsats till resultaten för växtplankton, att en förbättring har skett de senaste åren i både innerskärgården och mellanskärgården, utanför Oxdjupet. Orsaken till att bottenfauna och växtplankton påvisar olika trender kan delvis förklaras av att störningståligen arter såsom havsborstmasken har etablerat sig nere på botten. Detta kan ha lett till en bättre status just där. Samtidigt som bottenarna har förbättrats kan exempelvis tillfälliga utsläpp ha skett i vattenmassan som framförallt påverkar organismer med kortare livscykel, såsom plankton. Ett utsläpp skulle kunna gynna störningståligen planktonarter, vilket då kan leda till oönskade algblomningar, som i sin tur är en indikation på en sämre status.

Ser man till de vattenkemiska mätningarna som har utförts under många år i skärgården, så kan man konstatera att det hela tiden blir bättre och bättre. För att fortsätta den trenden måste dock fortsatta åtgärder genomföras för att minska inverkan av de faktorer som påverkar vattnet negativt. Innerskärgården är oftast mer påverkad än ytterskärgården av exempelvis industriell verksamhet och urbana områden. Halterna av olika ämnen som kan kopplas ihop med negativ påverkan på vattenkvalitet är oftast högre i innerskärgården än i ytterskärgården. Det innebär generellt att ytterskärgårdens vatten mår bättre än innerskärgårdens.

För att minska utsläppen av skadliga eller negativt påverkande ämnen sker från flera håll ett kontinuerligt förbättringsarbete med varierande ambitionsnivå i olika delar av skärgården. Åtgärder kan exempelvis handla om att bygga tömningsstationer för båtlatrin eller att bygga bort bräddar. Även arbete av mer administrativ karaktär är viktigt, såsom att ta fram handlingsplaner för att förbättra vattenmiljön. Detta innebär att vattenkvaliteten kan skilja sig mycket åt mellan olika vikar och bassänger. Gamla synder som fastlagts i bottnarna kan också ligga kvar och läcka ut om dessa inte åtgärdas. Nyare synder, såsom exempelvis mikroplaster, saknas det ofta kunskap om. Dock är det viktigt att så tidigt som möjligt undersöka tänkbara parametrar som kan ställa till problem i miljön. För just mikroplaster har det gjorts flera undersökningar som försöker reda ut tillstånd och möjlighet till förbättringar. Stockholm Vatten och Avfall har exempelvis varit involverad i ett projekt lett av Örebro universitet, som haft till syfte att ge en tydligare uppfattning om mängden mikroplaster i bland annat Mälaren. Resultaten av studien visar att det förekommer mikroplaster av varierat slag både i ytvattnet och på djupet. Utöver detta har Stockholm Vatten och Avfall tillsammans med flera andra förvaltningar inom Stockholms stad tagit fram en handlingsplan för att minska spridningen av mikroplaster i Stockholmsområdet.

Det är inte helt lätt att svara entydigt på huruvida vattnet i Stockholms skärgård är bra eller dåligt. Trendkurvor indikerar både förbättrad och försämrad kvalitet. Skärgården är komplex, och består av många olika gradienter. Denna rapport fokuserar huvudsakligen på nuläget, och det som uppmättes under 2018. Om det är av intresse att få svar på vilken statusklass en specifik vik eller fjärd har, så kan årsrapporten från Svealands kustvattenvårdsförbund rekommenderas (se www.svealandskusten.se). Rapporten kompletterar denna rapport med aktuella klassningar av ekologisk status för vattnet längs med Svealandskusten.



Saltsjön, med Stadsgården på Södermalm till vänster och Gröna Lund på Djurgården till höger. Foto: Joakim Lücke.



Saltsjön, Djurgården och Kaknästornet i fjärran. Foto: Joakim Lücke.

Gradienter ger skärgården liv

Skärgården varierar på många sätt, och det finns flera gradienter som sträcker sig exempelvis geografiskt eller djupledes. Salthalt och vattentemperatur är exempel på parametrar som varierar tydligt. Salthalten är ofta högre i ytterskärgården än i mellan- och innerskärgården. Dessutom är salthalten normalt högst nere vid botten, eftersom salt vatten är tyngre än sött vatten. Under sommarhalvåret är vattentemperaturen också oftast högre vid ytan än vid botten.

Vattentemperaturmätningarna görs på plats i fält med termistor, en slags elektronisk termometer. Ytvattnets temperatur är under ett normalår högst under sommaren. De uppmätta vattentemperaturerna under 2018 följde samma variation som ett normalår (Figur 11 och 12). Temperaturerna under 2018 var generellt dock högre än året innan. De högsta vattentemperaturerna under 2018 uppmättes i juli och augusti (Figur 11 och 12). Årets högsta vattentemperatur, 27,0 °C, uppmättes 31 juli i den trösklade viken Kyrkfjärden i norra delen av skärgården, vilket var långt över de normala temperaturnivåerna. Luftens medeltemperatur i juli var också den högsta sedan lufttemperaturer började mätas i Stockholm, 22,4 °C. I den södra delen av skärgården, i Farstaviken och Baggensfjärden, uppmättes också de högsta vattentemperaturerna i juli, 23,5 respektive 23,4 °C. I mellanskärgården uppmättes den högsta ytvattentemperaturen vid Ikorn 30 juli, 22,9 °C. Den högsta vattentemperaturen längs med segelleden, mellan Slussen och NV Eknö, uppmättes samma dag i Trälhavet, 22,3 °C (Figur 12).

Bottenvattnets temperatur är normalt lägst under våren, och ökar kontinuerligt under sommaren, för att nå de högsta temperaturerna under hösten (Figur 12 och 13). Årets högsta temperaturer i bottenvattnet, 15,1 °C, uppmättes på 24 m djup i Norra Vaxholmsfjärden 30 augusti. På samma plats uppmättes också den största temperaturskillnaden i bottenvattnet under året, där det på 24 m djup var en skillnad på 11,9 °C mellan temperaturen i maj, 3,2 °C, och augusti, 15,1 °C. Temperaturerna i skärgårdens bottenvatten var under större delen av 2018 nära det normala, trots höga temperaturer i ytvattnet och luften.

Saliniteten, det vill säga vattnets salthalt, beräknades utifrån konduktiviteten mätt på laboratorium i Lidköping. Vattnet i oceanerna har i genomsnitt en salthalt på 35 psu (practical salinity unit, vilket är det samma som promille) med en variation som brukar ligga mellan 33 och 38 psu, medan sötvatten såsom Mälaren har en salthalt under 1–2 psu. Utöver det så betecknas vatten med en salthalt under 30 psu som brackvatten. Östersjön är ett av världens största brackvattenhav, och i Egentliga Östersjön varierar salthalten mellan 2 och 3 psu i ytvattnet till 20 psu i bottenvattnet innanför trösklarna. I Stockholms skärgård uppmättes under 2018 lägst salinitet i Hammarby sjö med 0,11 psu i ytvattnet i maj och vid Slussen med 0,25 psu i ytvattnet i februari (Figur 11, 14 och 15). Högst salinitet uppmättes vid NV Eknö med 7,35 psu och 7,29 psu i bottenvattnet i oktober respektive juli. Saliniteten i bottenvattnet är normalt relativt konstant under året, och den uppmätta saliniteten under 2018 följde mönstret för den föregående tioårsperioden relativt väl vid samtliga lokaler. Dock var salthalten i vattenmassan något förhöjd i hela vattenmassan i innerskärgården under november och december.

De södra delarna av skärgården påverkas inte på samma sätt av Mälarens varierande flöden, och där var saliniteten också generellt högre. Under 2018 uppmättes de lägsta halterna i Lännerstasundet med 1,05 psu i ytvattnet i april och de högsta halterna i Erstavikens bottenvatten med 6,81 psu i oktober (Figur 53).

Kallt vatten är i allmänhet tyngre än varmt vatten, och salt vatten är tyngre ju saltare det är. Salthalt och temperatur påverkar vattnets densitet, det vill säga vattnets täthet, eller massa per volymenhet. Vatten har högst densitet vid 4 °C. Bottenvattnet är generellt kallare och saltare än ytvattnet. Beroende på vattentemperaturen och vattnets salthalt så bildas olika skikt av vatten. Skiktning uppkommer eftersom vatten med olika temperatur eller salthalt har olika densitet.

Under 2018 var salthaltsskiktningen stark under våren samtidigt som huvuddelen av årets utflöde av Mälurvatten ägde rum. När Mälärflödet under sommaren och hösten var som lägst var istället temperaturskiktningen stark (Figur 12, 14 och 16). Sammantaget innebar detta att uppträngning av renat avloppsvatten till ytan nära avloppsreningsverkens utsläpp motverkades under större delen av året. Högst halter av ammonium vid ytan uppmättes i november och december i samband med höstomblandningen (Figur 28).

Innerskärgårdens djupvatten påverkas till stor del av en inåtgående ström av tungt salt vatten som tränger in från ytterskärgården via framförallt Oxdjupet. Saltvatteninträngningen innebär, förutom saltare vatten vid botten, att syre har möjlighet att transporteras in från ytterskärgården, vilket är positivt för det annars relativt syrefattiga bottenvattnet. Dock har ibland syret i bottenvattnet förbrukats redan i ytterskärgården. Det vatten som då transporteras in via Oxdjupet är då inte bara syrefattigt, utan även näringsrikt. Detta kan bidra negativt till innerskärgårdens vatten vid exempelvis höstomblandningen, då näring från bottenvattnet kan tränga upp till ytan och bidra till kraftiga algblomningar. Det vatten som transporterades in med den inåtgående strömmen var under större delen av 2018 relativt salt, vilket kan ha sin förklaring i att vattnet i Trälhavet också var relativt salt högt upp i vattenmassan (Figur 17). Under vårmånaderna februari-mars kunde ett inflöde av salt bottenvatten till Trälhavet observeras. Det vatten som tog sig in över Oxdjupets tröskel

lagrades generellt in på en något djupare nivå än ursprungsdjupet i Trälhavet. Under årets andra halva var den ytliga strömmen utåt från innerskärgården svag, på grund av ett minimalt drivande flöde ut ur Mälaren. Dock syntes i mätningarna att ett saltare vatten i större mängd rörde sig från mellanskärgården över Oxdjupets tröskeln till innerskärgården. Syrehalten i det inströmmande bottenvattnet var dock så pass hög att det aldrig resulterade i någon syrebrist i innerskärgården.



Saltsjön och Gamla stan. Foto: Joakim Lücke.

Syrets betydelse för liv

En kontinuerlig tillgång på syre är livsnödvändig för de flesta organismer. Bristen på syre, särskilt i bottenvattnet, skapar stora problem för ekosystemen i många av världens havsområden. Syrebrist kan uppkomma när det sker en tillförsel av näringsämnen från exempelvis avloppsvatten, jordbruksmark, industrier eller fordonstrafik. De näringsämnena som släpps ut förbrukar delvis syret som finns i vattnet, vilket därmed kan leda till syrebrist. När syre inte finns i tillräckligt stor utsträckning för det organiska material som ska brytas ned bildas svavelväte, vilket är giftigt för de flesta organismer. En av följderna av syrebrist är att bottenlevande organismer dör, vilket i sin tur innebär mindre tillgång på föda för exempelvis fisk. En annan följd är att näringsämnena kan frisättas från sedimenten till vattenmassan.

Vattnet i Stockholms innerskärgård är oftast i rörelse. Längs med botten rör sig, som tidigare nämnts, en inåtgående ström med saltare vatten som strömmar in från mellan- och ytterskärgården. Vid ytan finns normalt en utåtgående ström med sötare vatten, som ofta drivs av Mälarens utflöde. Mellan yt- och bottenströmmarna, på vanligtvis 10-20 meters djup, strömmar en utåtgående så kallad avloppsström, som drivs av det renade avloppsvattnet som släpps ut från Henriksdals, Brommas och Käppalas avloppsreningsverk. Förr har syrehalterna i avloppsströmmen varit relativt låga, jämfört med skärgårdsvattnet. Efter att kväverening infördes vid reningsverken under andra halvan av 1990-talet ökade dock syrehalten i avloppsströmmen, vilket tydligt kan ses på data från de inre lokalerna i skärgården.

Under 2018 följde syrehalterna i innerskärgården den normala variationen över större delen av året, med generellt högst halter under våren och lägst halter under hösten (Figur 18 och 19). Under våren var syrehalten dock relativt låg en bit ner i vattenmassan i innerskärgården, vilket troligen beror på hög syreförbrukning i avloppsreningsverkens utgående vatten. Efter höstomblandningen hade innerskärgårdens vattenmassa i december intagit en homogenitet som innebar relativt höga syrehalter i hela vattenmassan. Generellt uppmättes under året annars lägst syrehalter i bottenvattnet, och högre halter i ytvattnet. I de trösklade vikarna Kyrkfjärden och Farstaviken var syresituationen mycket dålig under hela 2018, med svavelväteförekomst under hela året (Figur 54). Även i Lännerstasundets bottenvatten var syrenivåerna låga, likt tidigare år, med riklig förekomst av svavelväte observerat under hela året. I övrigt noterades inget svavelväte vid lokalerna i skärgården. Vid Blomskär i Stora Värtan brukar normalt svavelväte observeras under hösten, men under 2018 kunde låga syrehalter observeras endast i augusti och september, vilket kan noteras som positivt. 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.

Det totala syreinnehållet i innerskärgården är normalt större i början av året innan syreförbrukande aktiviteter, såsom planktonblomningar, får fart under våren (Figur 20). Därefter minskar syreinnehållet kontinuerligt fram till hösten, då aktiviteterna börjar avta. Därefter ökar syreinnehållet igen. Förändringen av mängden syre sker i hela vattenmassan. I juni 2018 var det totala syreinnehållet i innerskärgården ca 16 500 ton, medan det två månader senare, i augusti, var nere i ca 13 100 ton, vilket var en minskning på ca 20 %.



Sandhamn i ytterskärgården. Foto: Guillaume Baviere.



Saltsjön och Djurgården. Foto: Joakim Lücke.

Näring får liv att växa

Utöver syre behöver djur och växter också näringsämnen för sin tillväxt. För mycket näring kan dock bidra till att syret i vattnet förbrukas i allt för hög grad, men lagom mycket näring i form av fosfor och kväve kan bidra till ökat liv och innehåll i vattenmassan. Algblomningar gynnas exempelvis av god tillgång på fosfor och kväve. Blomningar av alger förekommer dock regelbundet under normala förhållanden och kan därför inte automatiskt kopplas direkt till en miljöstörning. När det är obalans mellan förekomsten av fosfor och kväve kan det däremot leda till kraftiga algblomningar, vilket kan medföra problem av olika slag. I Stockholms skärgård är dock inte kraftiga geografiskt utbredda algblomningar speciellt vanliga.

Omkring år 1970 infördes kemisk och biologisk rening vid reningsverken, och i mitten av 1990-talet infördes dessutom kväverening. Reningsåtgärderna ledde till att vattenmiljön i innerskärgården snabbt förbättrades (Figur 21). Totalfosforhalten år 1970 i Blockhusuddens ytvatten låg exempelvis i snitt på ca 140 µg/L, medan medelhalten i samma lokal år 2018 låg på 42 µg/L, med en uppmätt halt vid ytan under året mellan 17 och 81 µg/L (Figur 22). Mycket av denna minskning berodde dock på överledningen av det renade avloppsvattnet från Bromma avloppsreningsverk. Innan 1988 släpptes vattnet ut i Mälaren, vilken i sin tur påverkar ytvattnet i Saltsjön. Numera leds vattnet ut på 30 meters djup i Saltsjön utanför Kastellholmen, vilket medför lägre fosfor- och kvävehalter vid ytan.

Totalfosforhalterna i innerskärgården följde under 2018 tidigare års variationer, dock med något förhöjda halter under perioden oktober-december, framförallt i vattnet närmast ytan (Figur 22 och 24). Totalkvävehalterna följde också tidigare års variationsmönster relativt väl, med högst halter en bit ner i vattenmassan närmast avloppsreningsverkens utlopp (Figur 27 och 30). Dock uppmättes vid ett flertal tillfällen utspritt över året förhöjda kvävehalter vid de innersta lokalerna Slussen och Blockhusudd, framförallt en bit ned i vattenmassan. Detta syntes framförallt i halterna av ammoniumkväve och totalkväve, vilket kan vara kopplat till tidvis högre utsläpp av kväve från reningsverken under året.

De högsta halterna av oorganisk fosfor (fosfatfosfor) och oorganisk kväve (ammoniumkväve och nitrit+nitratkväve) i innerskärgårdens ytvatten uppmättes i november och december vid Slussen och Blockhusudden (Figur 23, 25, 28, 29, 31 och 32). Detta kan troligen kopplas till sommarens och höstens minimala utflöden från Mälaren i kombination med höstomblandningen, vilket möjliggjort vatten från lägre nivåer att välla upp till ytan. I övrigt avvek inte oorganiskt fosfor anmärkningsvärt från det normala variationsmönstret under året, jämfört med föregående tioårsperiod. Halterna av framförallt ammoniumkväve och totalkväve var dock, som tidigare nämnts, förhöjda vid ett flertal tillfällen vid Slussen och Blockhusudden. I större delen av innerskärgården var ytvattnets innehåll av oorganisk fosfor i princip uttömt mellan maj och september, vilket var en relativt lång period, jämfört med föregående år. Fosfor är numera det främsta begränsande näringsämnet i skärgården. Innan fosforeringen infördes på 1970-talet var kväve istället det begränsande näringsämnet. 1990-talets införande av kväverening har inte ändrat tillbaka det förhållandet.

De högsta halterna av fosfor under året uppmättes under hösten i Farstavikens bottenvatten (Figur 55). I Lännerstasundet och den trösklade Kyrkfjärdens bottenvatten uppmättes generellt höga fosforhalter under hela året. Längs med segelleden uppmättes de årshögsta totalfosforhalterna i Slussens och Blockhusuddens bottenvatten i september. De lägsta halterna under året uppmättes i maj i Oxdjupets bottenvatten. Samtidigt var fosforhalterna låga en bit ned i vattenmassan i de utanför Oxdjupet belägna lokalerna Trälhavet, Ikorn, och Djurö. Lägsta fosforhalten i ytvattnet uppmättes samtidigt i NV Eknö.

Införandet av kväverening i mitten av 1990-talet minskade kvävehalterna i innerskärgården markant (Figur 21). Kvävehalterna har därefter hållit sig på en lägre nivå, med mindre variation mellan åren än tidigare. Det generella mönstret för kväve och fosfor var under 2018, som tidigare år, en minskande halt längs med segelleden, från Slussen ut till Eknö (Figur 23 och 27). Detta gäller under hela året och på samtliga djup.

Halterna av oorganiskt kväve i innerskärgården minskar generellt med ökat avstånd från Slussen, vilket har sin orsak i att det kväverika vattnet från Stockholm späds ut och blandas med omkringliggande vattenskikt. Detta är särskilt tydligt för halterna på de djup där det renade men något kväverikare avloppsvattnet släppts ut. Efter Oxdjupet syns inte längre samma tydliga kväveminskning (Figur 28 och 29).

I Farstavikens bottenvatten kunde man under hela 2018 hitta de högsta halterna av kväve. Även i Lännerstasundets och Kyrkfjärdens bottenvatten uppmättes, liksom för fosfor, generellt höga kvävehalter under hela året (Figur 56). Längs med segelleden uppmättes de årshögsta totalkvävehalterna i april en bit ner i vattenmassan vid Blockhusudden och Slussen. Detta sammanfaller med perioden då reningen på Henriksdals avloppsreningsverk fungerade sämre än normalt, vilket framförallt ledde till högre fosforutsläpp än normalt. Den sämre funktionen i reningsverket under den här perioden kan troligen också förklara att även kvävehalterna var förhöjda vid Blockhusudden och Slussen. De lägsta kvävehalterna under året uppmättes i maj i ytvattnet i Trälhavet. Generellt uppmättes de lägsta kvävehalterna i mellan- och ytterskärgården (Figur 27).

De totala mängderna av fosfor i innerskärgården under 2018 varierade likt tidigare, med det lägsta fosforinnehållet i början av sommaren, med ca 43 ton i juni (Figur 26). Därefter ökade

fosforinnehållet kontinuerligt upp till de högst beräknade värdena i oktober på ca 87 ton. Generellt var fosforinnehållet under 2018 något högre än året innan.

Kväveinnehållet varierar normalt mindre, och det gjorde det även under 2018 (Figur 33). Det lägsta innehållet av kväve i innerskärgården beräknas i september ha varit ca 850 ton, och de högsta värdena i oktober beräknas till ca 910 ton.

Utan ljus inget liv

När fotosyntesen fungerar som den ska kan vissa levande organismer, såsom växter, omvandla energin från solljus till livsviktig kemisk energi, i form av druvsocker. För att fånga in ljuset på ett bra sätt har växterna så kallade antennpigment, exempelvis klorofyll *a*, som ser till att ljusenergin effektivt förs vidare till den plats i växten där själva fotosyntesen äger rum.

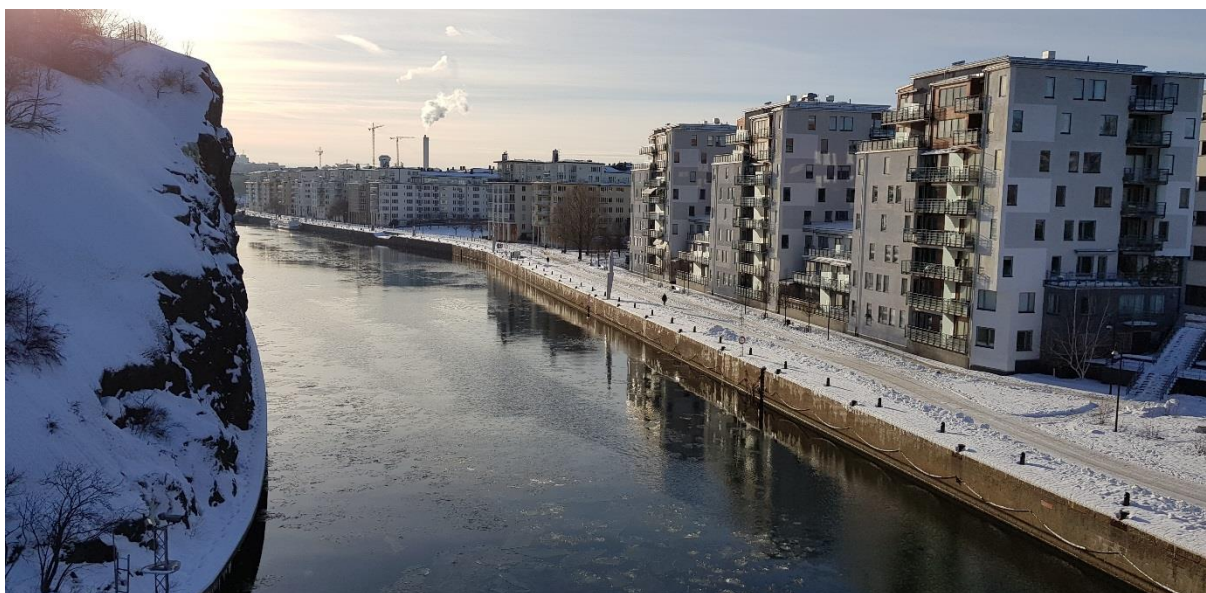
Ibland kan det vara svårt för solljuset att nå ner till djupare vattenskikt. Detta kan exempelvis bero på att ytvattnet har fått för mycket näring, vilket lett till att djur och växter växer till mer än önskat vid ytan. En konsekvens blir då att dessa djur och växter hindrar ljuset från att nå ner. Det kan såklart också finnas andra orsaker till att ljuset inte når ner i vattnet. I grunda områden kan exempelvis viss uppgrumling från botten ske. När ljuset inte når ner innebär det också att förutsättningarna försämras för många organismer. För att mäta hur långt ner ljuset når i skärgårdens vatten mäter man siktdjupet med en så kallad secchiskiva. Skivan sänks ner till det djup där den försvinner ur sikte, vilket då motsvarar siktdjupet. Generellt varierar siktdjupet med högst siktdjup under vår och höst, och lägst siktdjup under växtsäsongen. Under 2018 var medelsiktdjupet i innerskärgården lägre än året innan (Figur 35). 2003 uppmättes ett medelsiktdjup på 4,6 meter i innerskärgården, men därefter har det observerats en negativ trend av försämrat siktdjup under många år. 2014 var medelsiktdjupet endast 2,9 m, men åren därefter vände den negativa trenden. Under 2015, 2016 och 2017 ökade medelsiktdjupet för varje år, och 2017 var medelsiktdjupet i innerskärgården 4,4 m, men under 2018 gick det tillbaka något, 4,1 m (Figur 35).

I allmänhet var siktdjupet under 2018 högre i ytterskärgården än i innerskärgården. Störst siktdjup uppmättes vid Eknö i februari och november med 13,8 respektive 13,5 m. Vid samma lokal observerades också det största medelsiktdjupet under året med 8,4 m, vilket dock var lägre än de närmast föregående åren på samma plats. Lägst medelsiktdjup under 2018 hade Hammarby sjö med 3,0 m, samt Slussen och Karantänbojen med 3,3 m. Generellt är det mindre siktdjup i näringsrika vikar och i innerskärgården närmare Slussen, medan man finner de större siktdjupen längre ut i skärgården.

I den södra delen av skärgården varierade siktdjupet under 2018 som mest i Baggensfjärden. Det största siktdjupet i Baggensfjärden under 2018 uppmättes i februari till 9,8 m. Det största enskilda observerade siktdjupet i södra delen av skärgården uppmättes dock i november i Ägnöfjärden, 10,0 m. Medelsiktdjupet under året var också något större i Ägnöfjärden, 8,2 m, jämfört med Baggensfjärden, 7,2 m, och Erstaviken, 7,6 m (Figur 57).

Siktdjup brukar ofta sättas i samband med klorofyll. Ju mer klorofyll det finns i vattnet, desto lägre siktdjup brukar det vara. Halten av klorofyll *a* kan användas som ett grovt mått på hur

stor växtplanktonbiomassan är i ett vattenprov. I innerskärgården minskade klorofyllhalterna efter införandet av kväverening i mitten av 1990-talet, och därefter har klorofyll *a* visat på relativt små variationer (Figur 36 och Figur 37). 2018 års provtagningar av klorofyll *a* och siktdjup visar, tillsammans med tidigare års observationer och mätningar, på en omvänd korrelation, med större siktdjup när klorofyllhalten är låg (Figur 38). I mellanskärgården vid Djurö uppmättes i februari de lägsta klorofyllhalterna under året. I februari återfanns vid NV Eknö också de lägsta klorofyllhalterna och de största siktdjupen längs med segelleden. I allmänhet liknade variationen av klorofyll *a* under 2018 tidigare år (Figur 39). I södra delen av skärgården syns generellt de högsta klorofyllhalterna i områden som har lägre vattenutbyte, såsom Lännerstasundet och Farstaviken (Figur 58). I de öppnare vattenområdena såsom Baggensfjärden, Erstaviken och Ägnöfjärden observeras normalt lägre klorofyllhalter, men i april 2018 uppmättes i Baggensfjärden och Erstaviken relativt höga klorofyllhalter, vilket tyder på en kraftigare planktonblomning. Detta överensstämmer också med de växtplanktonundersökningar som gjordes i Baggensfjärden. I Baggensfjärden dominerade dinoflagellater, vilka har fotosyntes med klorofyll *a*.



Danvikskanalen. Foto: Joakim Lücke.

Liv som ingen vill ha

Ibland får skärgårdsvattnet ta emot orenat avloppsvatten, och då förekommer det ofta bakterier i förhöjda halter i vattnet. När detta sker ifrån ett ledningsnät som blivit överfullt, som följd av exempelvis ett kraftigt regn, kallas det bräddning. En bräddning som medför bakterier och andra oönskade ämnen är såklart bra att undvika om det går, men av olika anledningar är det inte alltid möjligt.

För att undersöka om ett vatten innehåller sjukdomsalstrande bakterier mäts mängden koliforma bakterier. Förekomsten av koliforma bakterier kan vara ett tecken på fekal förorening av vattnet. Om man enbart har övergripande uppgifter om gruppen koliforma bakterier kan dock detta leda till missvisande slutsatser, då vissa koliformer även indikerar förekomsten av andra föroreningar, såsom jord. Koliforma bakterier finns naturligt i jord och vatten. Säkrare slutsatser kan dras om man även undersöker förekomsten av bakteriearten

Escherichia coli, som är en vanlig tarmbakterie hos varmblodiga djur, inklusive fåglar och däggdjur. *Escherichia coli* är en del av den större gruppen koliforma bakterier. För att påvisa förekomsten av tarmbakterier kan även intestinala enterokocker undersökas för att bedöma ett badvattens tjänlighet, men dessa undersöks inte inom ramen för detta program.

Efter att kväverening infördes i mitten av 1990-talet minskade bakterietalen kraftigt i vattnet. De lokaler där förhöjda bakterietal förekom under 2018 överensstämde väl med närmast föregående år (Figur 40 och 41), utifrån bedömningsmått för badvattenkvalitet. I mars, augusti och november 2018 uppmättes mycket höga bakterietal för *Escherichia coli* (bakterietal >1000/100 ml) vid Slussen, vilket är en tydlig indikator på avloppsvattenspåverkan. En bakteriehalt som bedömdes som tjänligt med anmärkning (bakterietal 100-1000/100 ml) uppmättes annars under större delen av året vid Slussen. Mycket höga bakterietal uppmättes också i november och december vid Blockhusudden, i november vid Halvkakssundet, och i oktober och november i Hammarby sjö. Gränsen för otjänligt badvatten överskreds inte vid någon annan lokal i skärgården. Dessutom uppmättes en bakteriehalt motsvarande tjänligt med anmärkning vid flera tillfällen under 2018 vid Blockhusudden, Halvkakssundet, Koviksudde, Solöfjärden, Trälhavet och Hammarby sjö. Vid ett tillfälle i oktober uppmättes också tjänligt med anmärkning vid Karantänbojen. I övrigt var dock vattnet i skärgården tjänligt (bakterietal <100/100 ml) under hela året.



Vy från Henriksdalsberget över Hammarby sjöstad och Hammarby sjö. Foto: Joakim Lücke.

Basfödan för ett liv i havet

Växtplankton utgör basen för näringskedjan i både salt och sött vatten, och de står också för hälften av jordens samlade fotosyntes. En analys av växtplanktonsamhället kan ge upplysning om olika typer av miljöstörningar. Växtplankton saknar normalt egen rörelseförmåga och är för sin förflyttning beroende av de strömmar som finns i vattnet. Vattnets fysikaliska och kemiska sammansättning är därför en viktig faktor för vilka planktongrupper som kan observeras på en viss plats. Andelen plankton, mätt som biovolym eller biomassa, är också viktig för att kunna förstå balansen i ekosystemet.

Vid de flesta stationer noterades under 2018 generellt högst biovolym under perioden april–maj (se bilaga B). De högsta biovolymnoteringarna var från Trälhavet (14,5 mm³/L i oktober samt 7,07 mm³/L i maj) och Farstaviken (6,95 mm³/L i april). Vid övriga stationer var biovolymmaxima omkring 3 mm³/L eller lägre.

Vårblomningen i april och maj dominerades, antingen med enskild dominans eller i kombination, av kiselalger (Bacillariophyceae), dinoflagellater (Dinophyceae) och gruppen övriga taxa, vilken till stor del består av oidentifierade monader och flagellater samt emellanåt ciliater (*Mesodinium rubrum*) och vissa plankton vars taxonomiska tillhörighet är okänd eller odefinierad.

Huvudkomponenten i det hårda skal som kiselalger är inneslutna i är kiseldioxid, vilken är den vanligaste kisel föreningen. Kisel är en viktig byggsten även för många andra djur och växter. Mälaren innehåller relativt mycket kisel, och större flöden ut ur sjön innebär att större mängder kisel transporteras ut till Saltsjön. Vårblommande kiselalger kan begränsas av tillgången på kisel i vattnet. När kiselalgerna blommar förbrukas det kisel som finns tillgängligt. Under 2018 var det höga flöden ut ur Mälaren under våren fram till maj, men nästan obefintligt flöde från juni och under resten av året. Tillgången på kisel var därför som bäst framförallt just under våren (Figur 42 och 43). Höga flöden innebär också högre halter av kisel i innerskärgården under våren. Höga kiselhalter i ytvattnet längs med segelleden uppmättes under perioden januari–april i hela innerskärgården. I Stockholms inre skärgård dominerade samtidigt och fram till och med juni framförallt kiselalger, med avseende på biovolym, vilket återspeglades i åtgången av fritt tillgängligt kisel. I juni var lagret av kisel uttömt i innerskärgårdens vatten, och då tog sedan andra grupper såsom rekylalger över dominansen i vattnet. De högsta klorofyllhalterna i innerskärgården uppmättes också i juni när kiselhalten var som lägst (Figur 39).

Blomningar av cyanobakterier brukar kanske vara det man främst kopplar ihop med de algblomningar som brukar få mycket uppmärksamhet, då de kan bilda en grötig och ibland giftig massa som man normalt inte vill bada i. Den relativa förekomsten av cyanobakterier (Cyanophyceae) var i Stockholms innerskärgård (Blockhusudden och Koviksudde) som störst under sensommaren (54% av växtplanktonsamhället den 11 september vid Koviksudde) och hösten (augusti–november). Cyanobakterier förekom även i maj och juni vid Koviksudde.

Högst förekomst av cyanobakterier påträffades annars i södra mellanskärgården i Ägnöfjärden i juli och i ytterskärgården vid NV Eknö under perioden juni–september, samt i Farstaviken under juni, juli och september. I Trälhavet förekom cyanobakterier under såväl sommaren som hösten (juli–november) och vid Sollenkroka noterades cyanobakterier främst i juni–juli, men också i september och november. I övrigt var förekomsten av cyanobakterier generellt låg, typiskt <0,2 mm³/L, och abundansen av potentiellt toxiska cyanobakterier var genomgående lägre än WHO:s gränsvärde för badvatten. Det bör också noteras att den toxiska cyanobakterien *Nodularia* inte observerades vid något tillfälle utav de totalt 97 provtagningarna. Något förhöjd förekomst av potentiellt toxiska dinoflagellater, jämfört med konservativa gränsvärden, uppmättes dock vid fem av de åtta provpunkterna.

För att bedöma huruvida ett vatten är av god eller dålig kvalitet finns, som tidigare nämnts, bedömningsgrunder. Inom vattenförvaltningsarbetet, som styrs av det så kallade

vattendirektivet, är det framförallt biologiska parametrar som är i fokus för denna kvalitetsbedömning. En biologisk parameter som kan användas som bedömningsgrund är just växtplankton. Växtplanktonsammansättningen indikerar att den ekologiska statusen är måttlig i sju av åtta av de provtagna områdena, baserad på klorofyll *a* och biovolym under åren 2016-2018. Vid Blockhusudden indikerar dock växtplankton att status är otillfredsställande. Vid tre stationer kan antydning till negativ trend noteras. Farstaviken uppvisar en möjlig svag negativ trend. Vid NV Eknö sker en försämring för varje år som går, dock ingen skillnad i statusklassning. Mest noterbart är dock statusklassningen för Blockhusudden där en försämring kunde noteras 2017, något som fortsatt även 2018. Generellt sett syntes fram till 2016 en förbättring av statusen i innerskärgården, men under 2017 och 2018 verkar den trenden ha vänt.

Vid Koviksudde har även djurplankton provtagits sedan 2015. Djurplanktonsamhället vid Koviksudde var under jan–maj 2018 starkt dominerat av hoppkräftor (Copepoda) varefter den relativa förekomsten av hinnkräftor (Cladocera) gradvis ökade fram till senare hälften av augusti då hinnkräftor utgjorde mer än 60 % av den totala djurplanktonbiomassan. Under perioden oktober–december var återigen hoppkräftor den mest förekommande djurplanktongruppen. Hoppkräftor är företrädesvis selektiva födosökare och gynnades sannolikt av dominansen av dinoflagellater, kiselalger och gruppen övriga taxa vid Koviksudde under vårbloomingen. Högst totalbiomassa av djurplankton noterades i juli (236 mg/m³). Andra något lägre toppar i djurplanktonbiomassa uppmättes i juni, september och oktober.

Den högst uppmätta djurplanktonbiomassan 2018 var högre än tidigare år. Överlag är dock mönstret relativt tydligt med en ökning i biomassa under vårkanten, och högst värden sommartid innan det klingar av på höstkanten. Likaså är den relativa fördelningen överlag snarlik mellan åren där hoppkräftor dominerar på vårkanten, hinnkräftor som kommer in under senvåren för att sedermera dominera under sommaren, innan hoppkräftorna återfår sin dominans på hösten. Hjuldjur dominerar aldrig med avseende på biomassa.

Sedimentens invånare

Nere på botten ligger lager på lager av det som sedimenterat under årens lopp, men där lever också ibland mängder av djur, bottenfauna. Bottenfaunasammansättningen brukar undersökas vartannat år. Provstationerna i Stockholms innerskärgård uppvisade under 2018 dålig till god ekologisk status (enligt BQI_m). Sammanslaget visar dock bottenfaunaresultaten en tendens till uppåtgående trend sedan år 2014. På flera stationer var proverna på de djupare bottenarna helt tomma, vilket tyder på ett utslag och därmed starkt påverkat bottenmiljö. Det finns en tydlig skillnad mellan den inre och yttre innerskärgården. Den yttre innerskärgården uppvisar fler taxa med fler störningskänsliga arter och bättre status generellt. I mellanskärgården är den rådande statusen uppåtgående från år 2016 för tre av fyra provstationer. Där har den ekologiska statusen förbättrats från otillfredsställande till god i Baggens- och Ägnöfjärden, och statusen är fortsatt god i Erstaviken. I Trälhavet har statusen försämrats sedan 2016, då statusen var god, och under 2018 var statusen måttlig.

I mellanskärgården är det mindre vanligt med tomma prover, det vill säga prov som saknar djur, och djur hittas på flera stationer ner till 60 m djup. I mellanskärgården återfinns också

flera taxa med höga känslighetsvärden. Undantaget är stationen Farstaviken. Situationen i Farstaviken påminner om situationen i den inre innerskärgården; där påträffades mycket få taxa och bedömningen är dålig status.



Koviksudde. Foto: Jan Augustsson, Riksantikvarieämbetet.

Under ytan vid Koviksudde

I samband med översynen av recipientundersökningarna inför 2015 års provtagningar bestämdes det, i samråd med bland annat Länsstyrelsen, att Koviksudde skulle bli ett så kallat fokusområde. Vattenområdet vid Koviksudde bedöms vara representativt för innerskärgården. Med bra data från Koviksudde kan man således ha goda möjligheter att beskriva den samlade påverkan på innerskärgården. I exempelvis figurerna 21 och 37 finns utsläppen av kväve och fosfor från Stockholm Vatten och Avfalls avloppsreningsverk under åren 1968-2018 jämförda med halten av kväve, fosfor och klorofyll *a* i ytvattnet vid Koviksudde.

Tanken med att ha området kring Koviksudde i fokus är att kunna fånga upp flera nivåer av näringskedjan. I detta program lades därför även djurplankton till som parameter. I övrigt så bidrar recipientkontrollprogrammet med vattenkemisk provtagning, samt årlig provtagning av växtplankton och vartannat år provtagning av bottenfauna. Som komplement är det tänkt att Länsstyrelsen övervakar fiskbeståndet i området kring Koviksudde, inom vattenförekomsten Askrikefjärden. Ett provfiske med översiktsnät genomfördes senast i augusti 2016. Den fisk som infångades då var till antalet dominerat av abborre och mört. Därutöver var strömming, gers, nors och braxen vanligt förekommande. Även mätt som biomassa var abborre och mört dominerande, och därutöver hade infångad braxen nästan

lika stor biomassa. Totalt infångades närmare 3000 fiskar med en total biomassa på ca 220 kg. Fisk insamlad i samband med dessa provfisken ska också användas för att bedöma halten av metaller och organiska miljögifter i kustfisk.

Djurplanktonbiomassan under samtliga åren 2015-2018 dominerades av hoppkräftor under vår och försommar. Hoppkräftor gynnas av dinoflagellater och kiselalger, vilka fanns i relativt hög förekomst vid såväl Koviksudde som i övriga skärgården. Under sensommaren och början på hösten var dock andelen hinnkräftor tidvis dominerande både under 2016, 2017 och 2018. Populationsvariationen upprepas i stor utsträckning från år till år. Den totala biomassan av djurplankton var dock som störst 2018, jämfört med åren 2015-2017. Fisk gynnas av god tillgång på växt- och djurplankton, då detta är en viktig föda i tidiga stadier av livscykeln då de är yngel och småfisk. Både för abborre, mört och braxen, de dominerande fiskarterna vid Koviksudde utifrån biomassa, ingår djurplankton som en viktig del av födan.

Den sammanvägda statusklassningen, baserad på klorofyll *a*-halt och biovolymen av växtplankton, visar vid Koviksudde på måttlig ekologisk status utifrån 2018 års mätningar. Status för växtplankton verkar ha förbättrats sedan 2012 vid Koviksudde. Biovolymerna var som högst år 2004 och som lägst 2007–2009. Därefter ökade biovolymerna gradvis fram tills år 2012, för att därefter åter minska. Från 2016 och fram till 2018 års undersökningar noteras återigen en del höga värden. 2018 års uppmätta biovolymvärden uppvisade relativt stor variation (0,22–3,21 mm³/L).

Statusklassningarna av de två parametrarna klorofyll *a* och biovolym vid Koviksudde skiljer sig åt; klassningen av biovolym 2016–2018 ger måttlig status medan klorofyll *a*-medelhalten resulterar i otillfredsställande status. Dock skedde ett trendbrott i och med 2017 års mätningar, då det sedan 2012 funnits en uppåtgående trend beträffande växtplanktonstatus. Detta trendbrott bestod under 2018. Den sammanvägda klassningen baserad på båda parametrarna är måttlig status, om än på gränsen mot otillfredsställande. Resultatet avviker från trenden av ökande status sedan 2012 men är snarlikt det som observerats sedan 2016. Den sammanvägda statusen för innerskärgårdens andra planktonlokal, Blockhusudden, är otillfredsställande status, men nära gränsen mot måttlig status. Detta fortsätter det negativa trendbrott som skedde under 2017, med ytterligare försämrad status under 2018.

Bottenfauna provtas vartannat år inom skärgårdsprogrammet, och provtogs under 2016 och 2018. Provtagningarna från 2018 vid Koviksudde indikerade måttlig ekologisk status, vilket var bättre än resultaten från 2016 vid samma lokal, som indikerade otillfredsställande status. Orsaken till att bottenfauna år 2016 visade på en sämre status än vad växtplankton gjorde, var troligen syresituationen vid botten. De lägsta uppmätta halterna av syre nära botten var lägre 2016 jämfört med 2018. När perioder av syrebrist inträffar krävs det att faunan är störningstålig. Vid Koviksudde har det hittats framförallt störningståliga arter såsom havsborstmasken *Marenzelleria* sp. och Östersjömusslan *Limecola balthica* (tidigare *Macoma balthica*). Den yttre innerskärgården, som Koviksudde är en del utav, uppvisar generellt fler taxa med fler störningskänsliga arter och bättre status.

Den vattenkemiska variationen i vattenmassan för åren 2010-2018 kan ses i figurerna 44-51. Mönstren för de olika parametrarna ser förhållandevis lika ut, om man jämför de olika åren. Man kan dock notera att vattentemperaturen vid botten ser ut att gradvis ha blivit högre

under en längre period av året fram till 2017 (Figur 44). Under 2018 var ytvattentemperaturen mycket hög, men på grund av tydlig skiktbildning värmdes inte bottenvattnet upp i samma utsträckning. Saliniteten vid ytan respektive botten är starkt kopplad till Mälarens utflöde av sött vatten på ytan, och inflödande salt vatten från mellan- och ytterskärgården längs med botten. Under 2018 skedde det huvudsakliga utflödet ur Mälaren under våren, vilket syntes tydligt även vid Koviksudde (Figur 45). Salthaltsskiktningen var också som tydligast under våren, medan vattentemperaturerna bidrog till tydliga skiktningarna under resten av året. Internbelastningen av fosfor som släpper från bottnarna syns normalt under hösten. Vid Koviksudde är dock internbelastningen låg, och 2018 var inget undantag från det (Figur 46 och 47). Syreinnehållet i Koviksuddes bottenvatten var dock litet under framförallt september, men ändå högre än åren innan (Figur 51). Denna syrebrist var relativt kortvarig, i likhet med tidigare år, och frisättning av exempelvis fosfor från botten var därför minimal. Kvävehalterna brukar också öka i samband med internbelastning, men då internbelastningen vid Koviksudde var mycket liten under 2018, så syntes heller inga signifikanta ökningar av kvävehalten i bottenvattnet (Figur 48, 49 och 50). Det finns heller inga indikationer på att avloppsreningsverkens utsläpp av renat avloppsvatten under 2018 har bidragit till något signifikant ökat kväveinnehåll i vattnet vid Koviksudde (Figur 49).



Hammarby sjö och Hammarby sjöstad. Foto: Joakim Lücke.

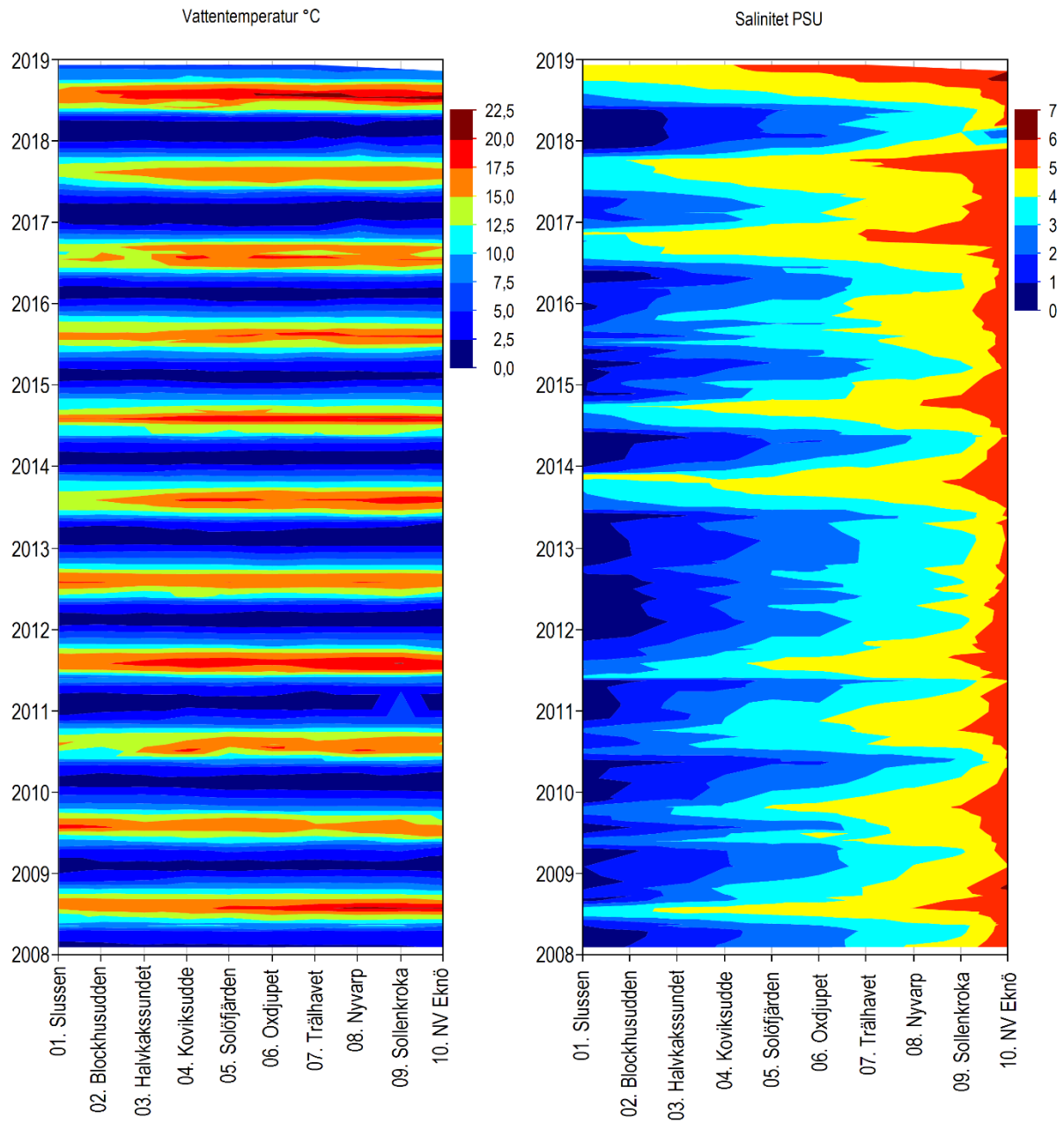


Saltsjön. Foto: Joakim Lücke.

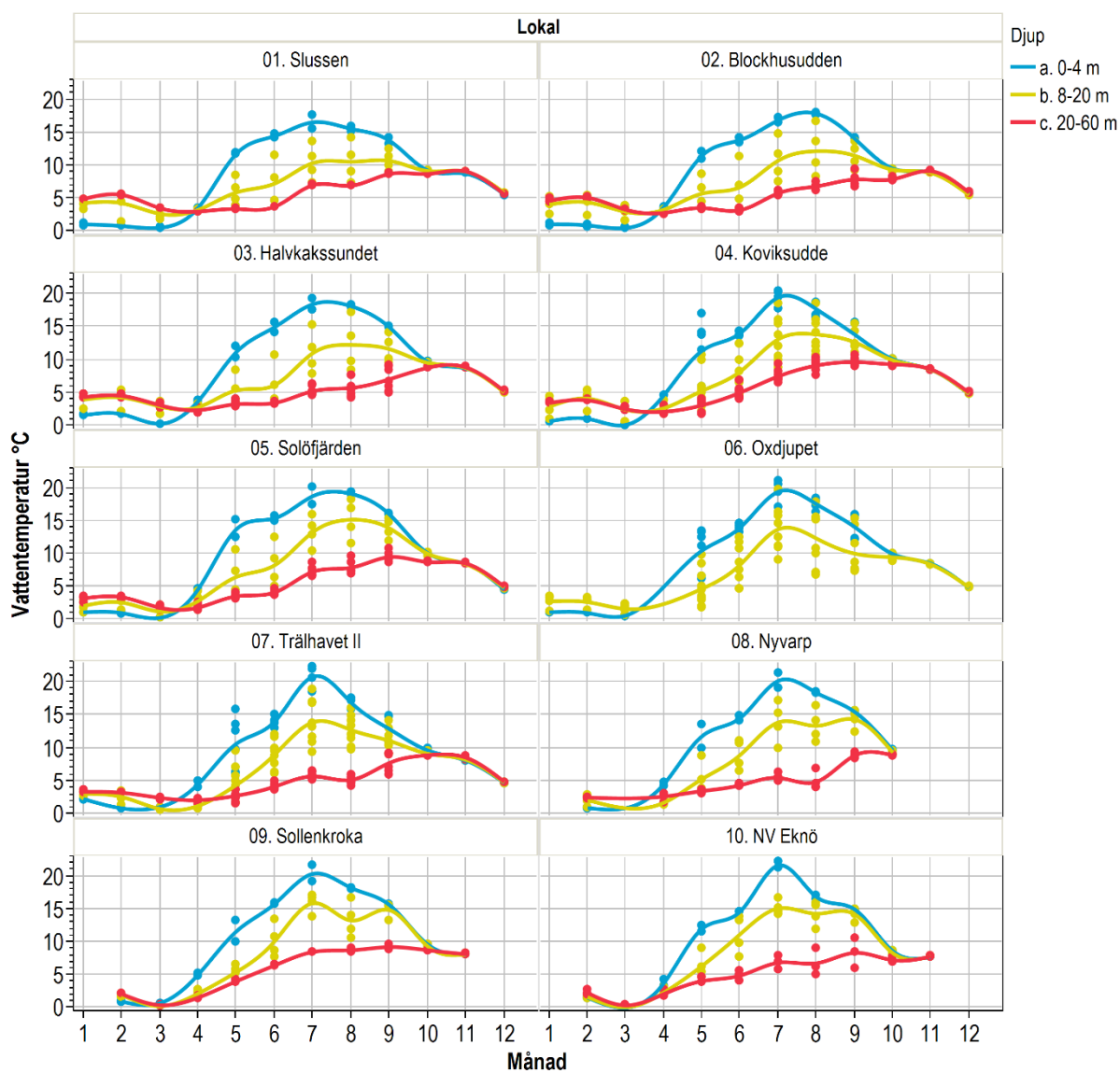
2018 års undersökningar i korthet

De fyra viktigaste slutsatserna utifrån årets undersökningar är:

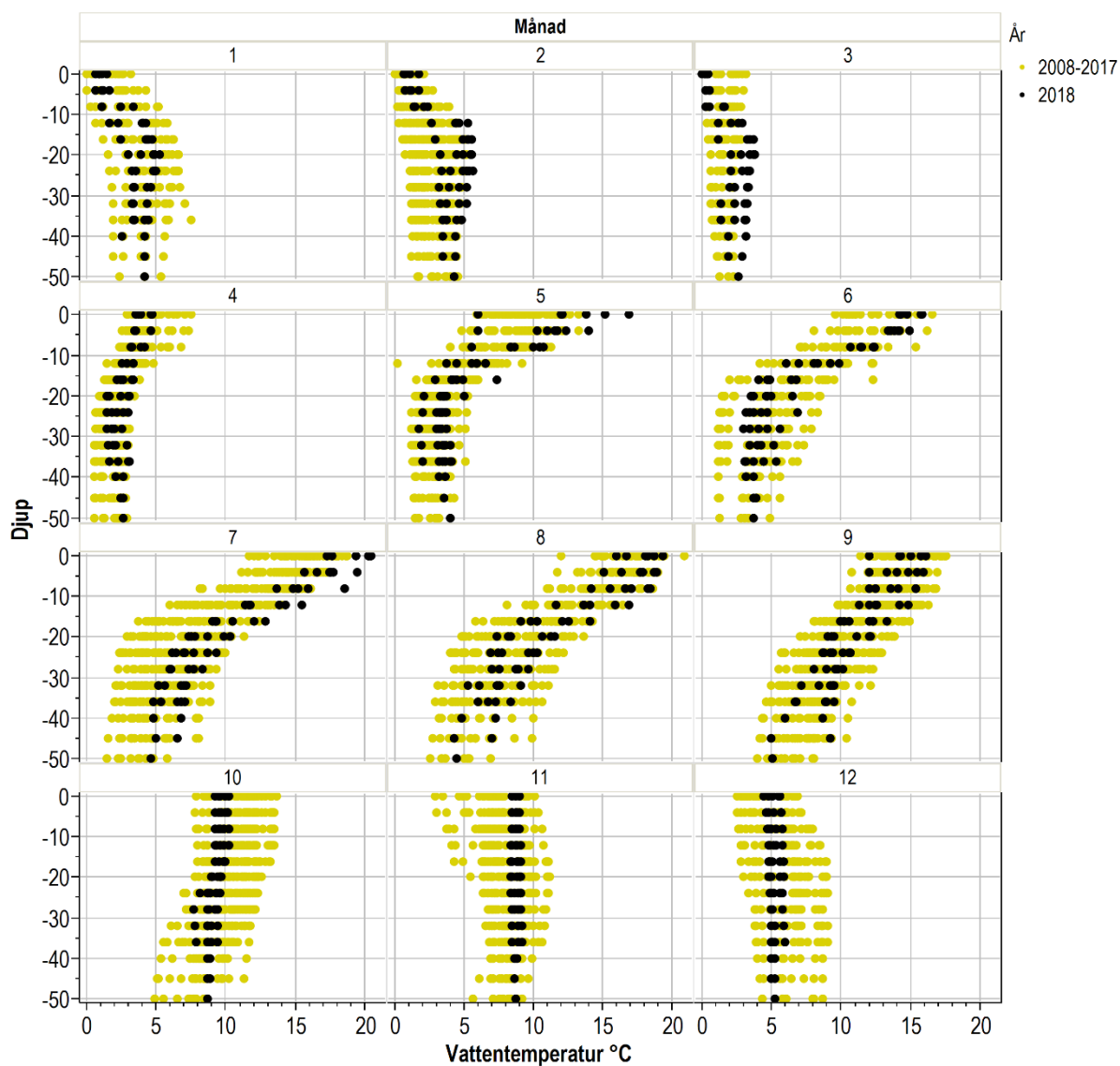
- Utflödet ur Mälaren var mycket stort under årets fem första månader, och nära obefintligt under resten av året.
- Den totala mängden utsläppt fosfor från avloppsreningsverken under året var den största sedan år 1994.
- Skiktningen av vattnet i innerskärgården var stark under större delen av året, vilket motverkade att renat avloppsvatten trängde upp till ytan – anledningen var framförallt skillnad i salthalt under årets första halva, och skillnad i temperatur därefter fram till höstomblandningen.
- Växtplankton indikerar att den ekologiska statusen i innerskärgården håller på att försämrans.



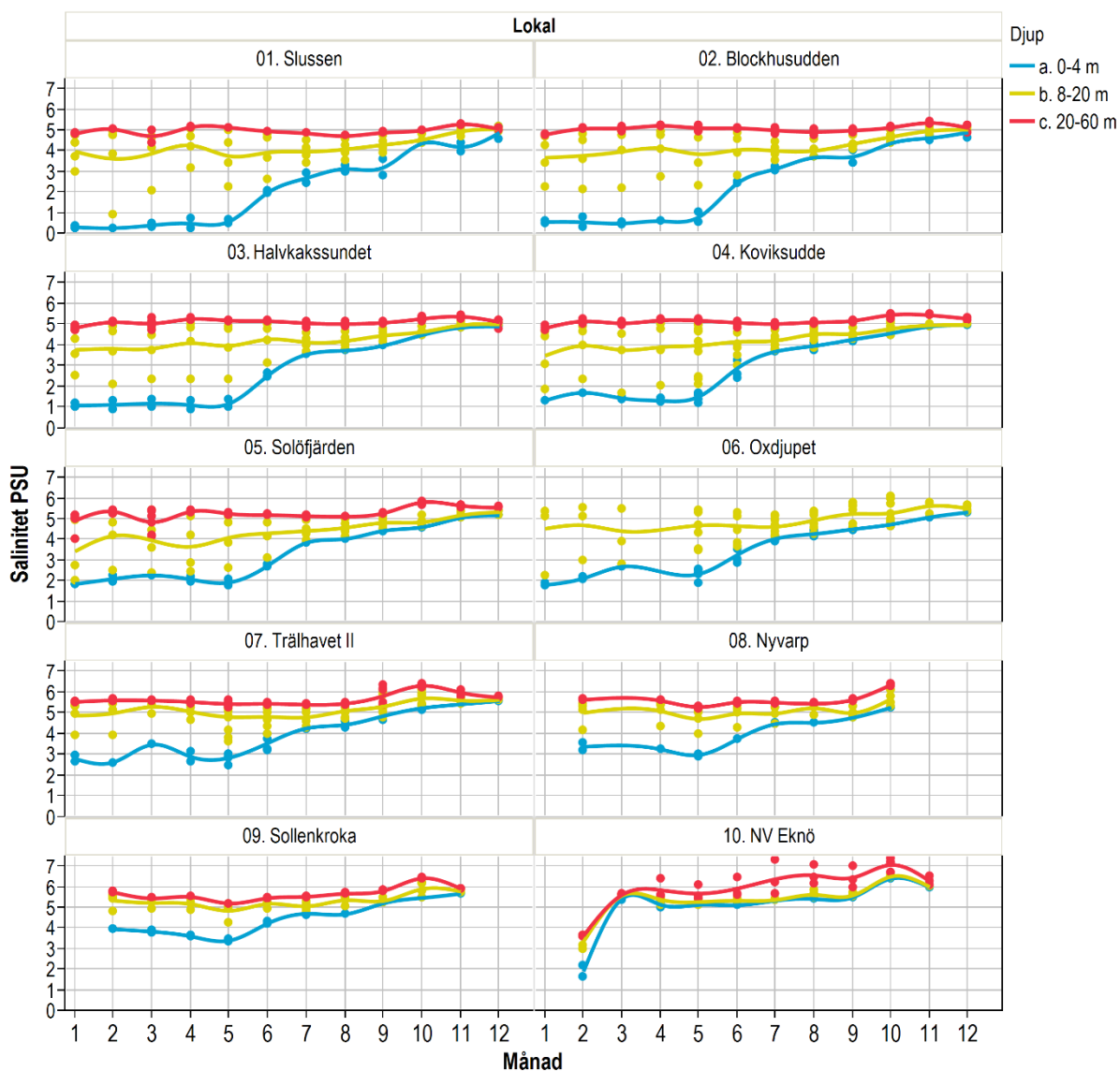
Figur 11. Fördelningen av temperatur och salinitet i ytvattnet (0-4 m) i segelleden mellan Slussen och NV Eknö 2008-2018.



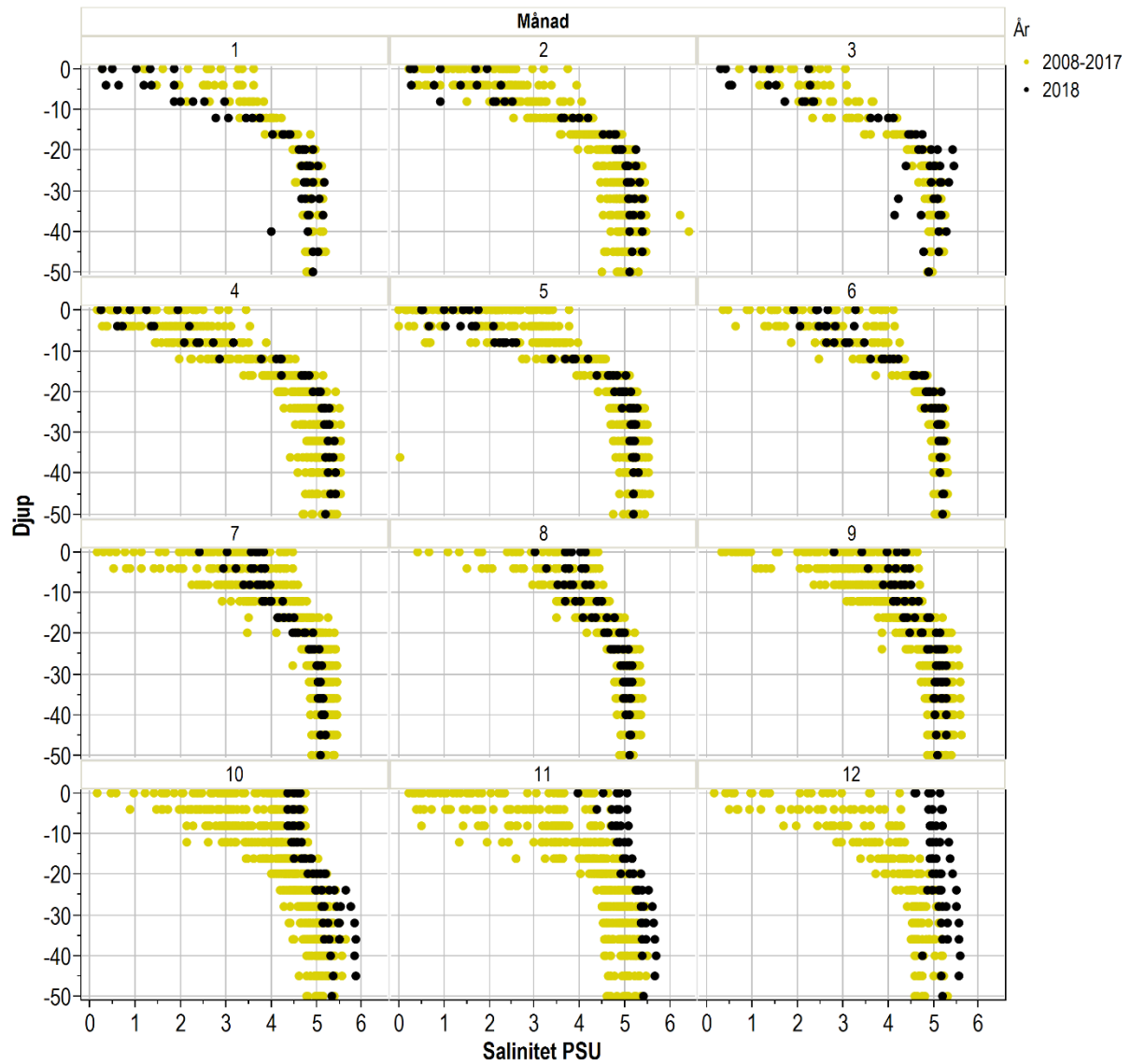
Figur 12. Variation av temperaturen i ytvattnet (0-4 m; blå), en bit ner (8-20 m; gul), och i bottenvattnet (20-60 m; röd) under året 2018 längs med segelleden. Linjerna anger medelvärden.



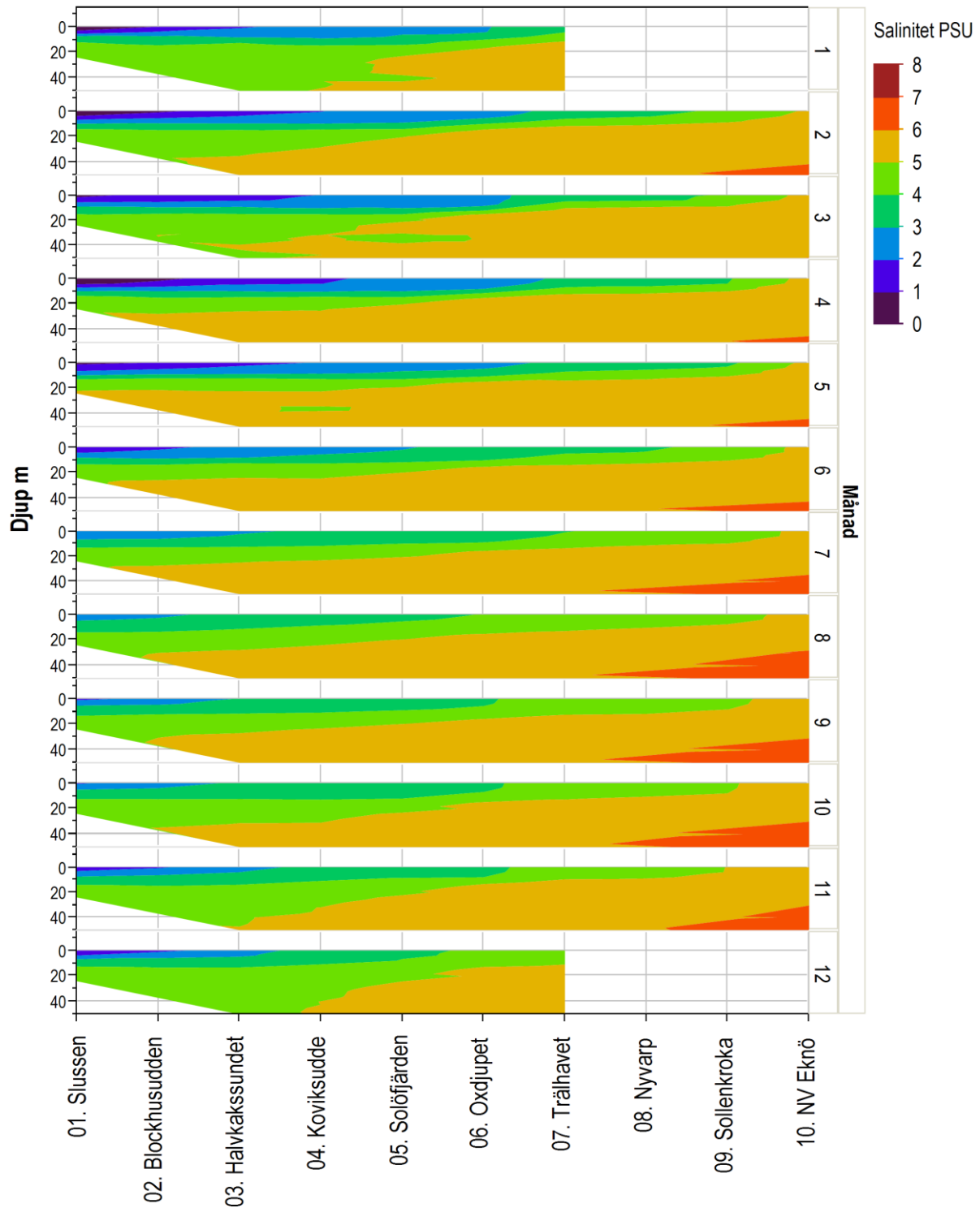
Figur 13. Vattentemperatur under året i segelledens innerskärgårdslokaler (Slussen-Solöfjärden) under 2018 (svarta prickar) och 2008-2017 (gula prickar).



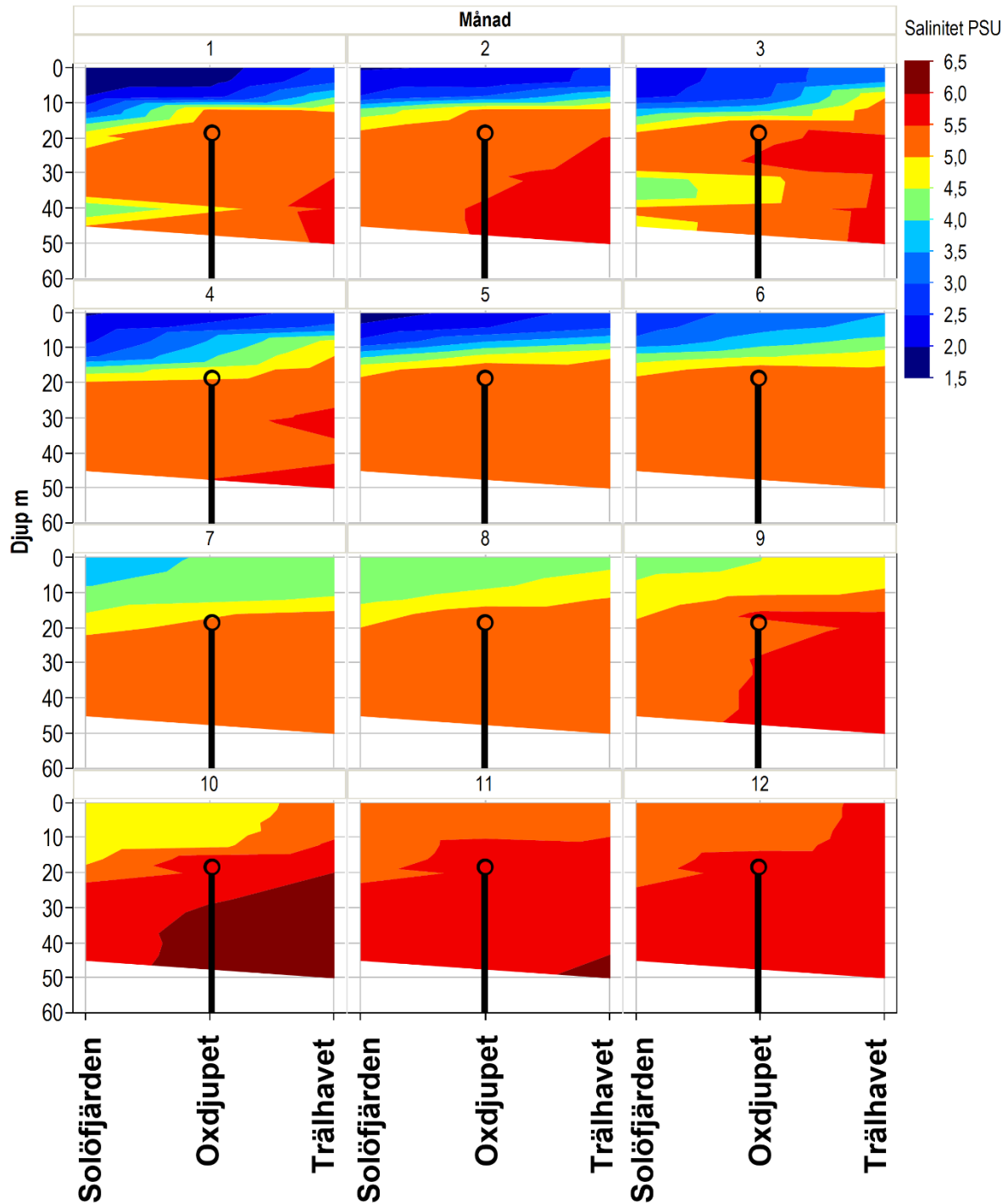
Figur 14. Variation av saliniteten i ytvattnet (0-4 m; blå), en bit ner (8-20 m; gul), och i bottenvattnet (20-60 m; röd) under året 2018 längs med segelleden. Linjerna anger medelvärden.



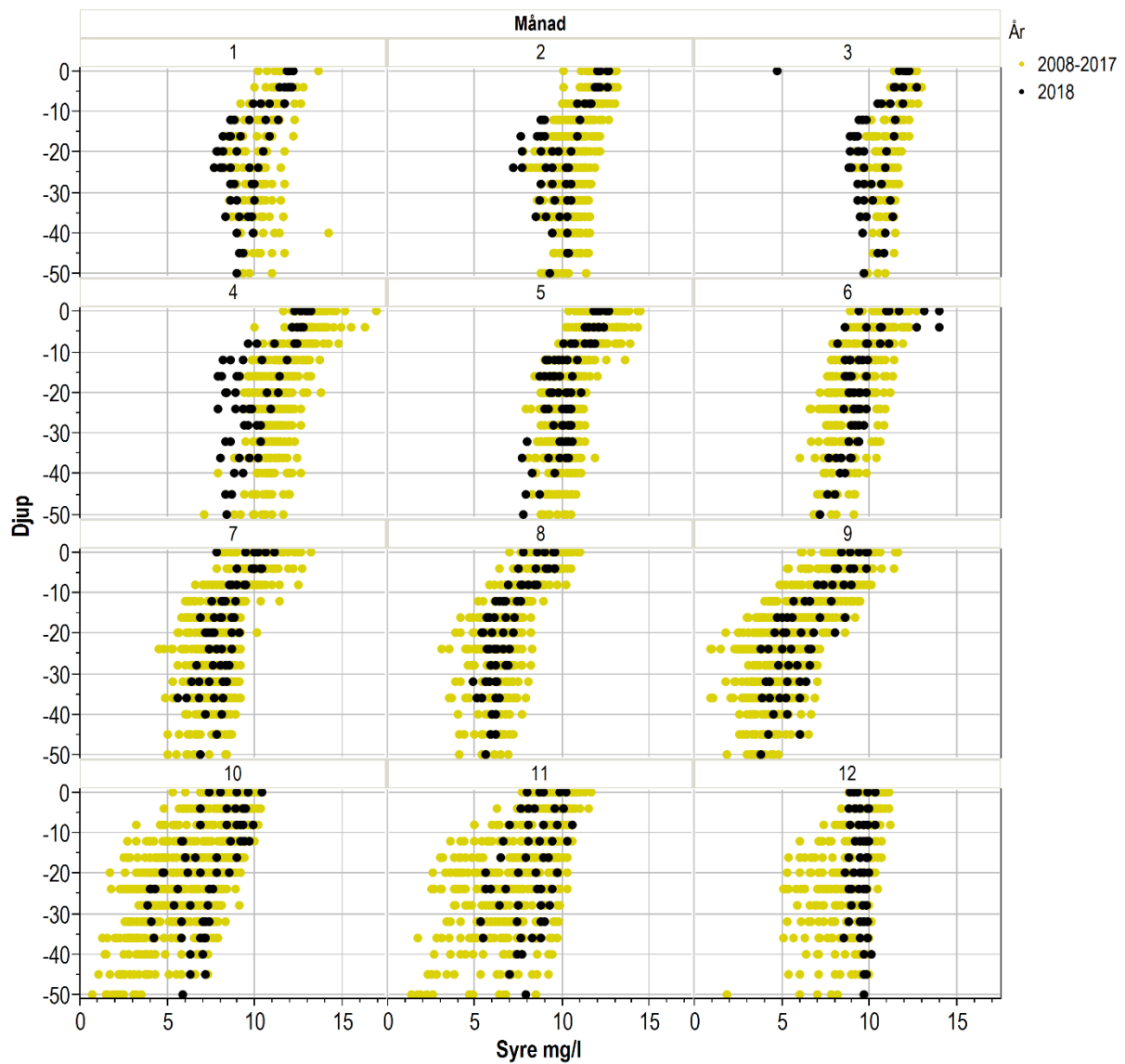
Figur 15. Salinitet under året i segelledens innerskärgårdslokaler (Slussen-Solöfjärden) under 2018 (svarta prickar) och 2008-2017 (gula prickar).



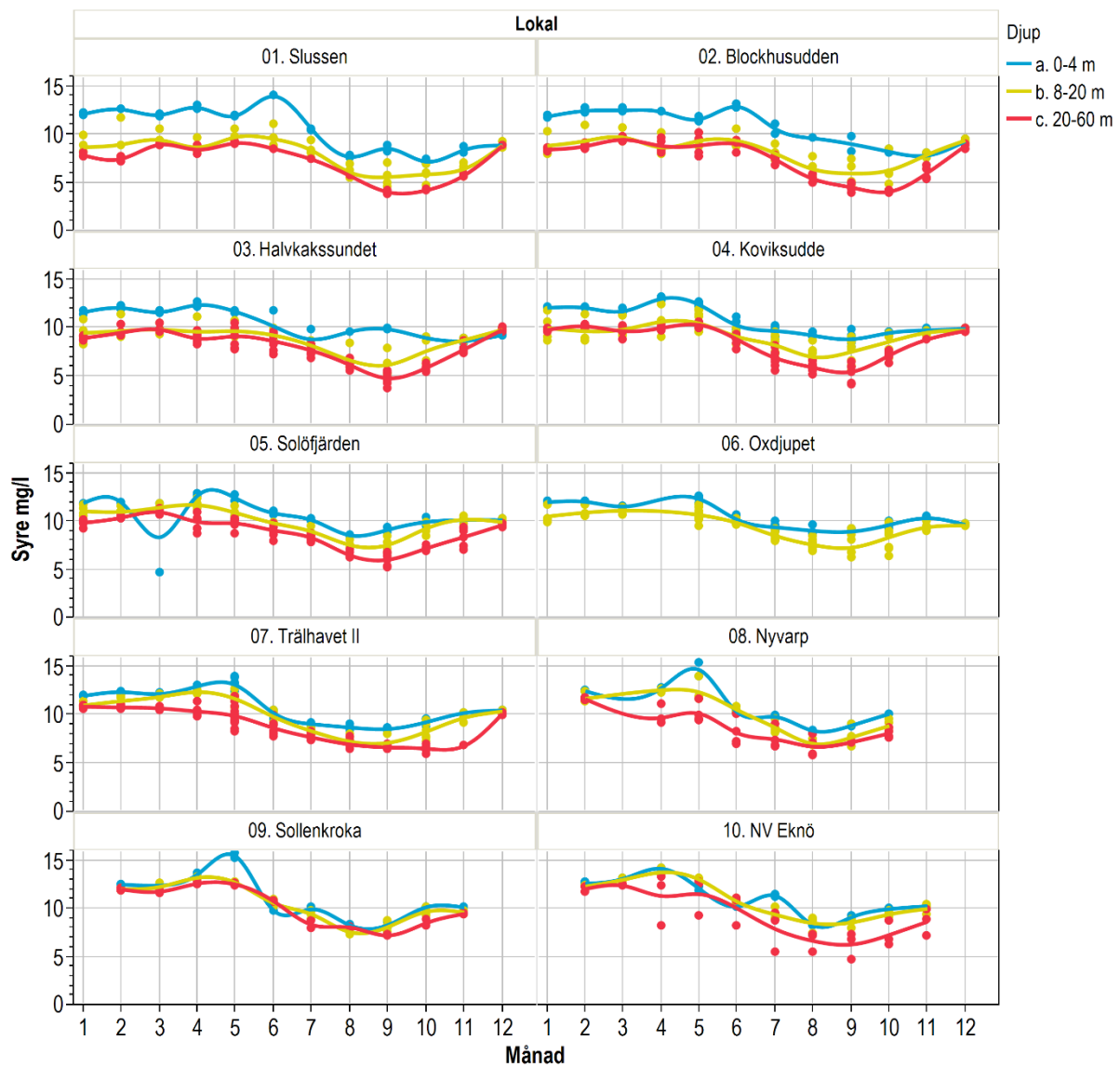
Figur 16. Fördelning av salinitet på 0-50 m djup längs med segelleden mellan Slussen och NV Eknö månadsvis under 2018.



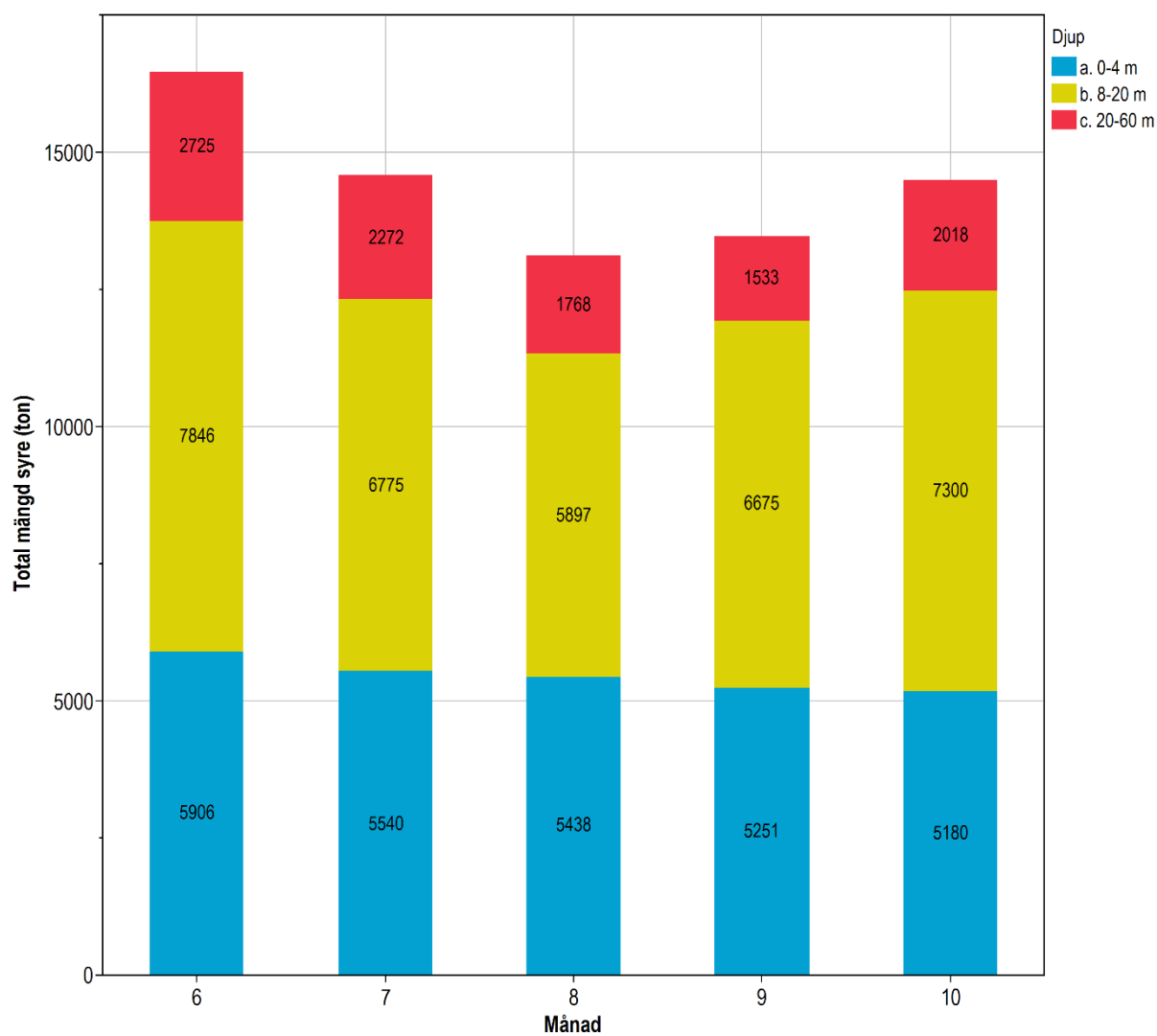
Figur 17. Den inåtgående strömmen under 2018. De svarta lodräta strecken symboliserar tröskeln vid Oxdjupet, och den svarta ringen markerar bottenvattnet på 18 m djup. Utifrån salthalt vid Oxdjupets botten kan ungefärligt ursprungsdjup i Trälhavet och inlagringsdjup i Solöfjärden uppskattas.



Figur 18. Syrehalten under året i segelledens innerskärgårdslokaler (Slussen-Solöfjärden) under 2018 (svarta prickar) och 2008-2017 (gula prickar).

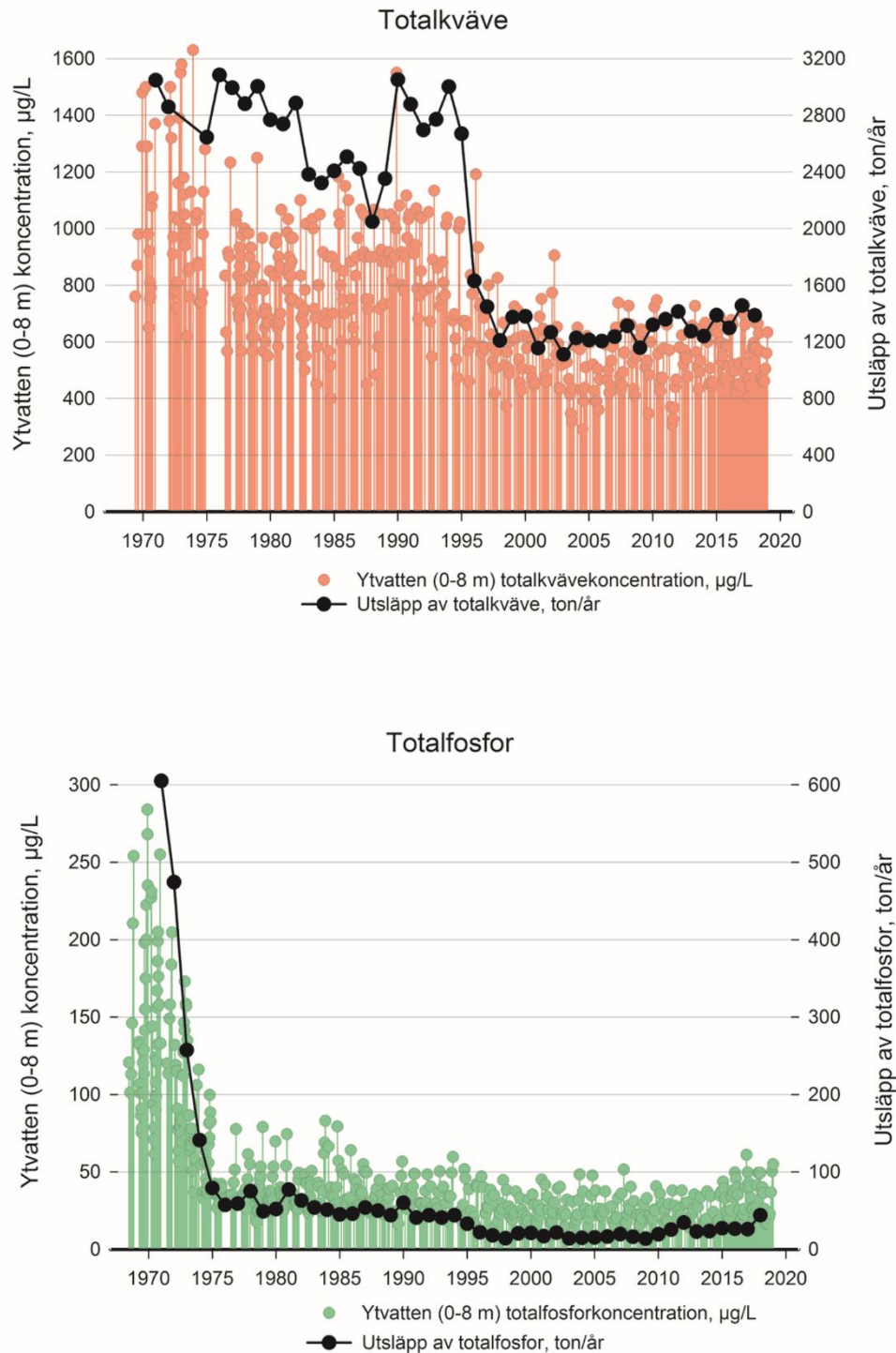


Figur 19. Variation av syrehalten i ytvattnet (0-4 m; blå), en bit ner (8-20 m; gul), och i bottenvattnet (20-60 m; röd) under året 2018 längs med segelleden. Linjerna anger medelvärden.

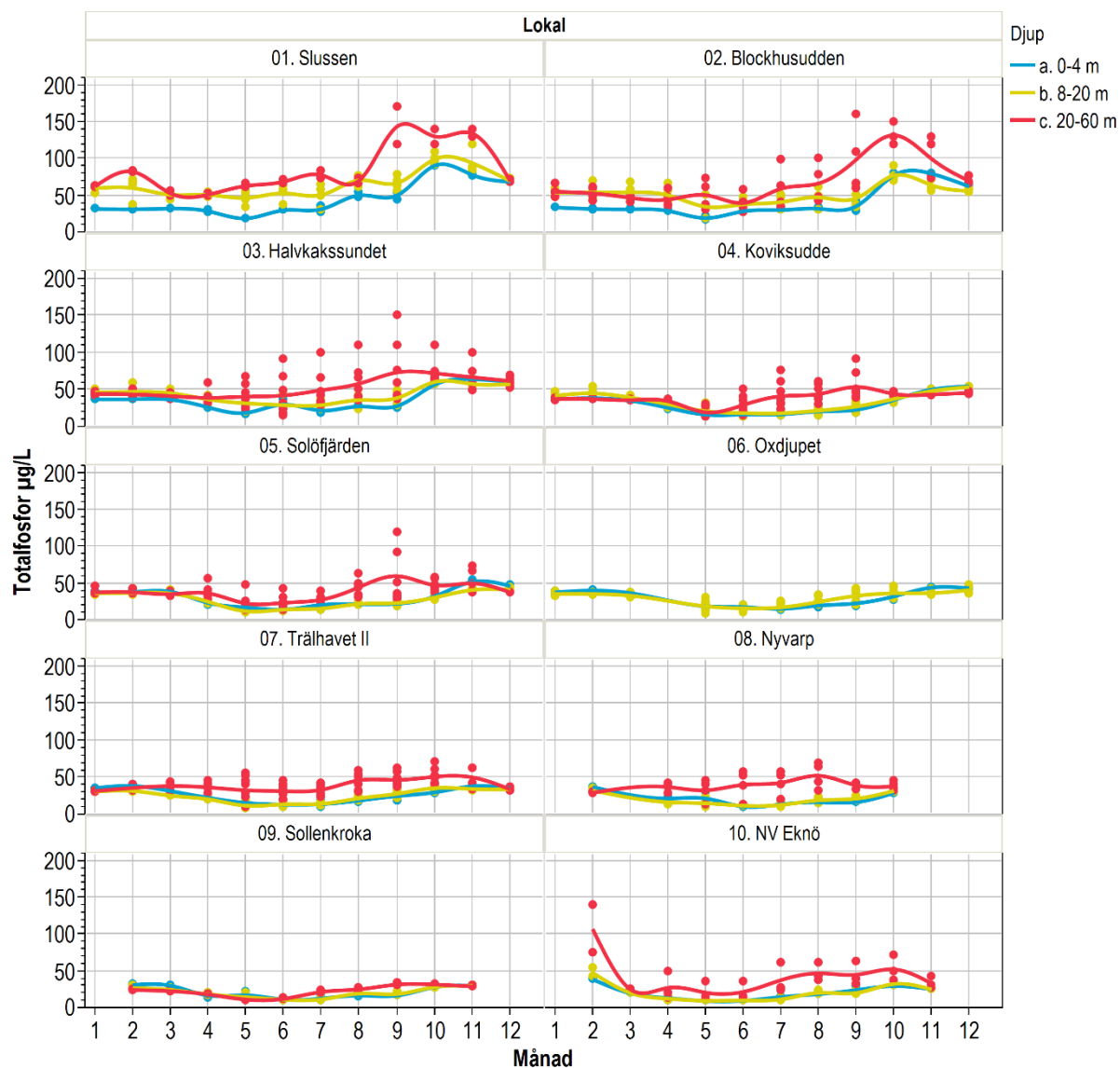


Figur 20. Total syremängd i innerskärgården juni-oktober 2018 i de olika djupskikten.

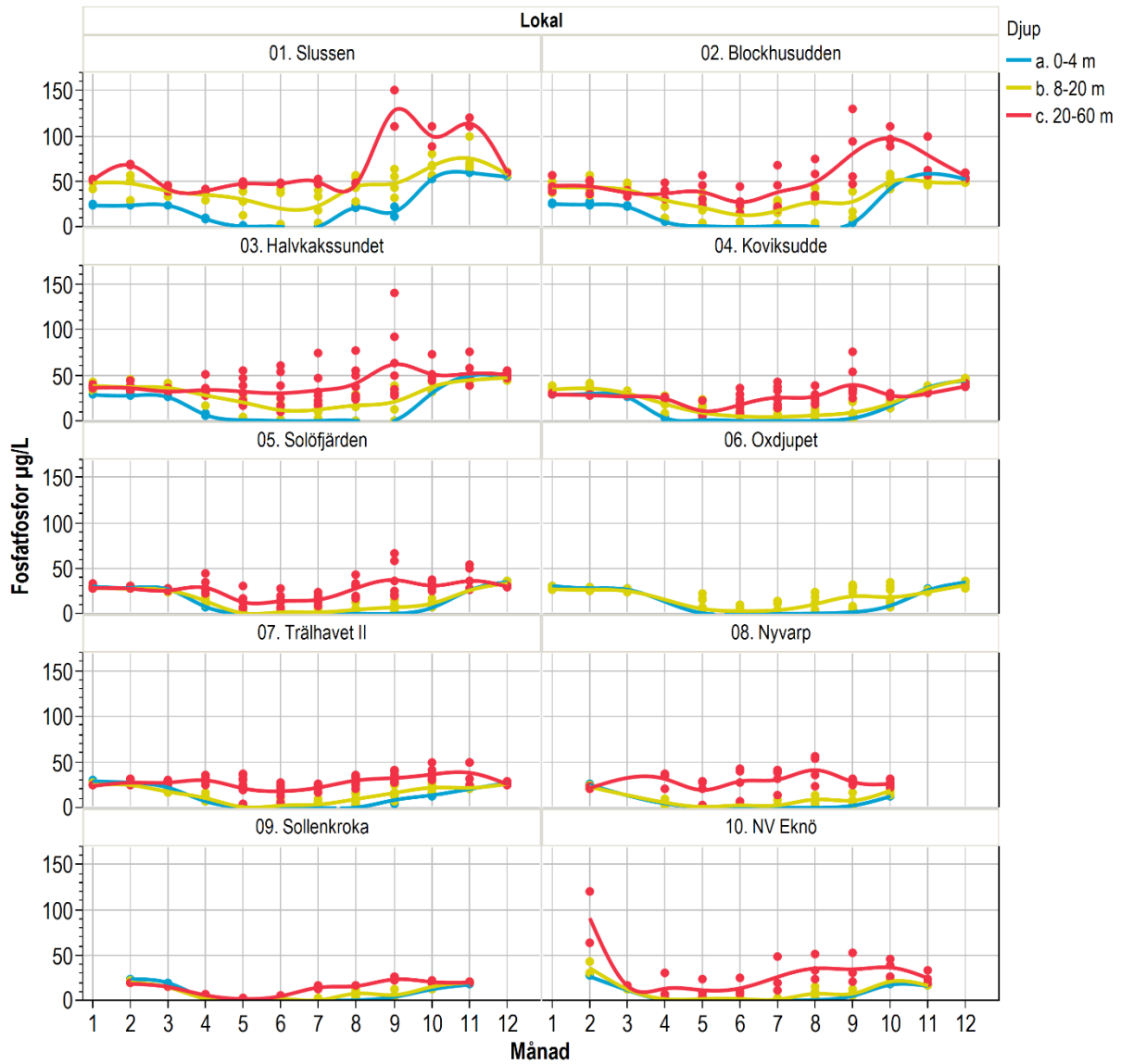
Koviksudde



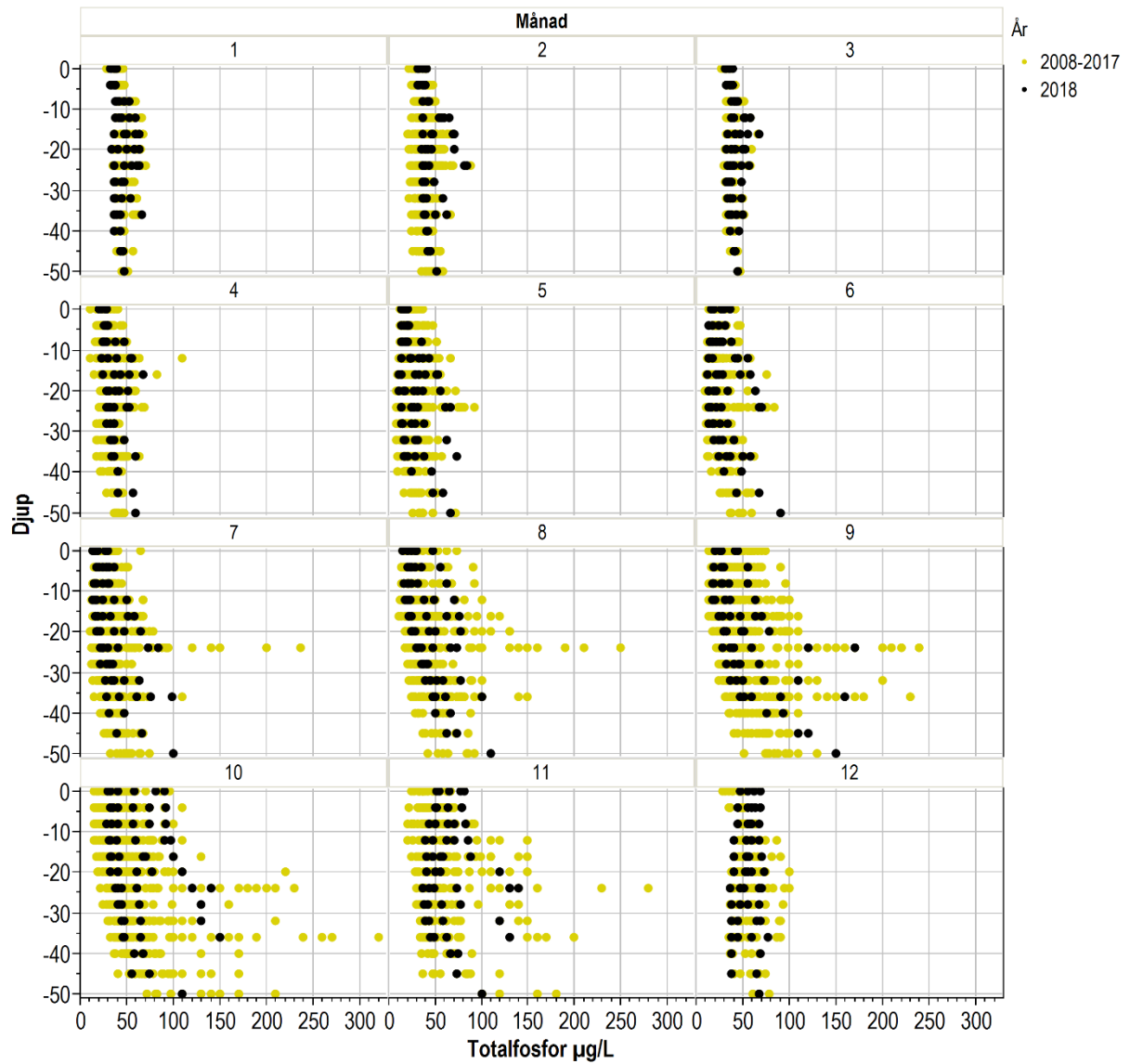
Figur 21. Utsläpp av kväve och fosfor i det reade avloppsvattnet från Stockholm Vatten och Avfalls avloppsreningsverk 1968-2018 jämfört med halten av kväve och fosfor i ytvattnet (0-8 m) vid Koviksudde.



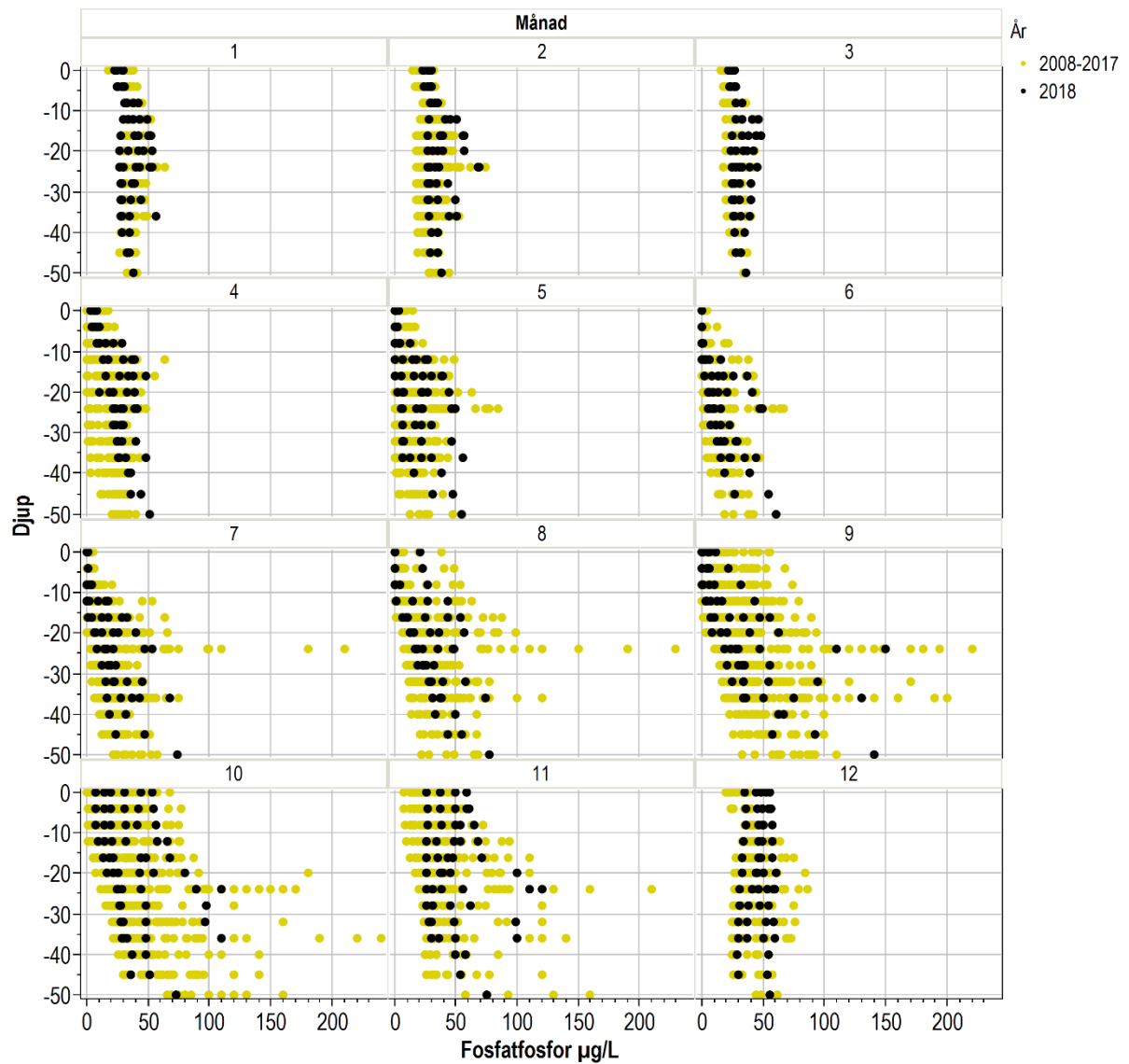
Figur 22. Variation av totalfosforhalten i ytvattnet (0-4 m; blå), en bit ner (8-20 m; gul), och i bottenvattnet (20-60 m; röd) under året 2018 längs med segelleden. Linjerna anger medelvärden.



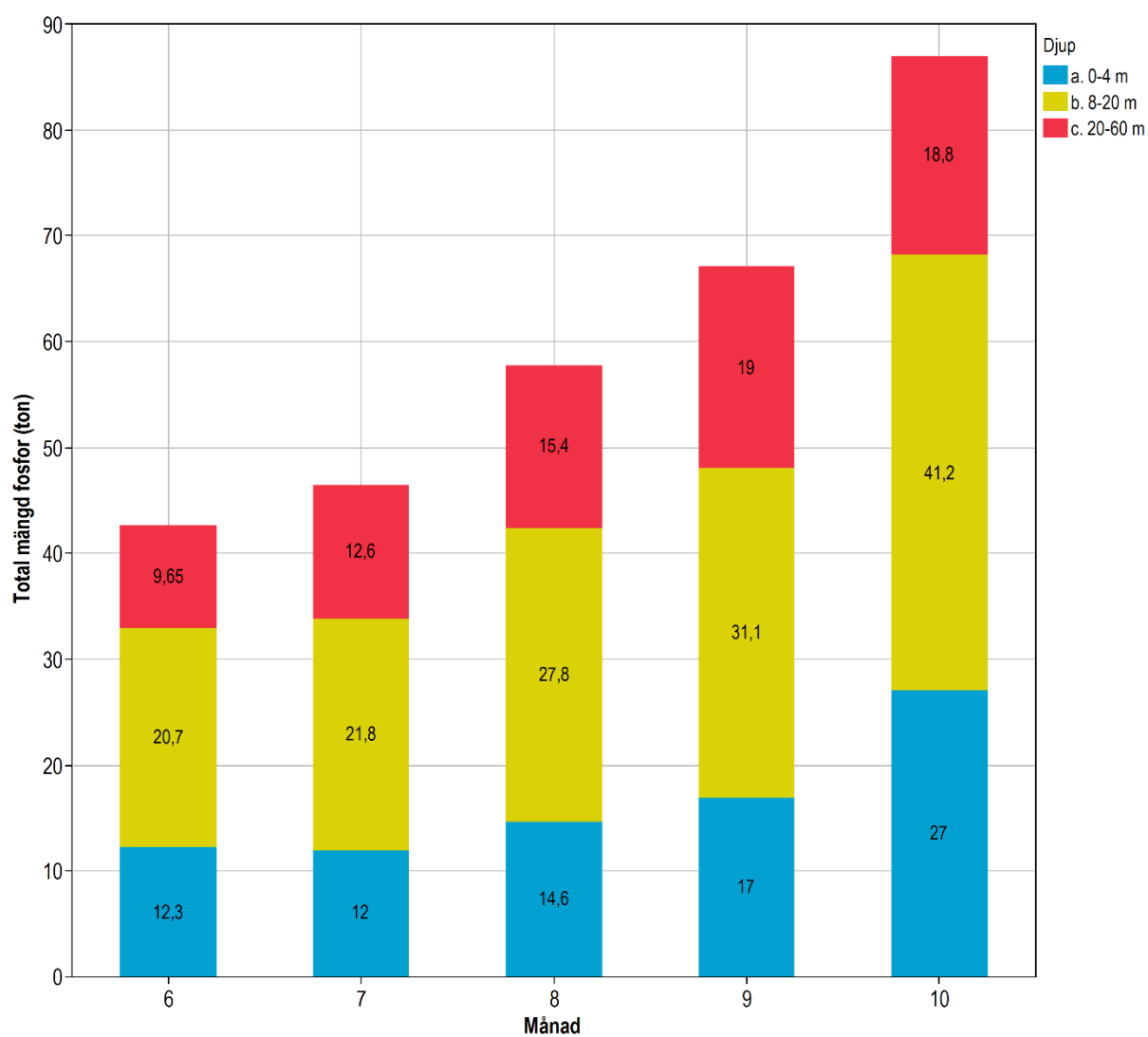
Figur 23. Variationen av fosfat i ytvattnet (0-4 m; blå), en bit ner (8-20 m; gul), och i bottenvattnet (20-60 m; röd) under året 2018 längs med segelleden. Linjerna anger medelvärden.



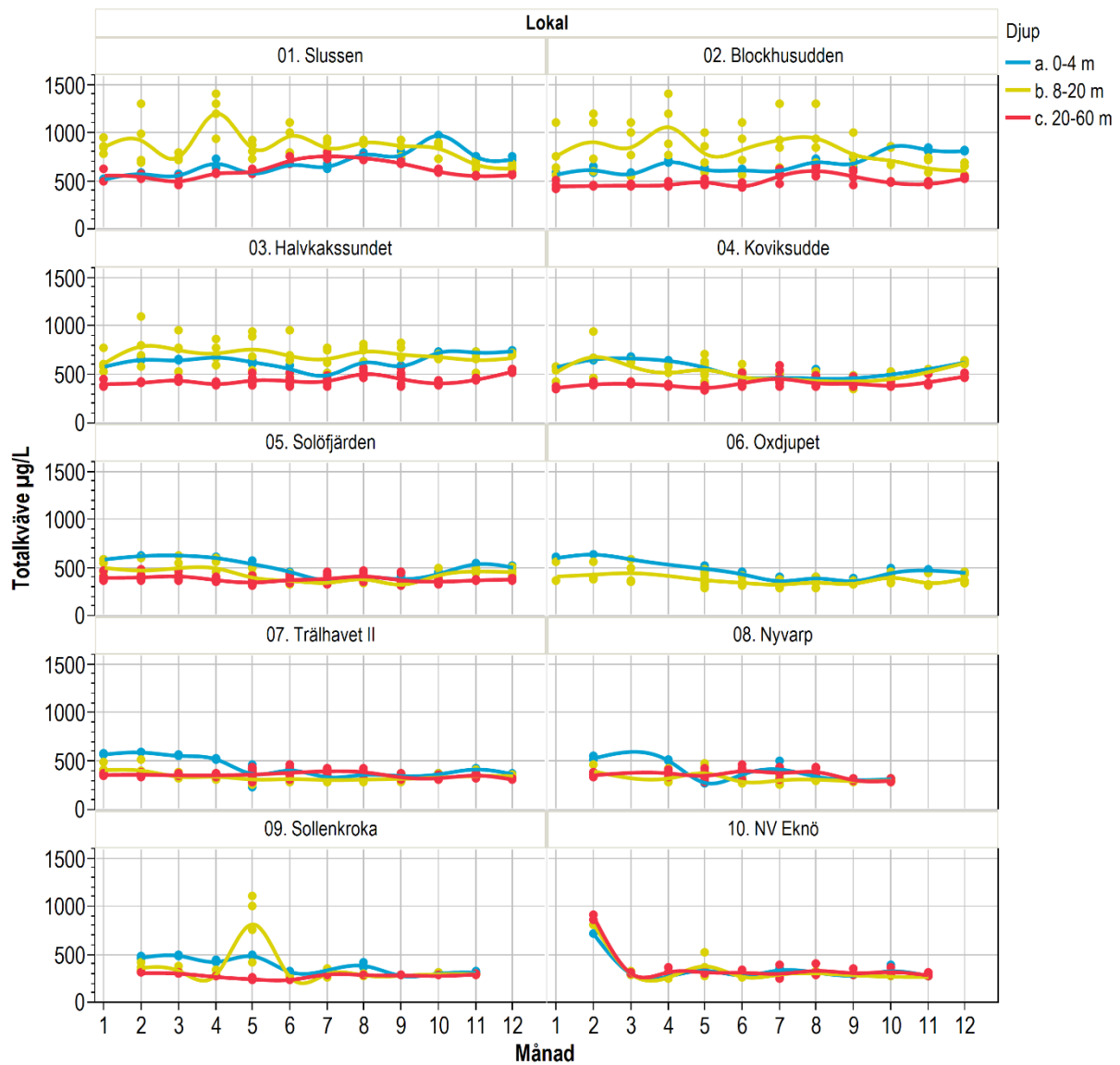
Figur 24. Totalfosforhalten under året i segelledens innerskärgårdslokaler (Slussen-Solöfjärden) under 2018 (svarta prickar) och 2008-2017 (gula prickar).



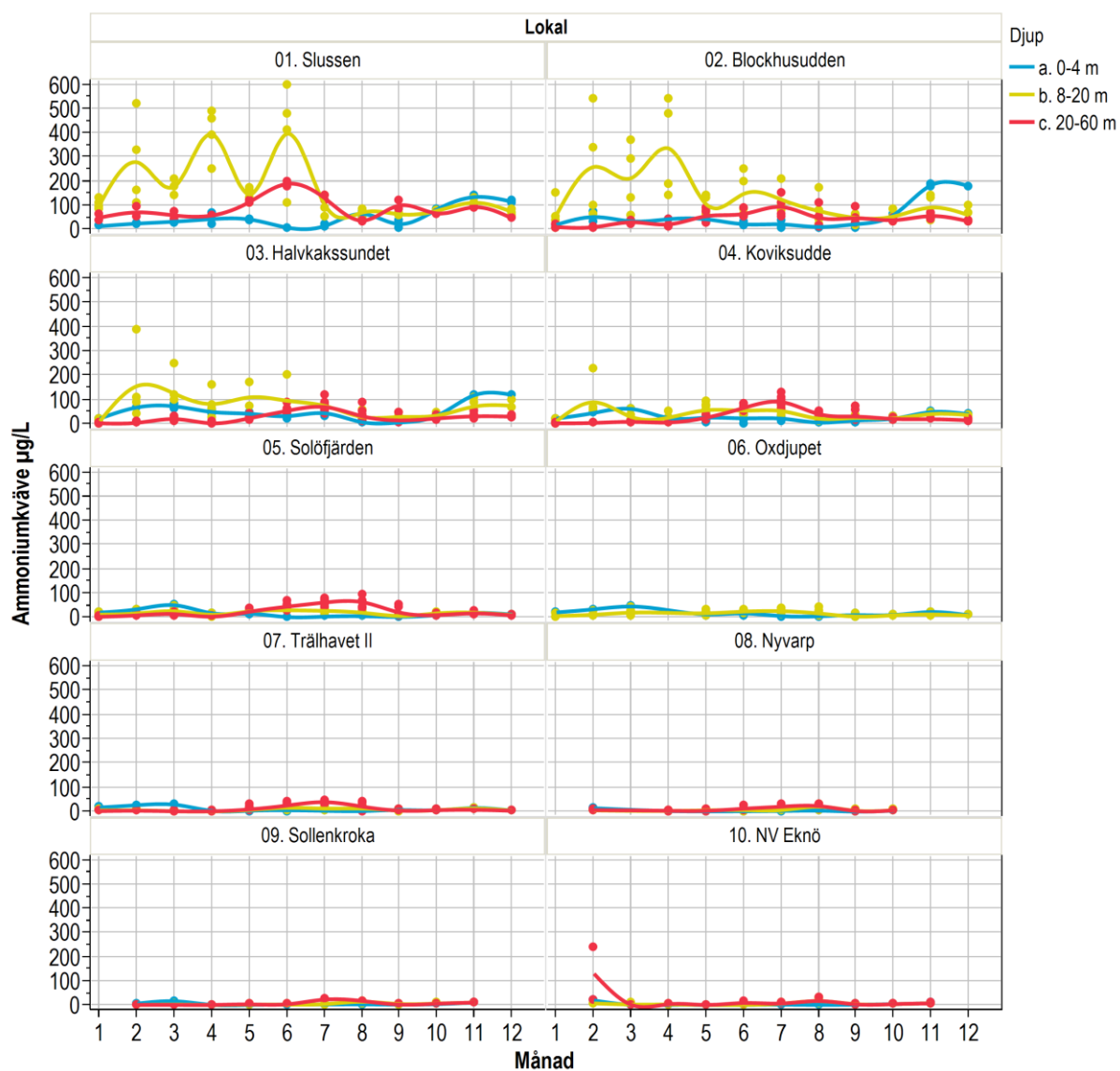
Figur 25. Fosfatfosforhalten under året i segelledens innerskärgårdslokaler (Slussen-Solöfjärden) under 2018 (svarta prickar) och 2008-2017 (gula prickar).



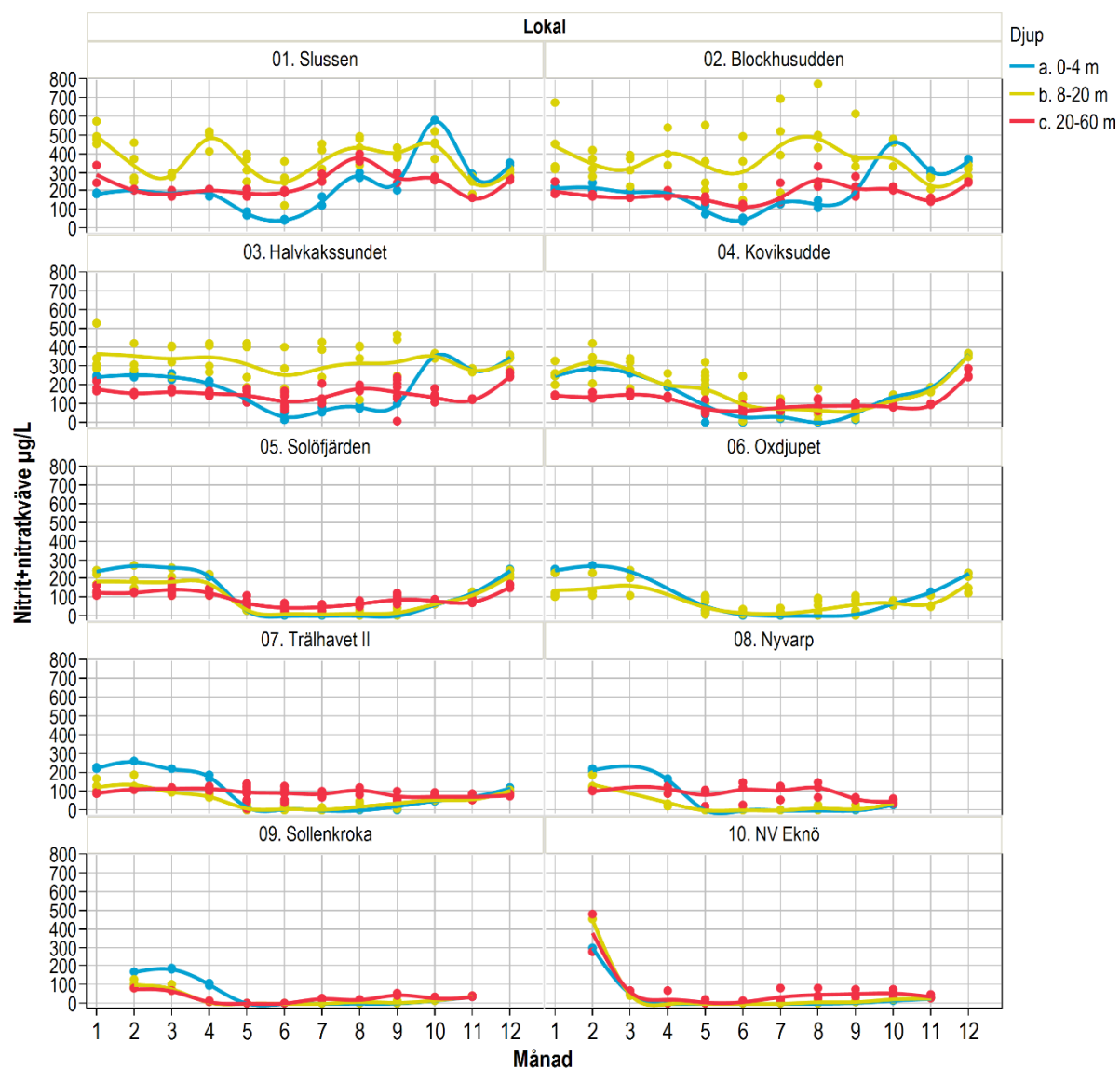
Figur 26. Total fosformängd i innerskärgården juni-oktober 2018 i de olika djupskikten.



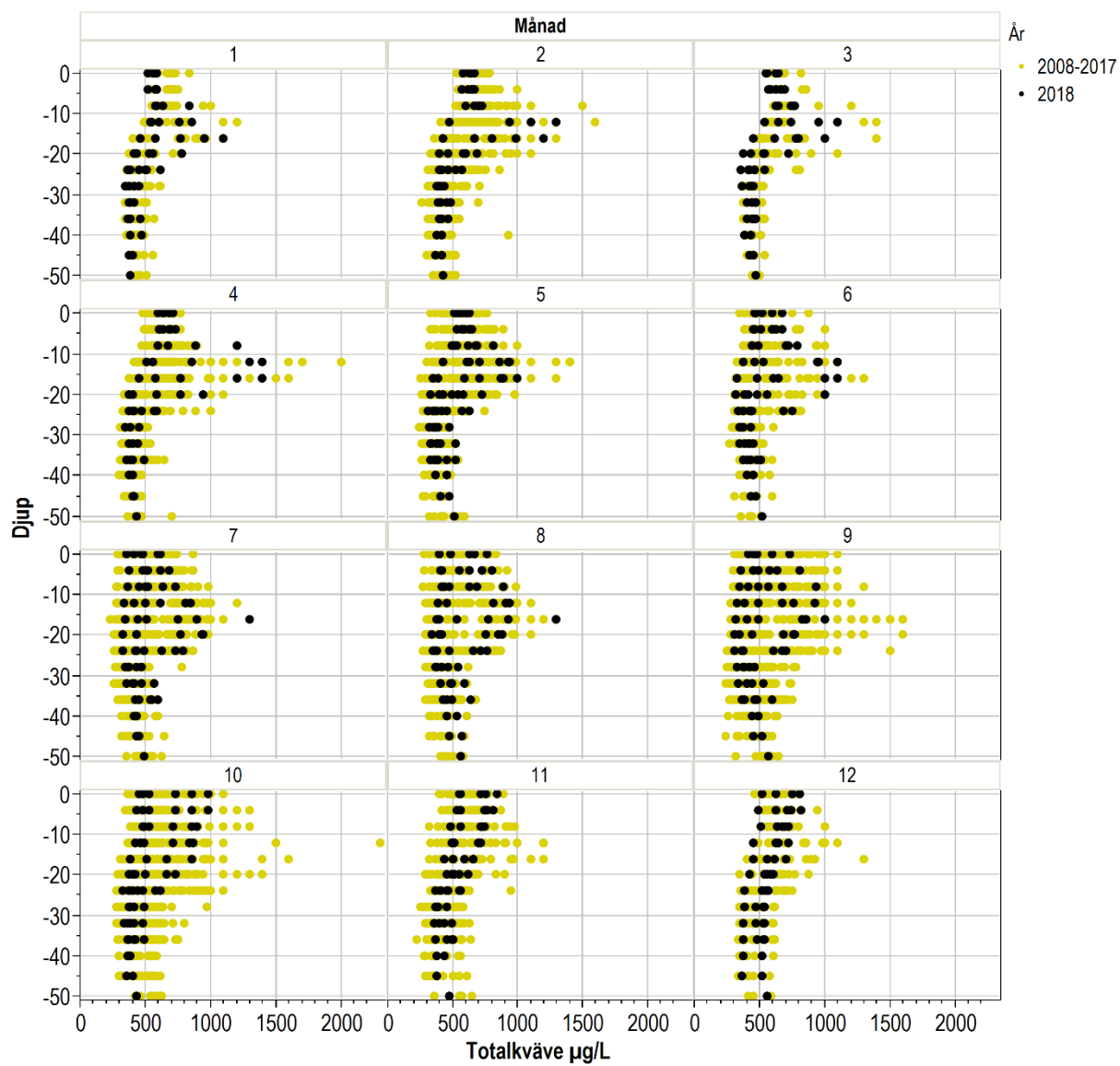
Figur 27. Variation av totalkvävehalten i ytvattnet (0-4 m; blå), en bit ner (8-20 m; gul), och i bottenvattnet (20-60 m; röd) under året 2018 längs med segelleden. Linjerna anger medelvärden.



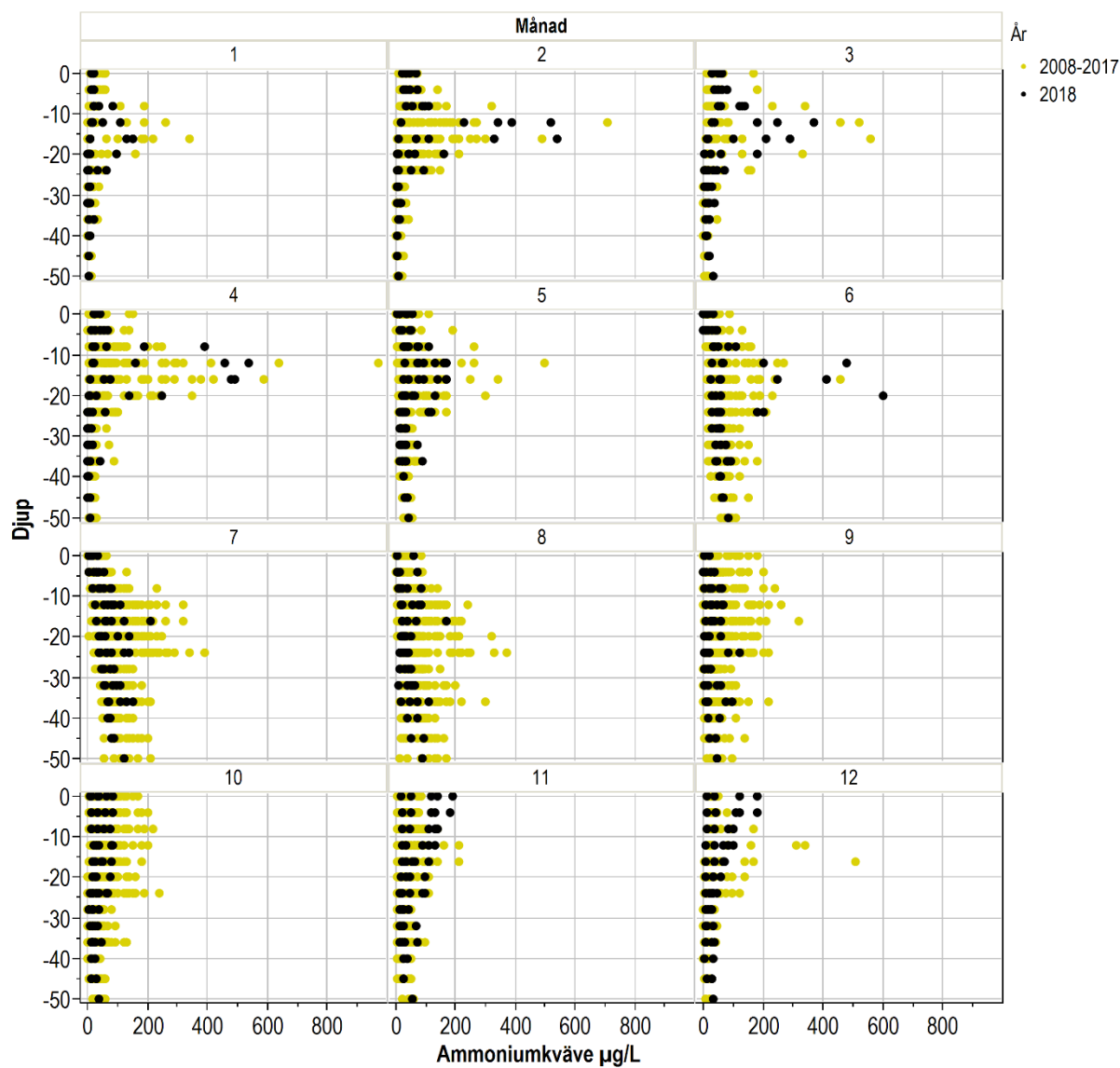
Figur 28. Variation av ammoniumkvävehalten i ytvattnet (0-4 m; blå), en bit ner (8-20 m; gul), och i bottenvattnet (20-60 m; röd) under året 2018 längs med segelleden. Linjerna anger medelvärden.



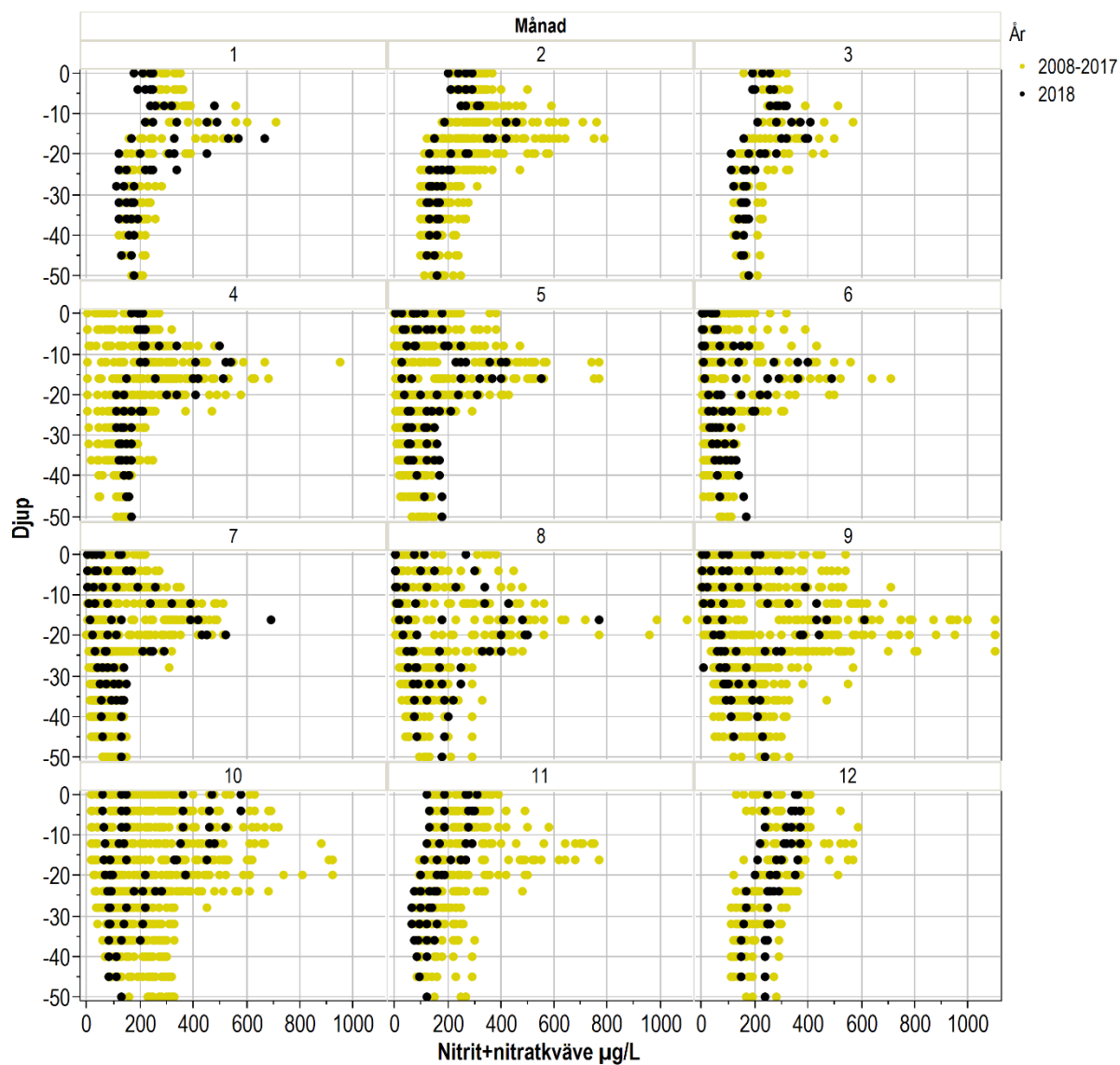
Figur 29. Variation av nitrit+nitratkvävehalten i ytvattnet (0-4 m; blå), en bit ner (8-20 m; gul), och i bottenvattnet (20-60 m; röd) under året 2018 längs med segelleden. Linjerna anger medelvärden.



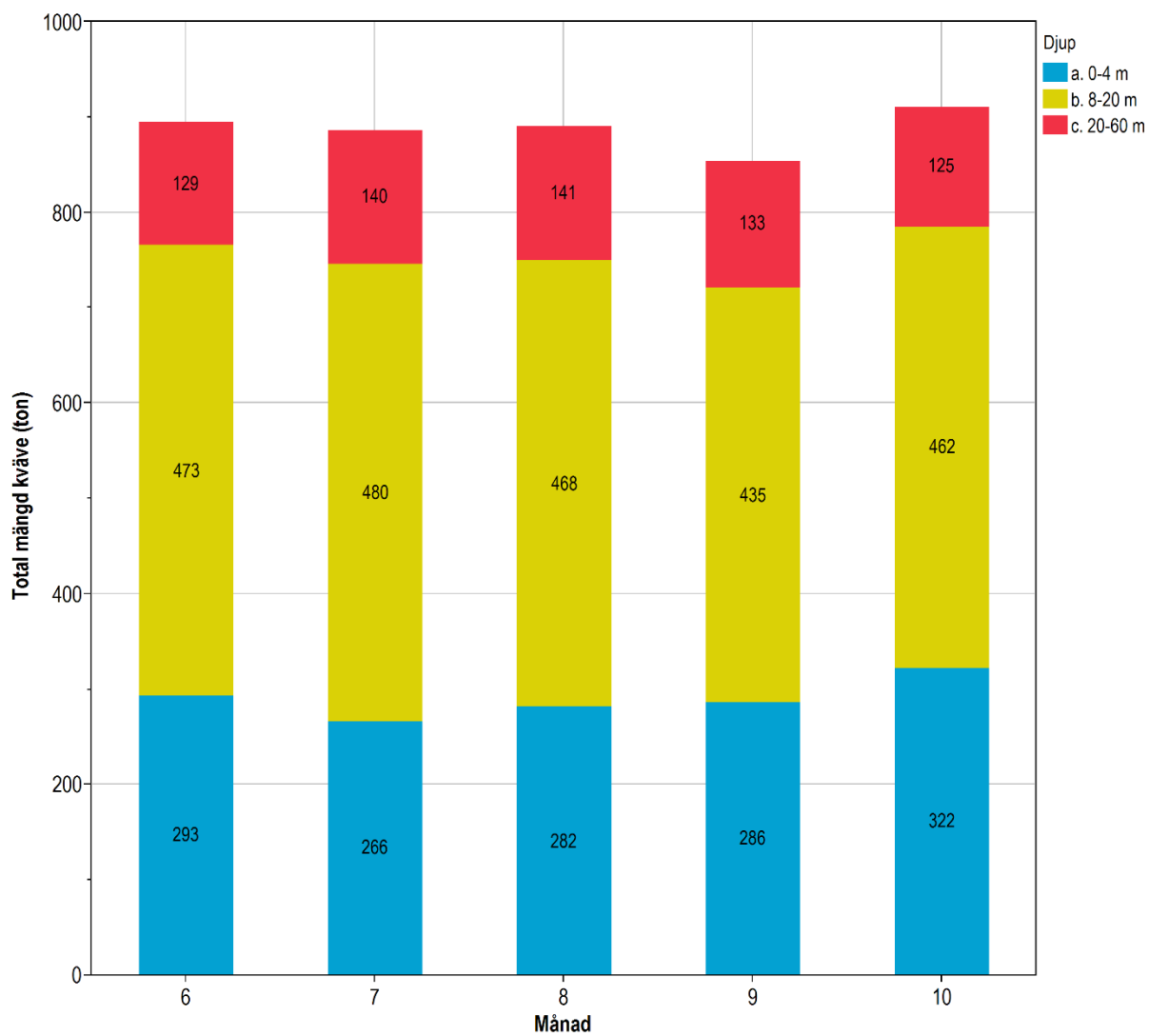
Figur 30. Totalkvävehalten under året i segelledens innerskärgårdslokaler (Slussen-Solöfjärden) under 2018 (svarta prickar) och 2008-2017 (gula prickar).



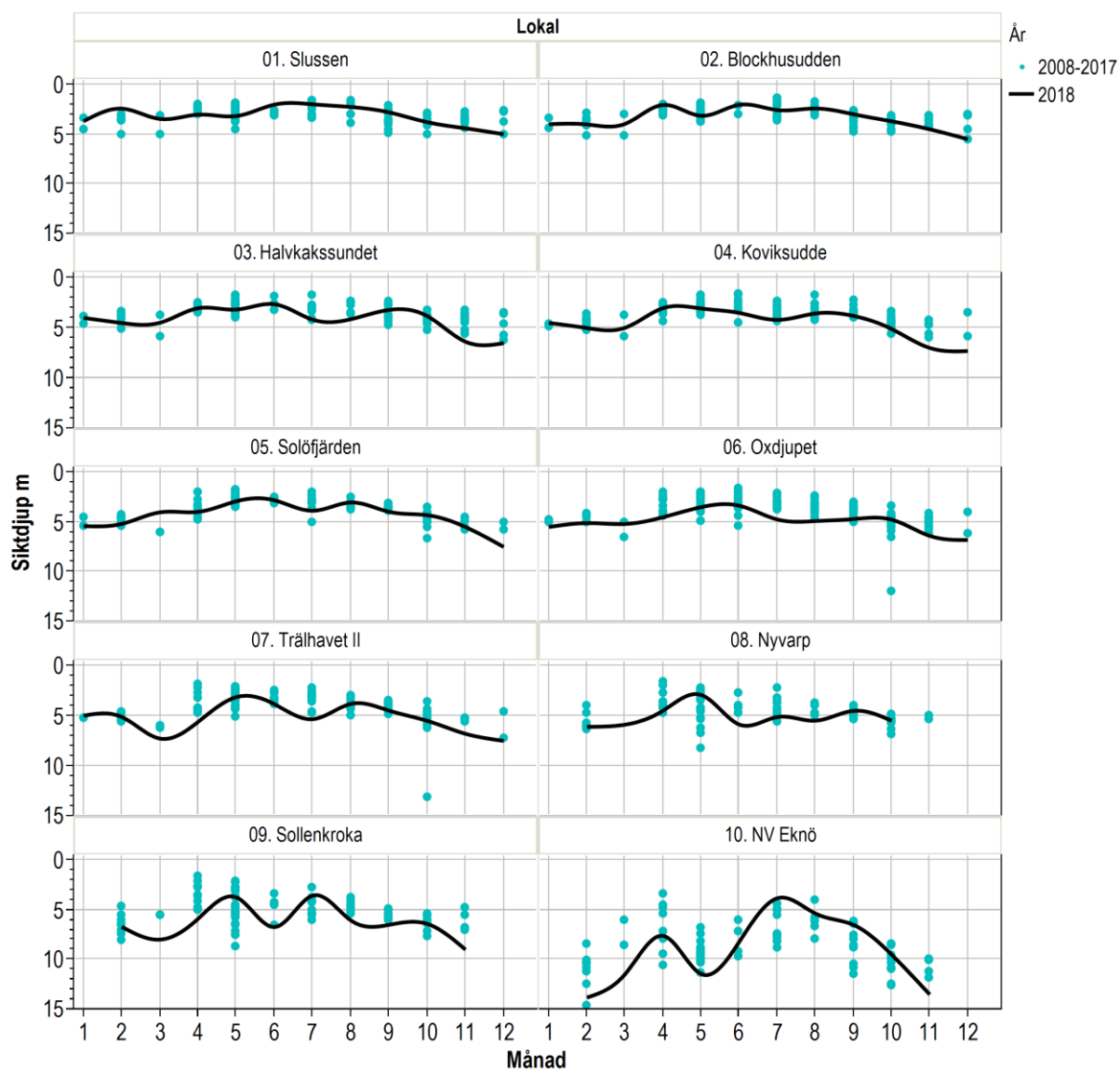
Figur 31. Ammoniumkvävehalten under året i segelledens innerskärgårdslokaler (Slussen-Solöfjärden) under 2018 (svarta prickar) och 2008-2017 (gula prickar).



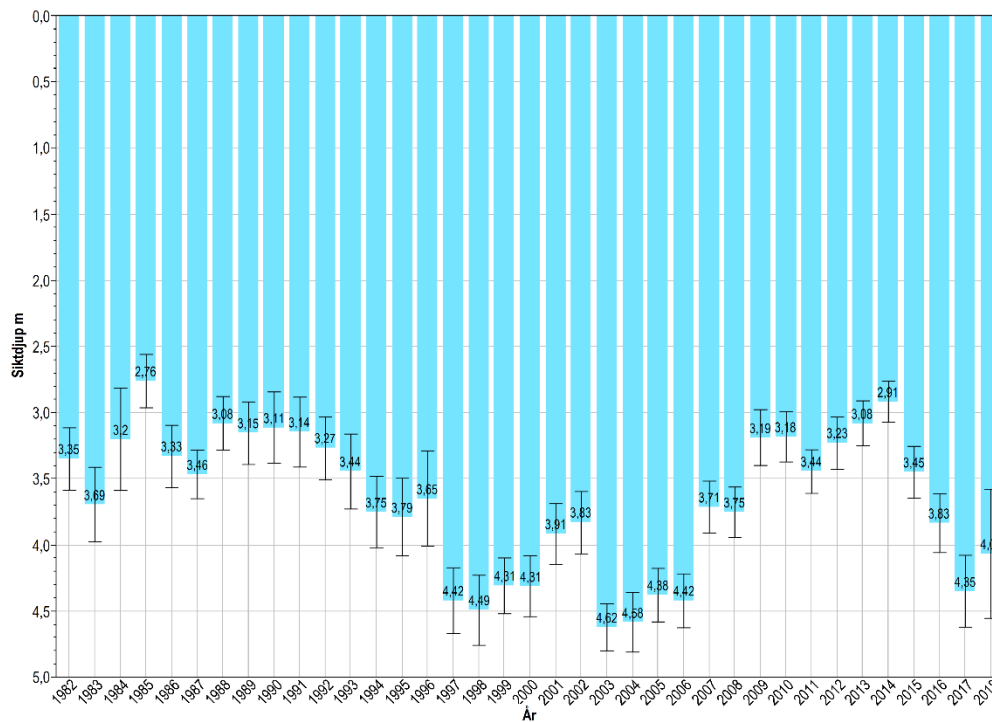
Figur 32. Nitrit+nitratkvävehalten under året i segelledens innerskärgårdslokaler (Slussen-Solöfjärden) under 2018 (svarta prickar) och 2008-2017 (gula prickar).



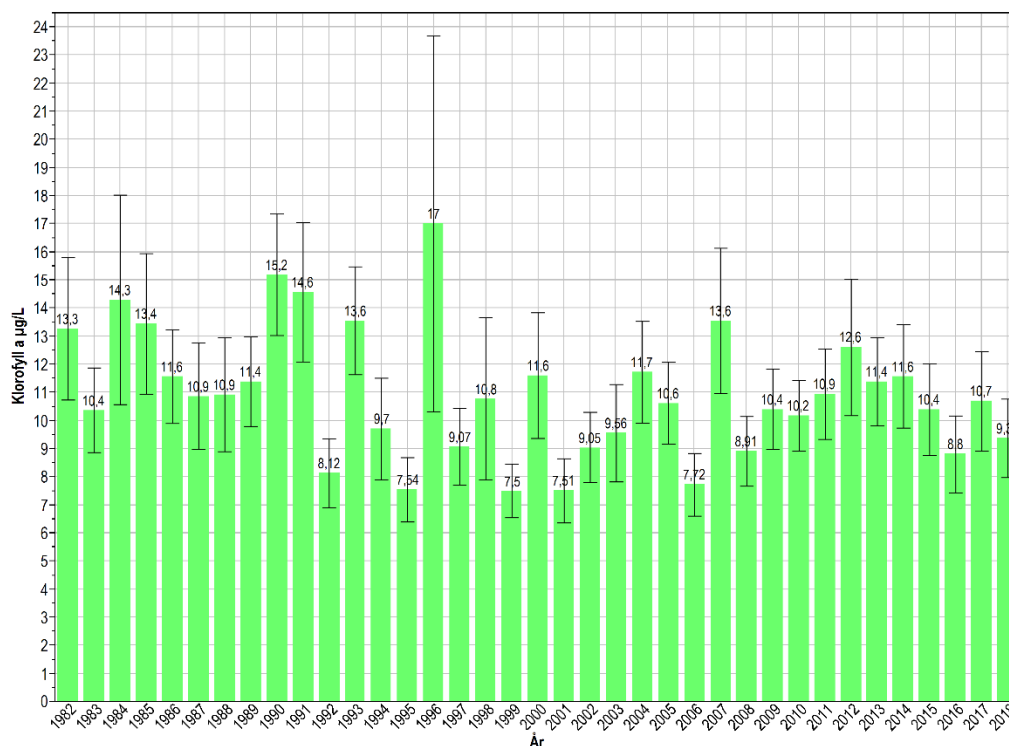
Figur 33. Total kvävemängd i innerskärgården juni-oktober 2018 i de olika djupskikten.



Figur 34. Variation av siktdjupet längs med segelleden (Slussen-NV Eknö) under 2018 (svart linje) och 2008-2017 (blåa prickar).

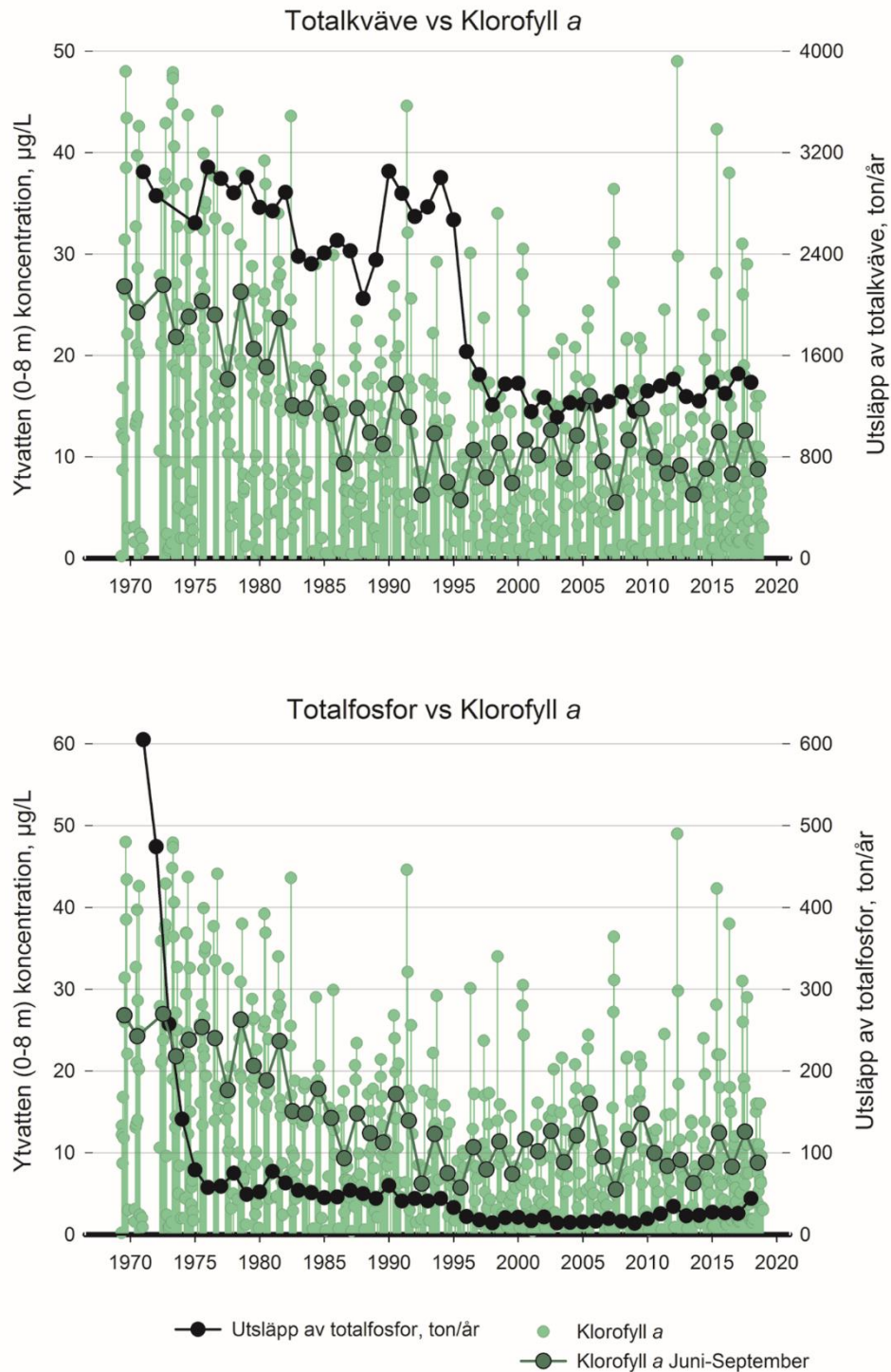


Figur 35. Siktdjup – medelhalter i innerskärgården under åren 1982-2018. För varje stapel visas också ett konfidensintervall (95 %) för varje medelvärde.

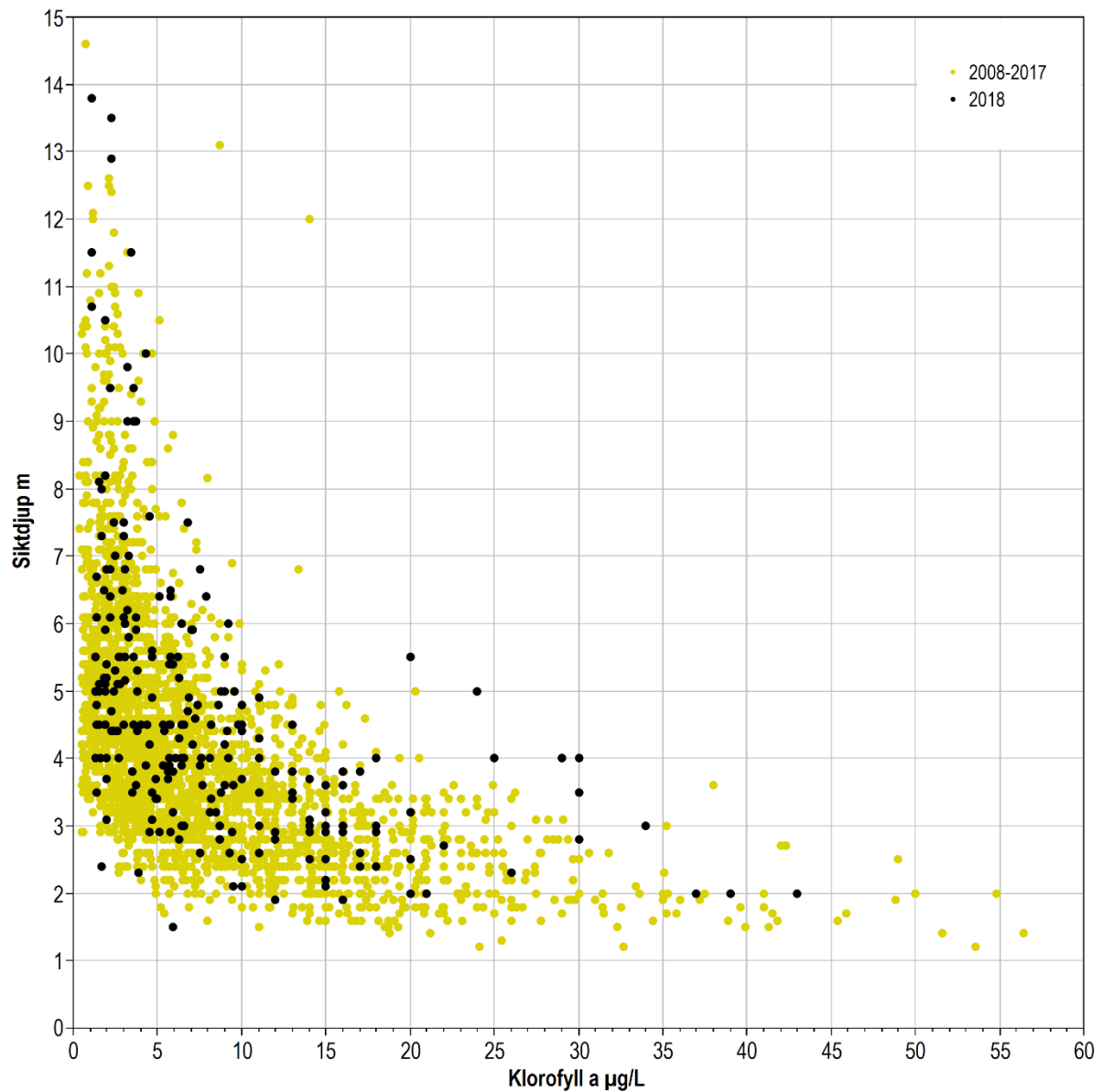


Figur 36. Klorofyll a – medelhalter i innerskärgården under åren 1982-2018. För varje stapel visas också ett konfidensintervall (95 %) för varje medelvärde.

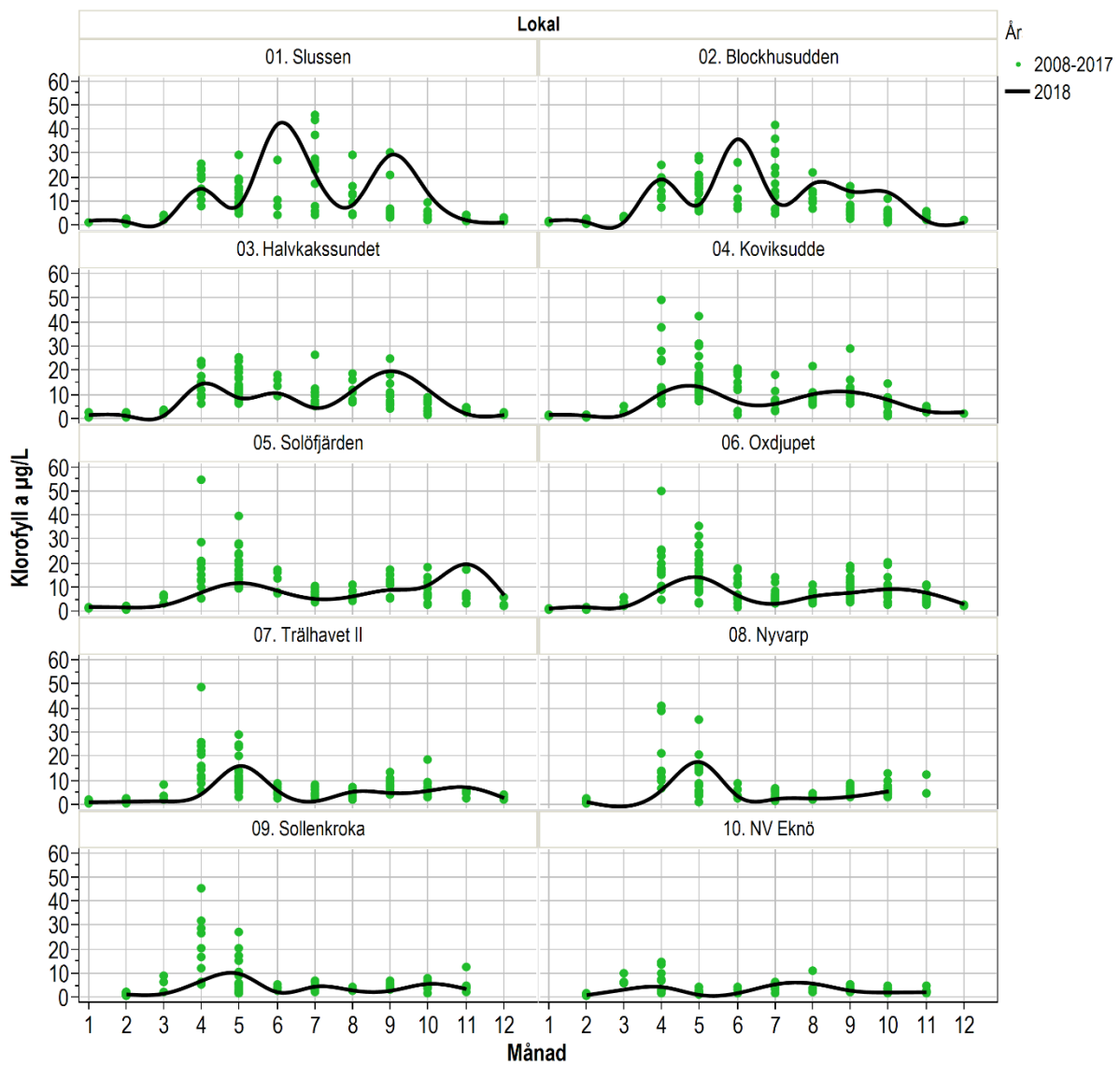
Koviksudde



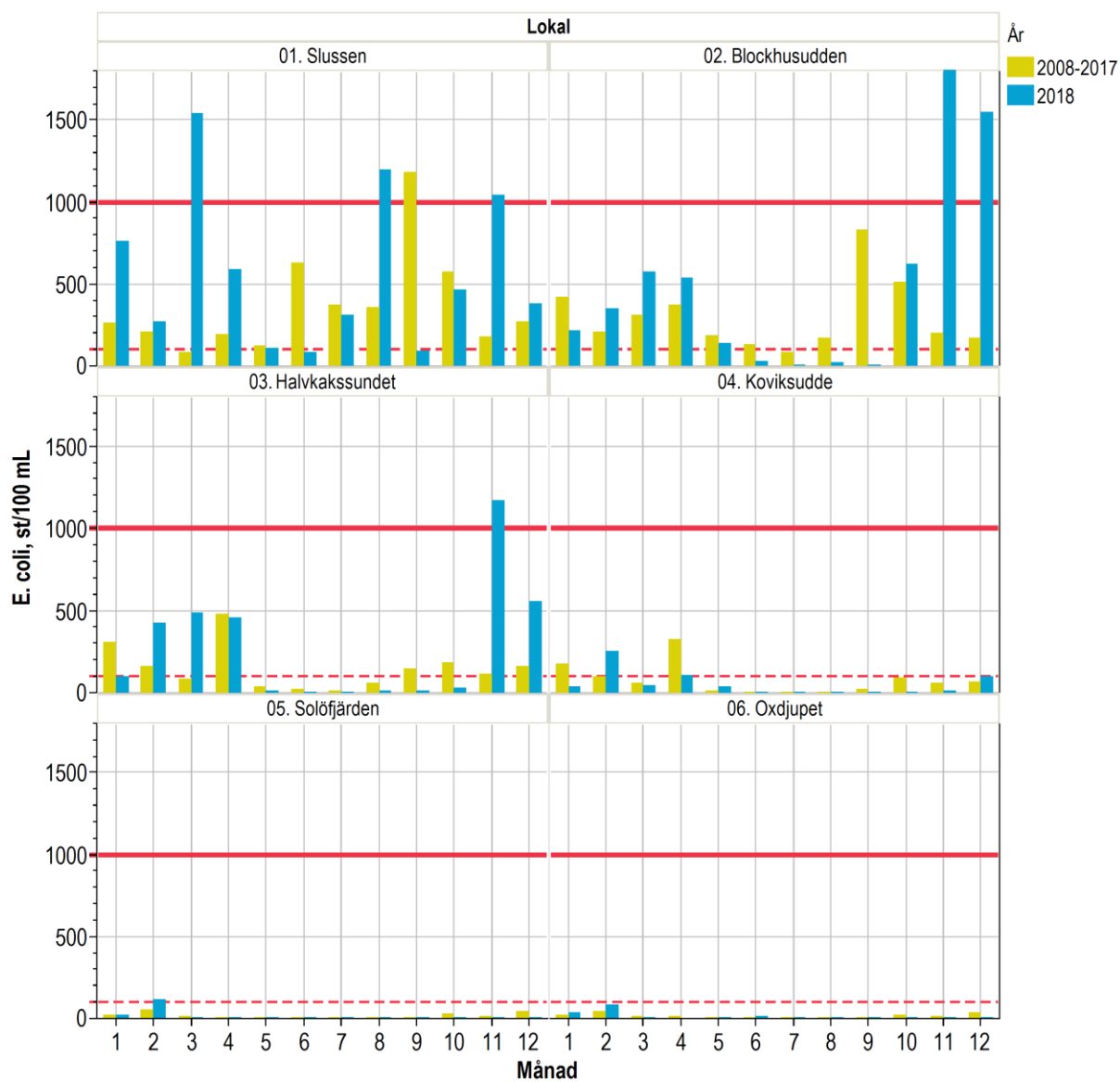
Figur 37. Utsläpp av kväve och fosfor i det renade avloppsvattnet från Stockholm Vatten och Avfalls avloppsreningsverk 1968-2018 jämfört med halten av klorofyll *a* i ytvattnet (0-8 m) vid Koviksudde. Ett årsmedelvärde av halten klorofyll *a* under perioden juni-september visas också.



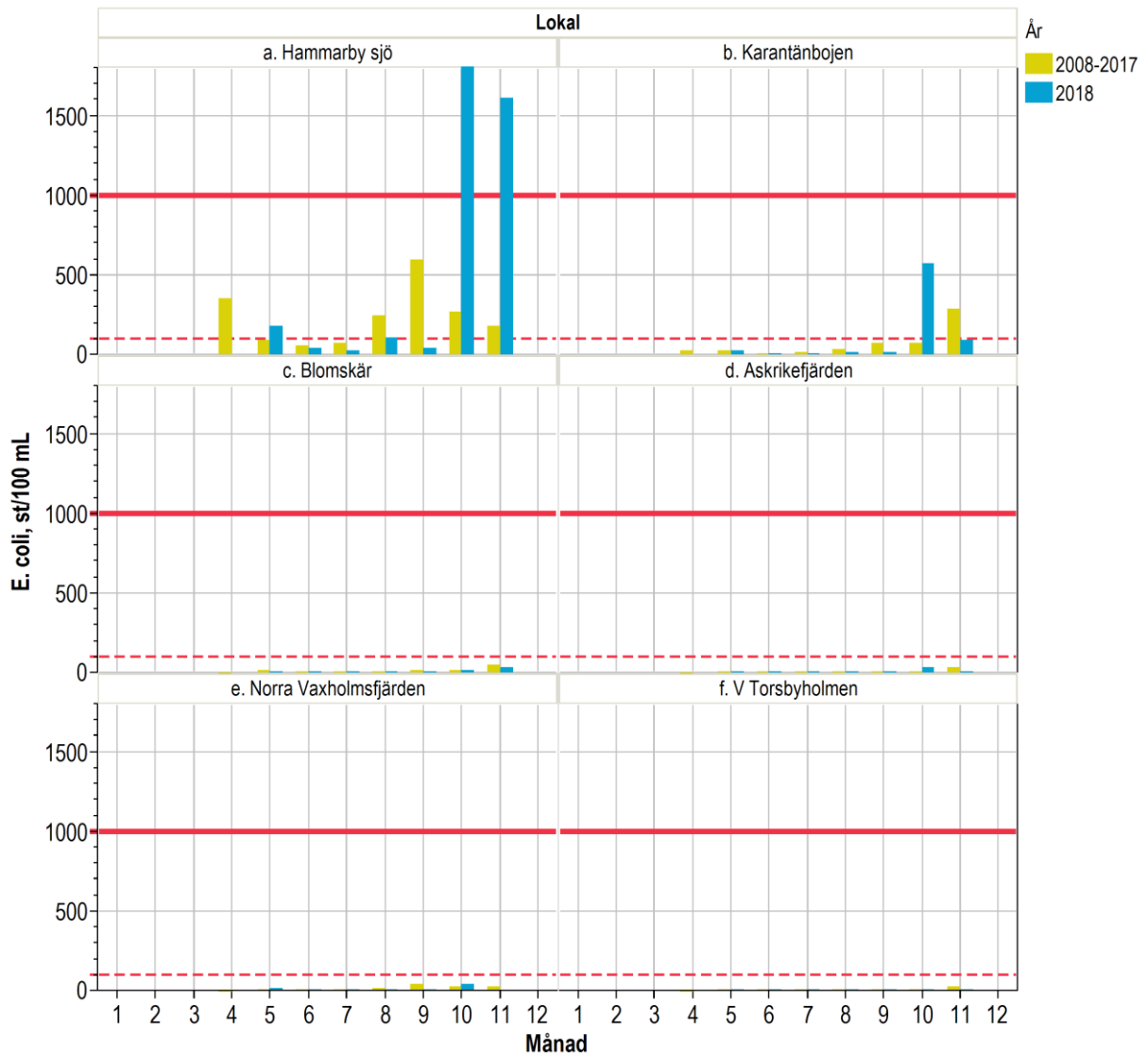
Figur 38. Omvänd korrelation mellan siktdjup och klorofyll. Figuren innehåller all siktdjups- och klorofylldata framtagen inom ramen för detta skärgårdsprogram under perioden 2008-2018, varav de gula prickarna illustrerar 2008-2017 och de svarta prickarna illustrerar 2018.



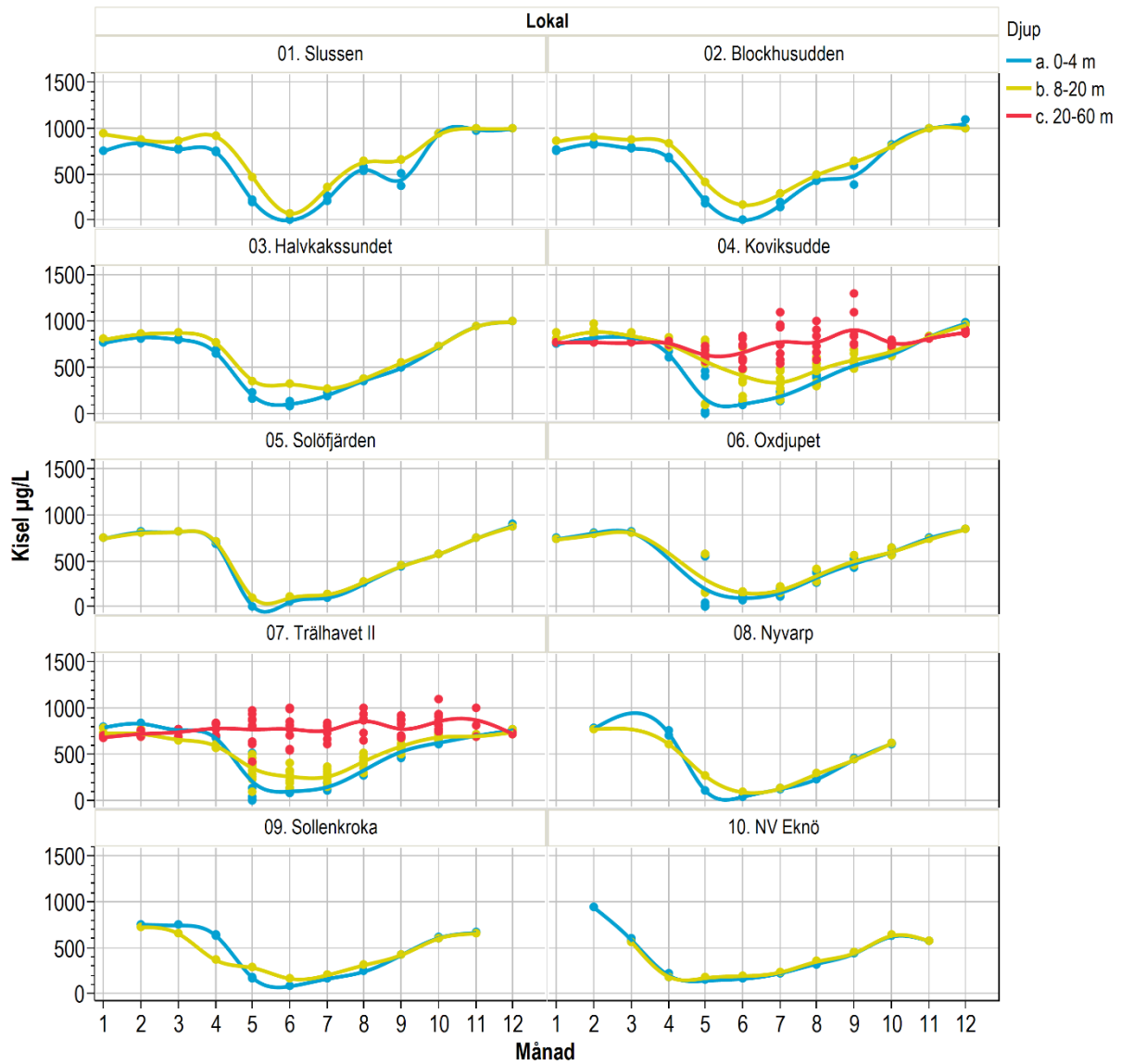
Figur 39. Variation av klorofyllhalten längs med segelleden (Slussen-NV Eknö) under 2018 (svart linje) och 2008-2017 (gröna prickar).



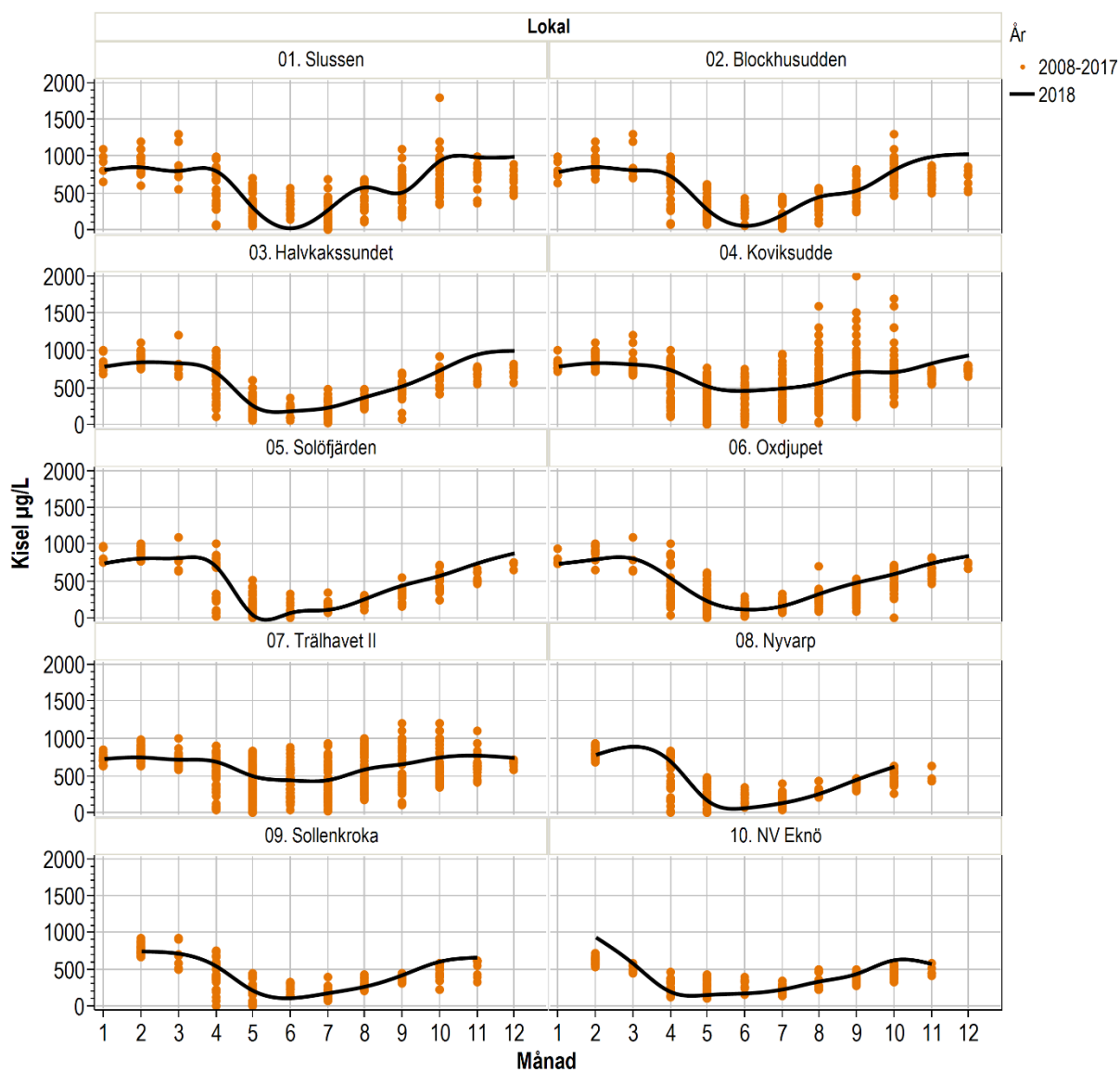
Figur 40. Förekomst av *Escherichia coli* i ytvattnet (0-4 m) – Månatssvisa medelvärden av bakterietal för åren 2008-2017 (gul stapel) samt år 2018 (blå stapel) i innerskärgården längs med segelleden.



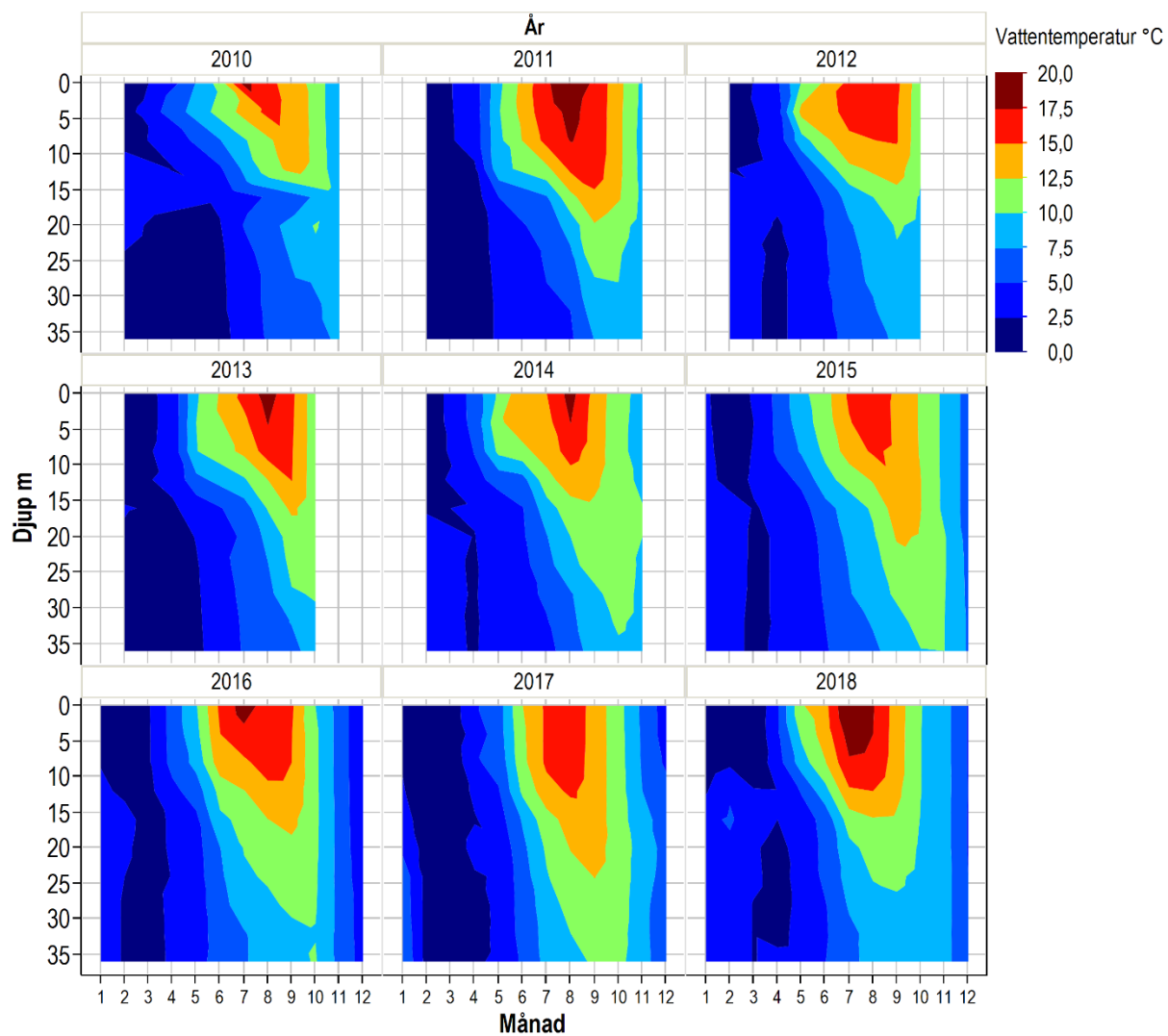
Figur 41. Förekomst av *Escherichia coli* i ytvattnet (0-4 m) – Månadsvisa medelvärden av bakterietal för åren 2008-2017 (gul stapel) samt år 2018 (blå stapel) i sidolokaler i innerskärgården.



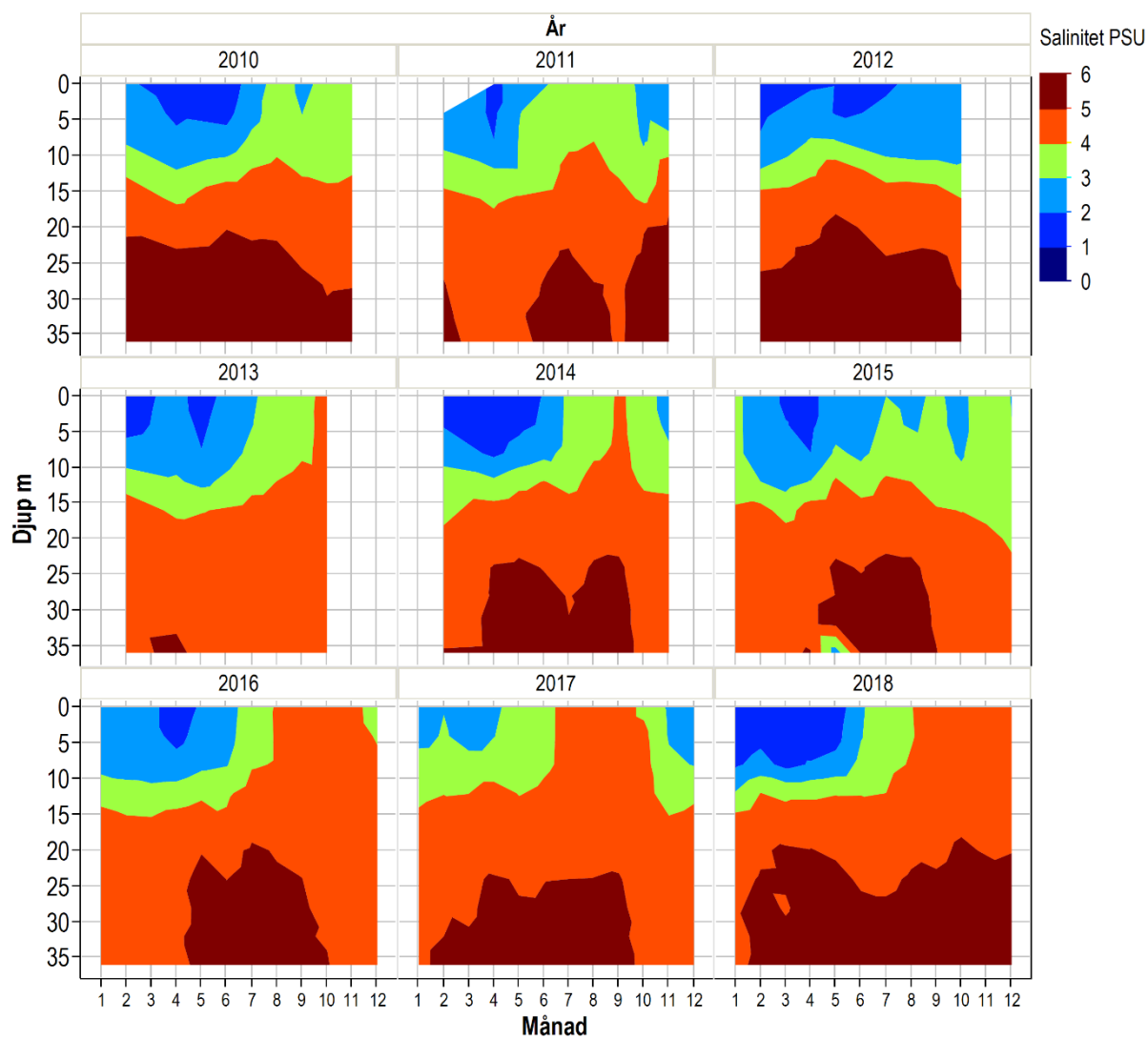
Figur 42. Variation av kiselhalten i ytvattnet (0-4 m; blå), en bit ner (8-20 m; gul), och i bottenvattnet (20-60 m; röd) under året 2018 längs med segelleden. Linjerna anger medelvärden. Observera att endast vid Koviksudde och Trälhavet har analyser av kiselhalten gjorts för bottenvattnet.



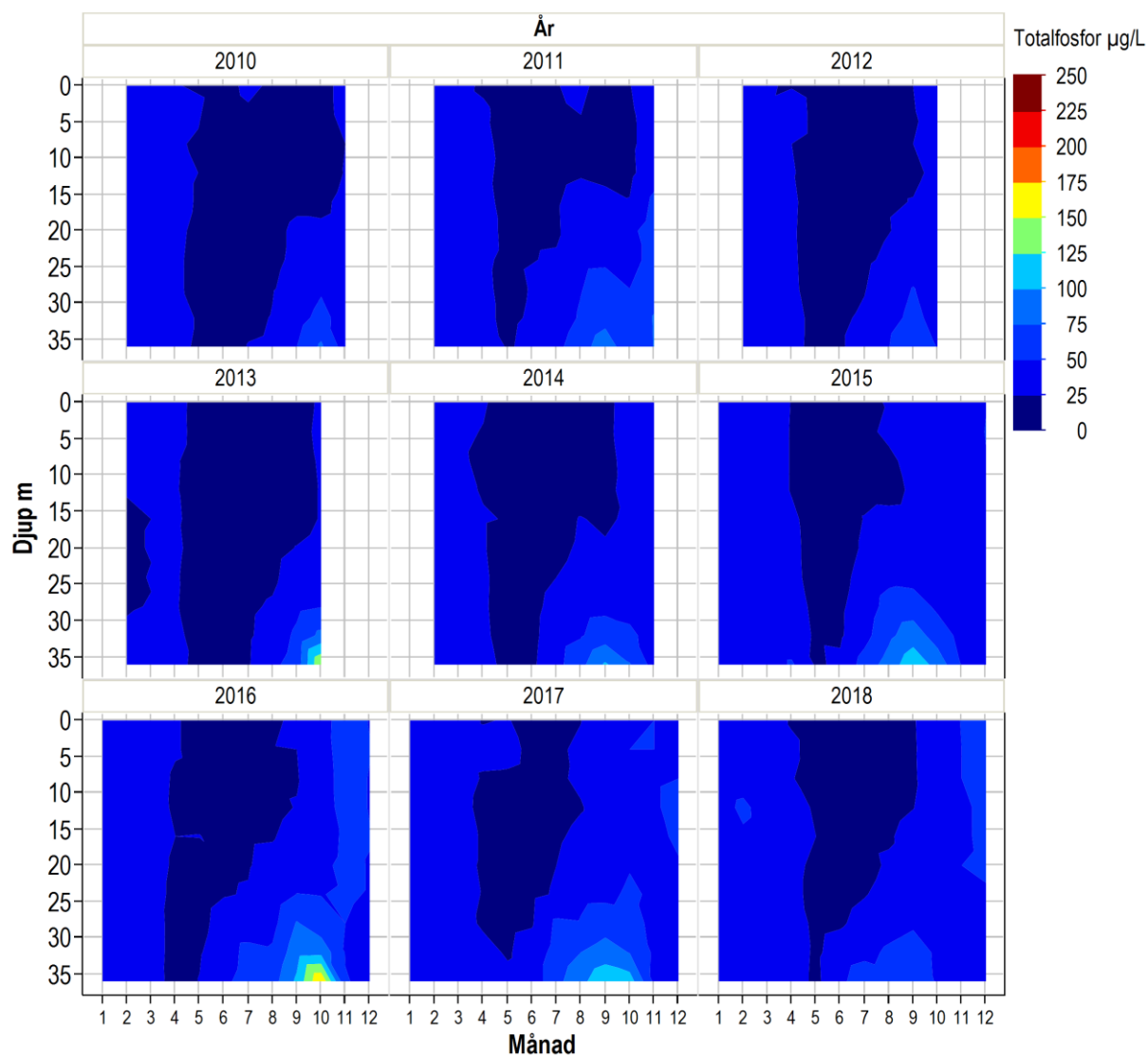
Figur 43. Variation av kiselhalten längs med segelleden (Slussen-NV Eknö) under 2018 (svart linje) och 2008-2017 (orangea prickar). För vattnet på mer än 8 meters djup finns provtagningar och analyser av kisel endast gjorda för Koviksudde och Trälhavet.



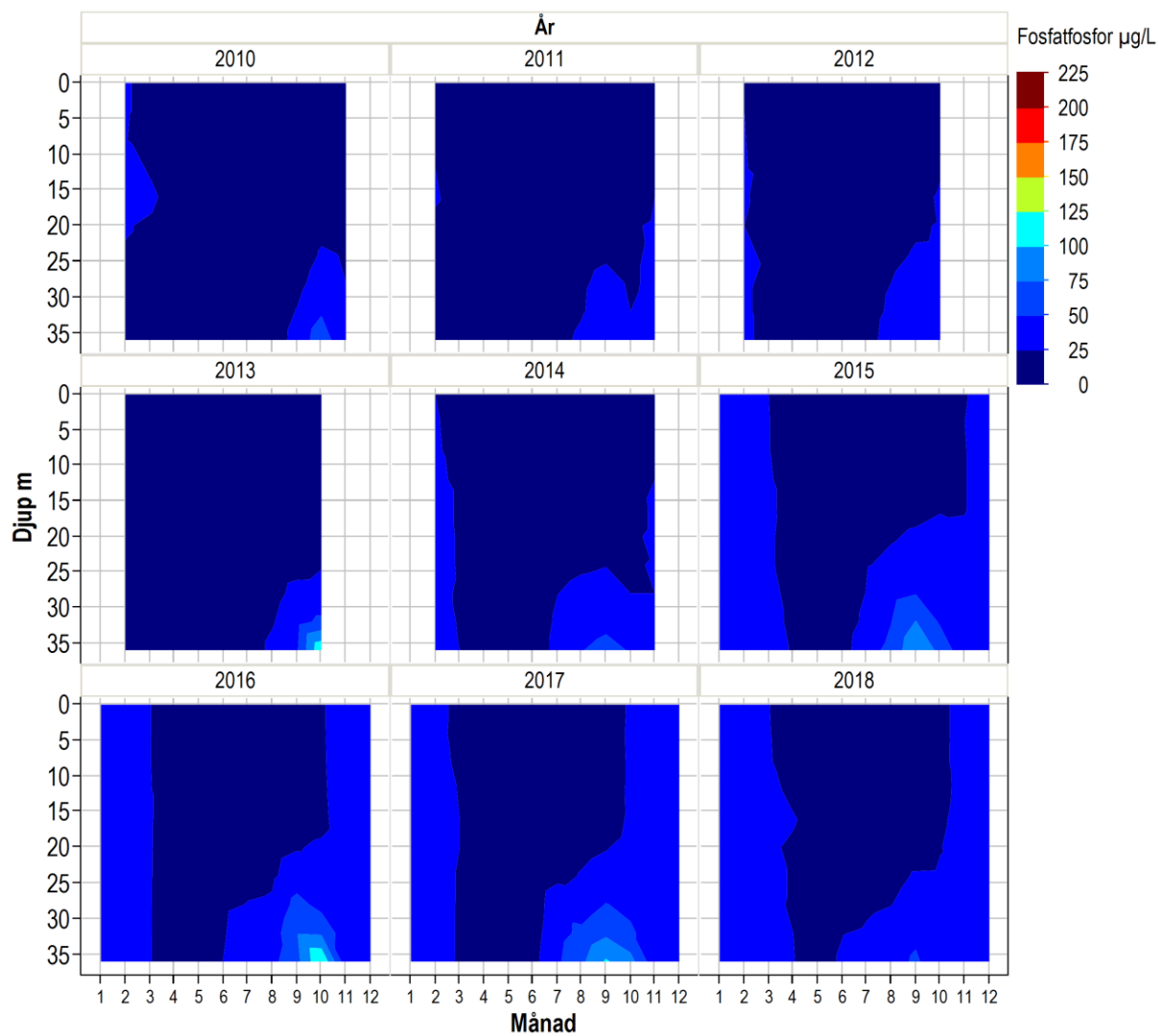
Figur 44. Vattentemperatur på 0-36 m djup för åren 2010-2018 vid Koviksudde.



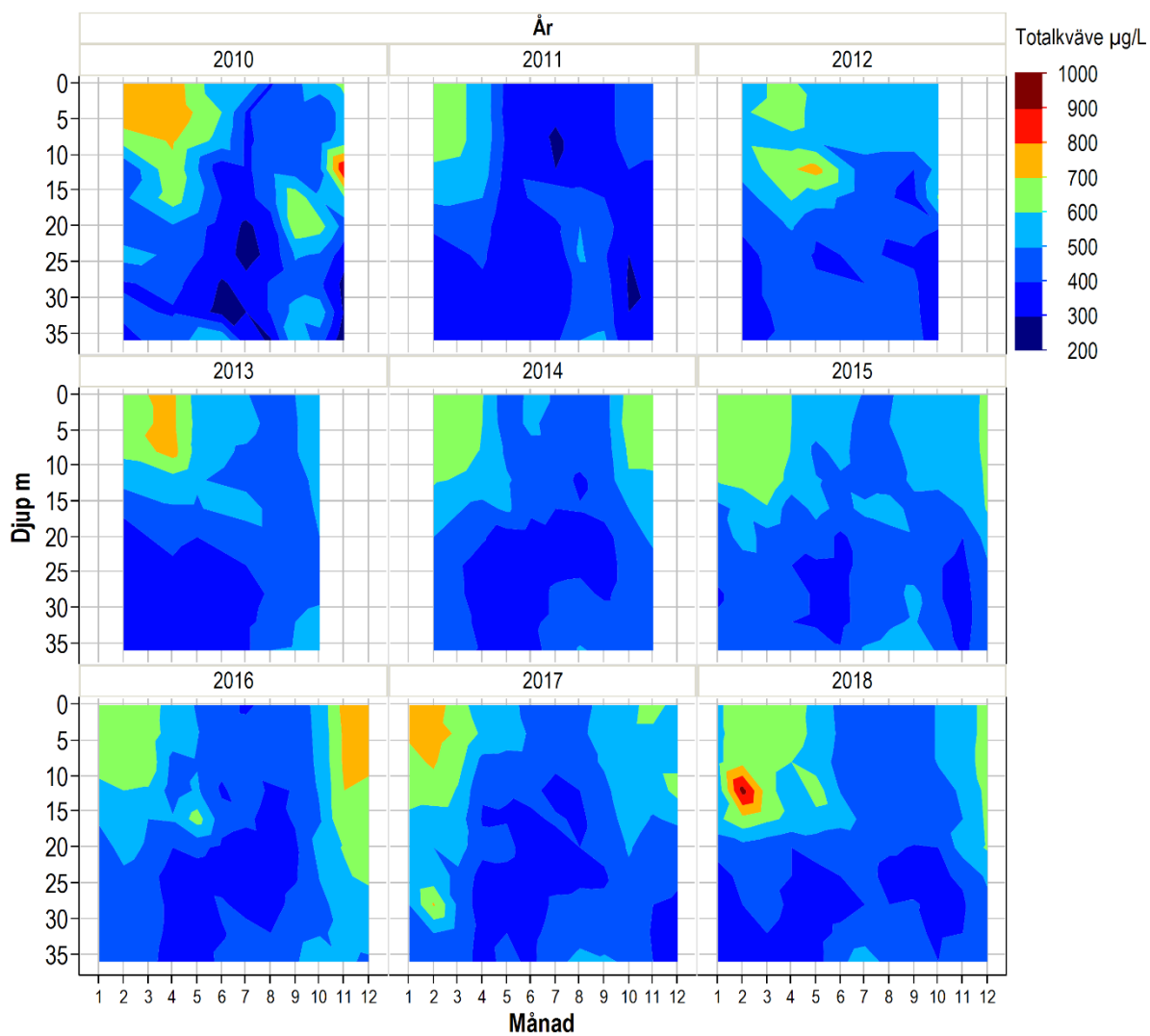
Figur 45. Salinitet på 0-36 m djup för åren 2010-2018 vid Koviksudde.



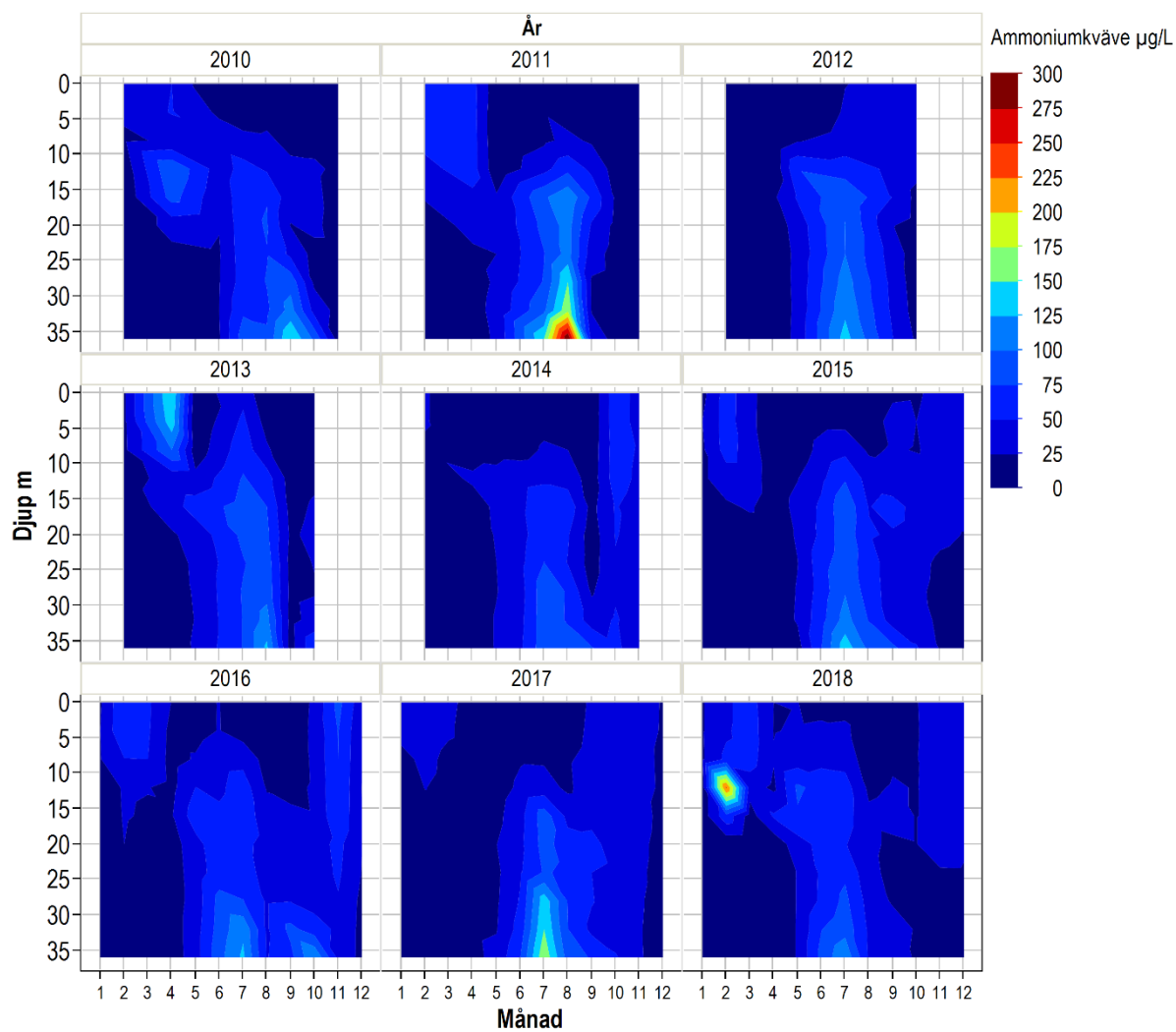
Figur 46. Totalfosforhalt på 0-36 m djup för åren 2010-2018 vid Koviksudde.



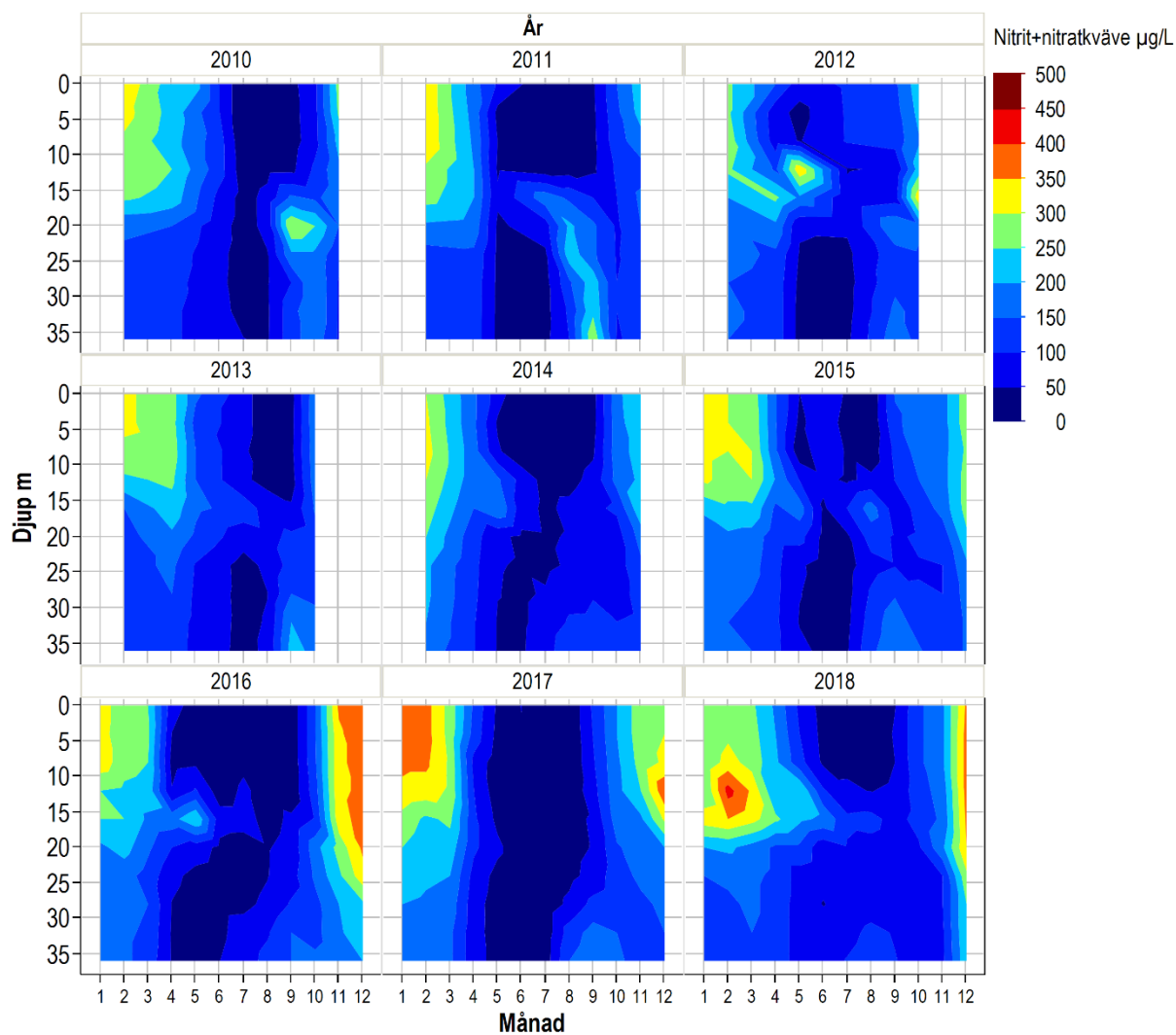
Figur 47. Fosfatfosforhalt på 0-36 m djup för åren 2010-2018 vid Koviksudde.



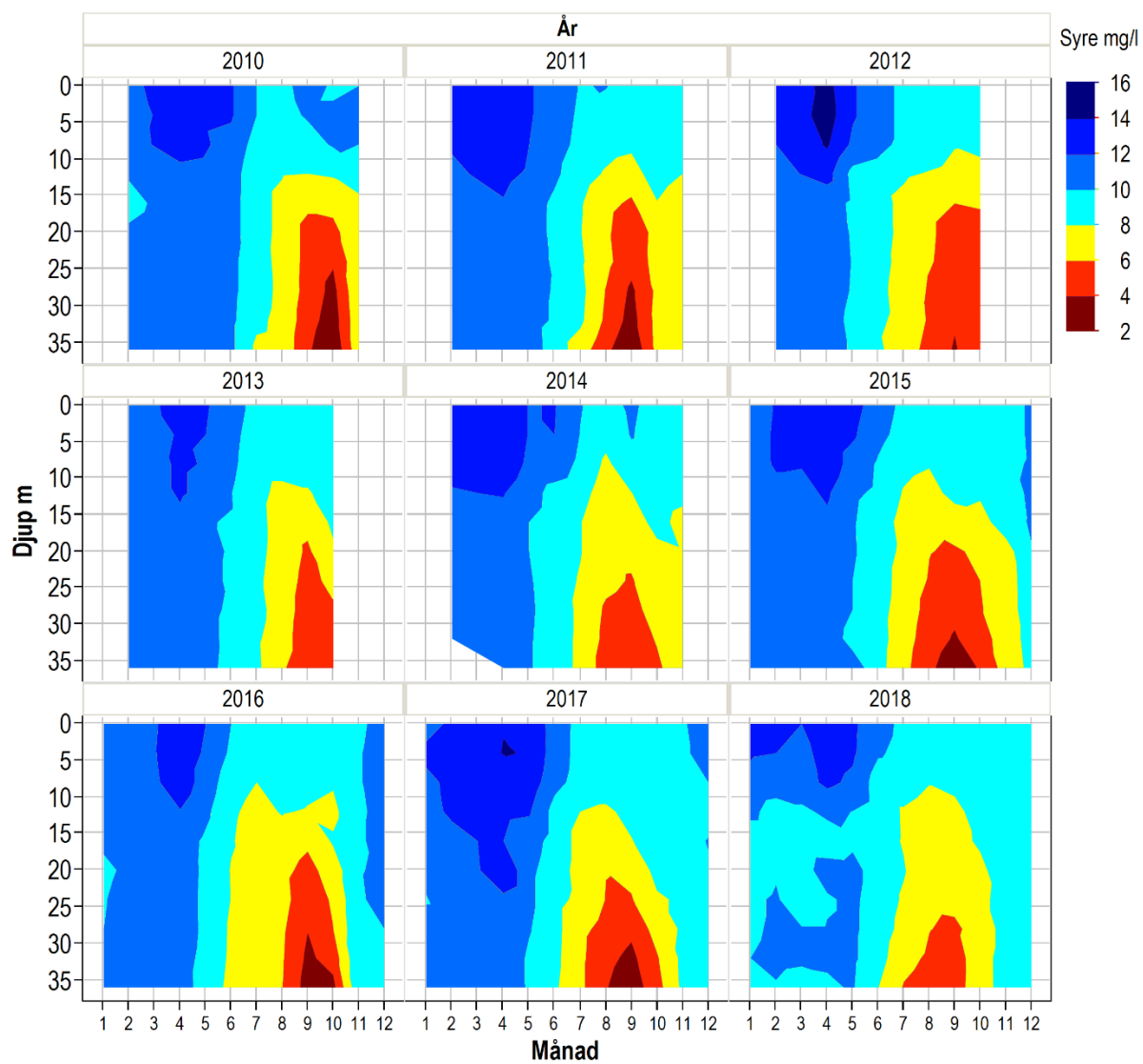
Figur 48. Totalkvävehalt på 0-36 m djup för åren 2010-2018 vid Koviksudde.



Figur 49. Ammoniumkvävehalt på 0-36 m djup för åren 2010-2018 vid Koviksudde.

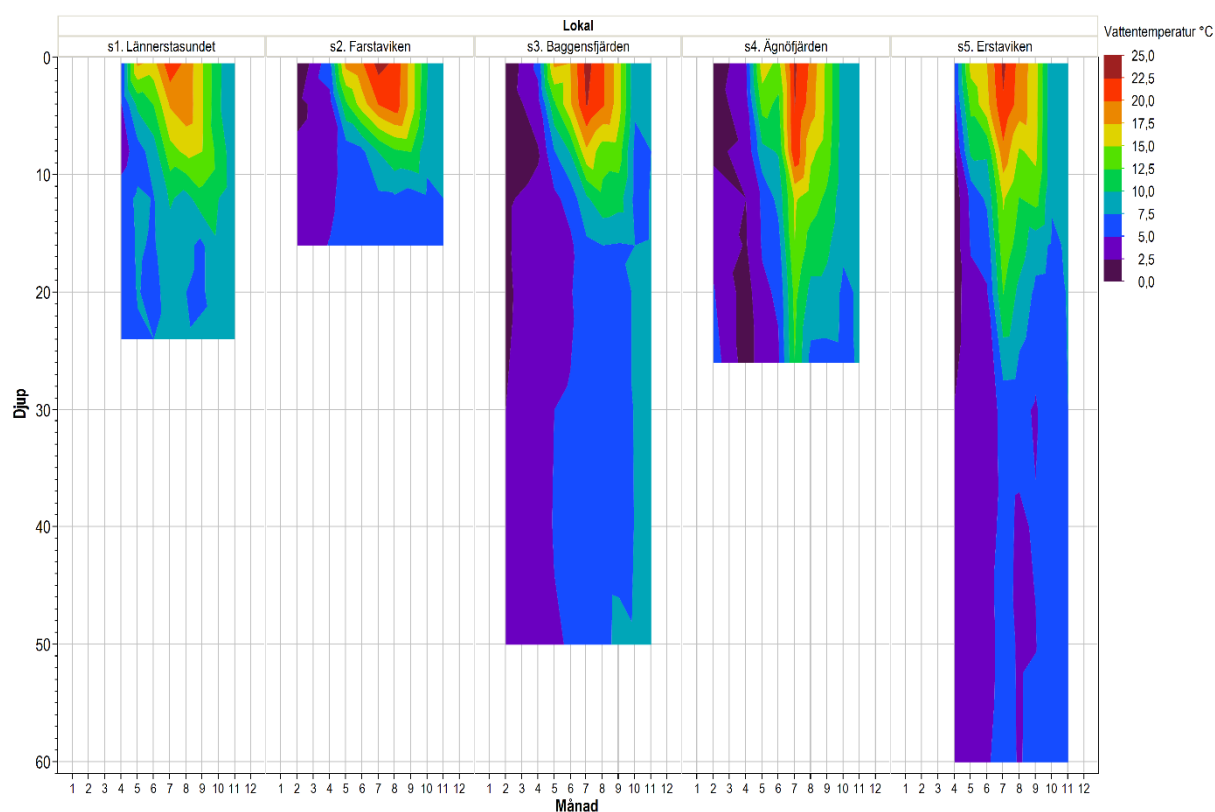


Figur 50. Nitrit+nitratkvävehalt på 0-36 m djup för åren 2010-2018 vid Koviksudde.

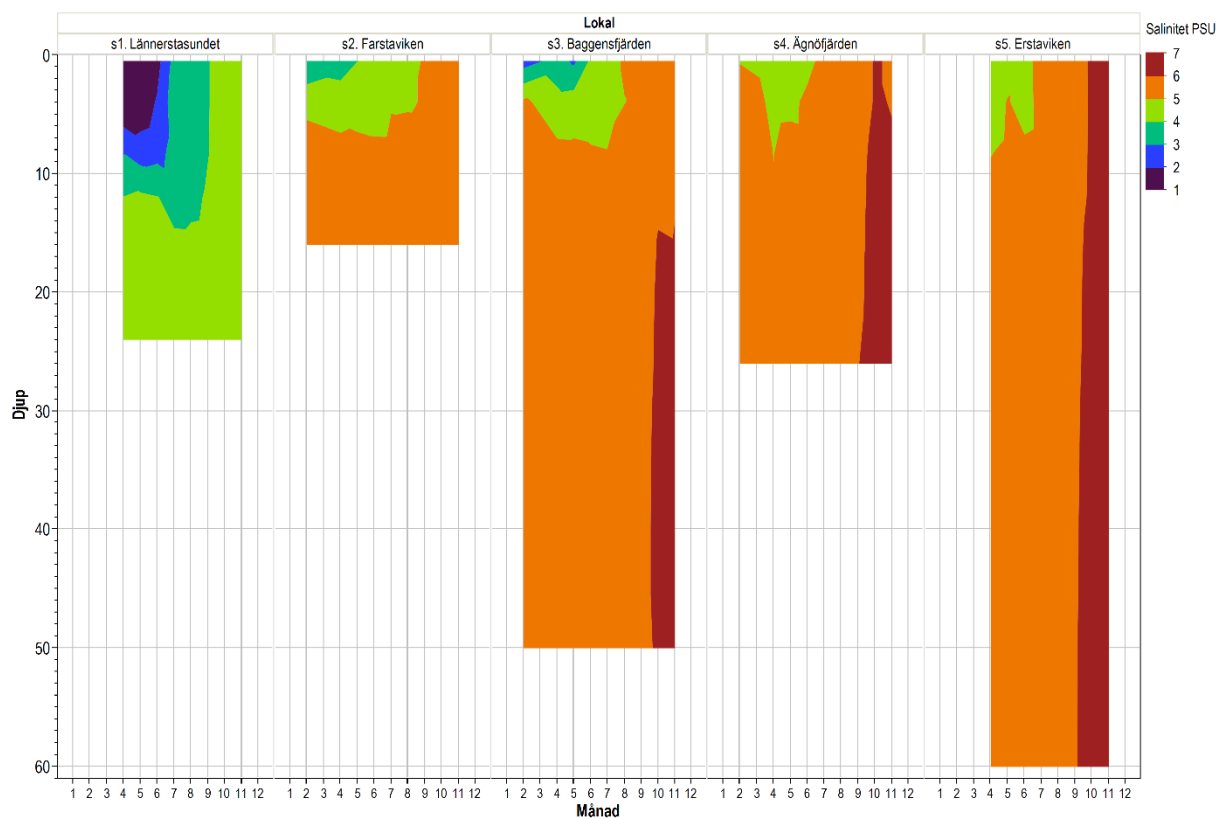


Figur 51. Syrehalt på 0-36 m djup för åren 2010-2018 vid Koviksudde.

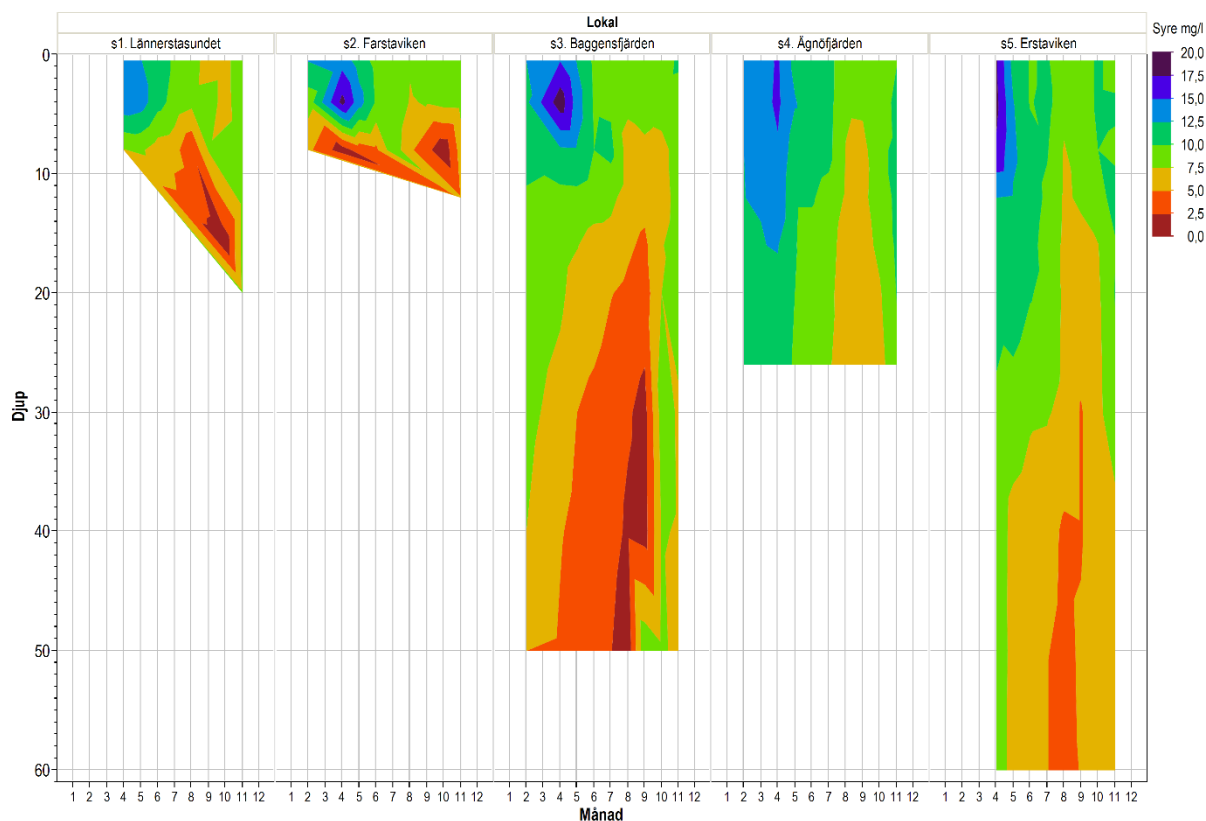
Södra delen av skärgården



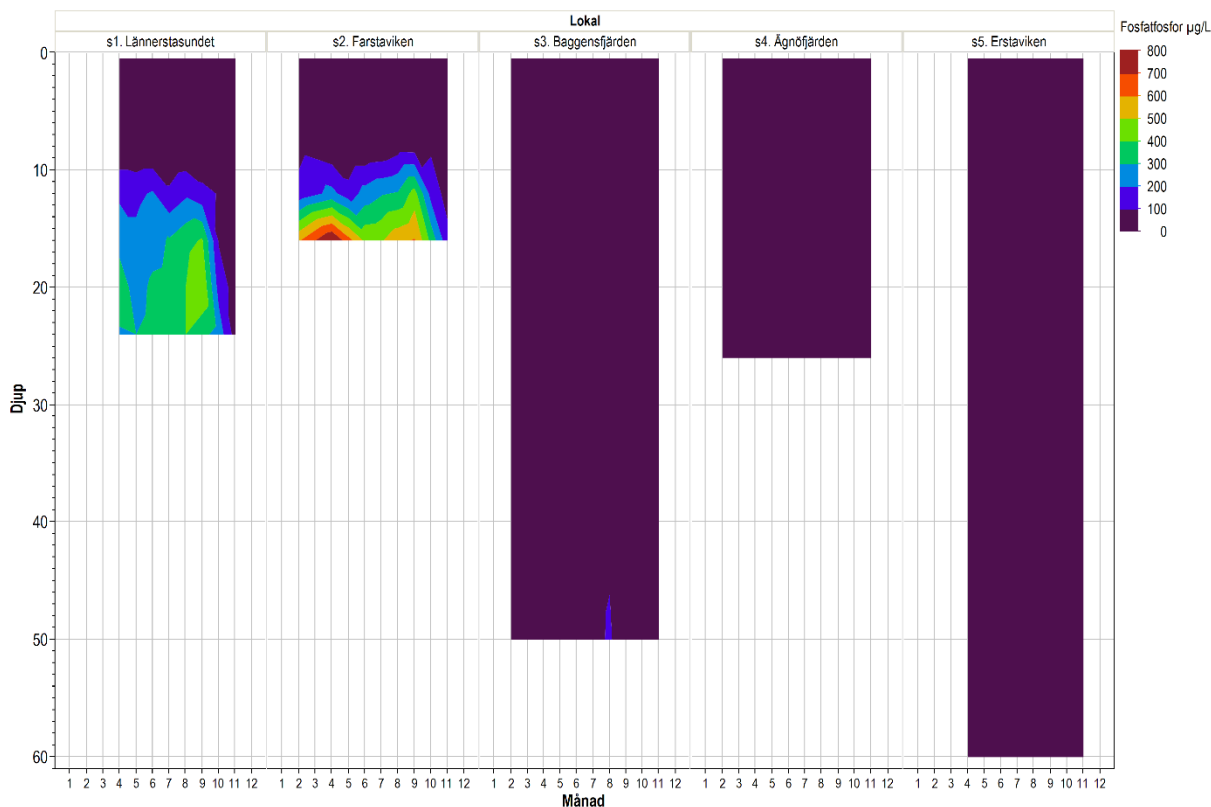
Figur 52. Södra delen av skärgården – Fördelningen av temperatur i vattenmassan under 2018 i Lännerstasundet, Farstaviken, Baggensfjärden, Ägnöfjärden och Erstaviken.



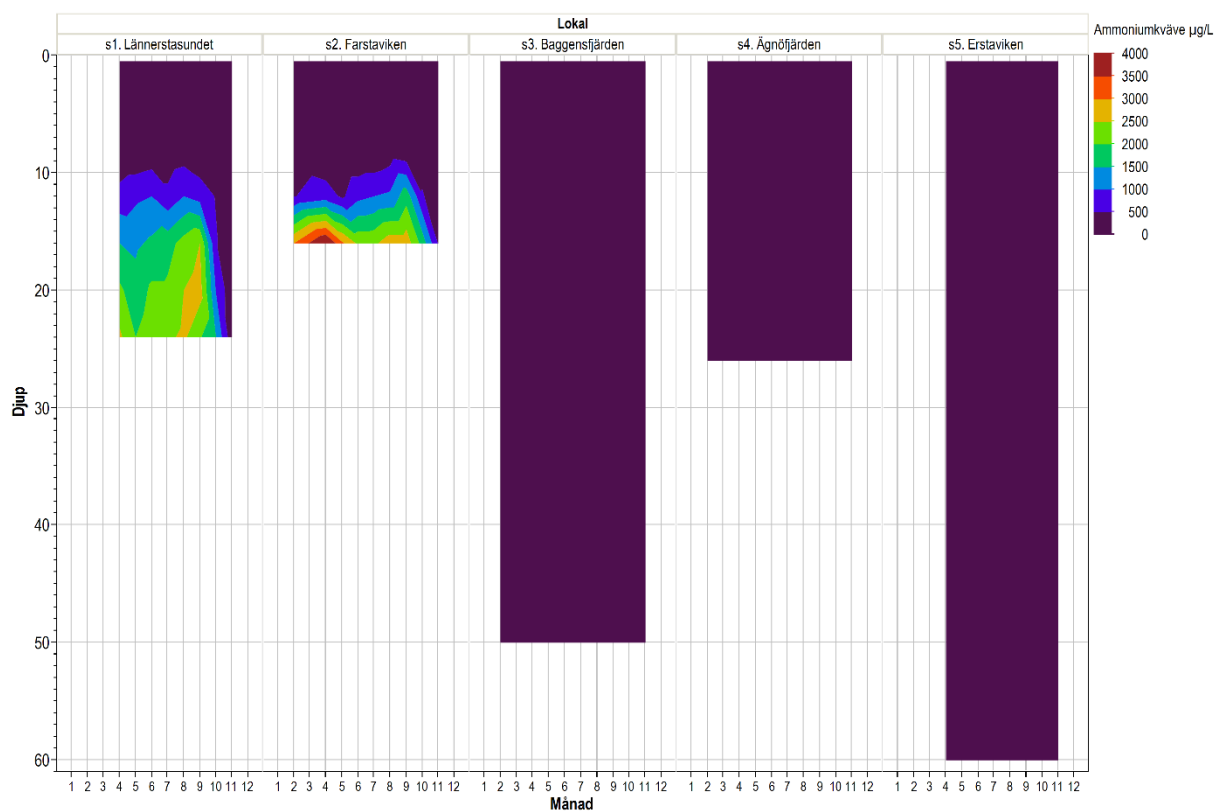
Figur 53. Södra delen av skärgården – Fördelningen av salinitet i vattenmassan under 2018 i Lännerstasundet, Farstaviken, Baggensfjärden, Ägnöfjärden och Erstaviken.



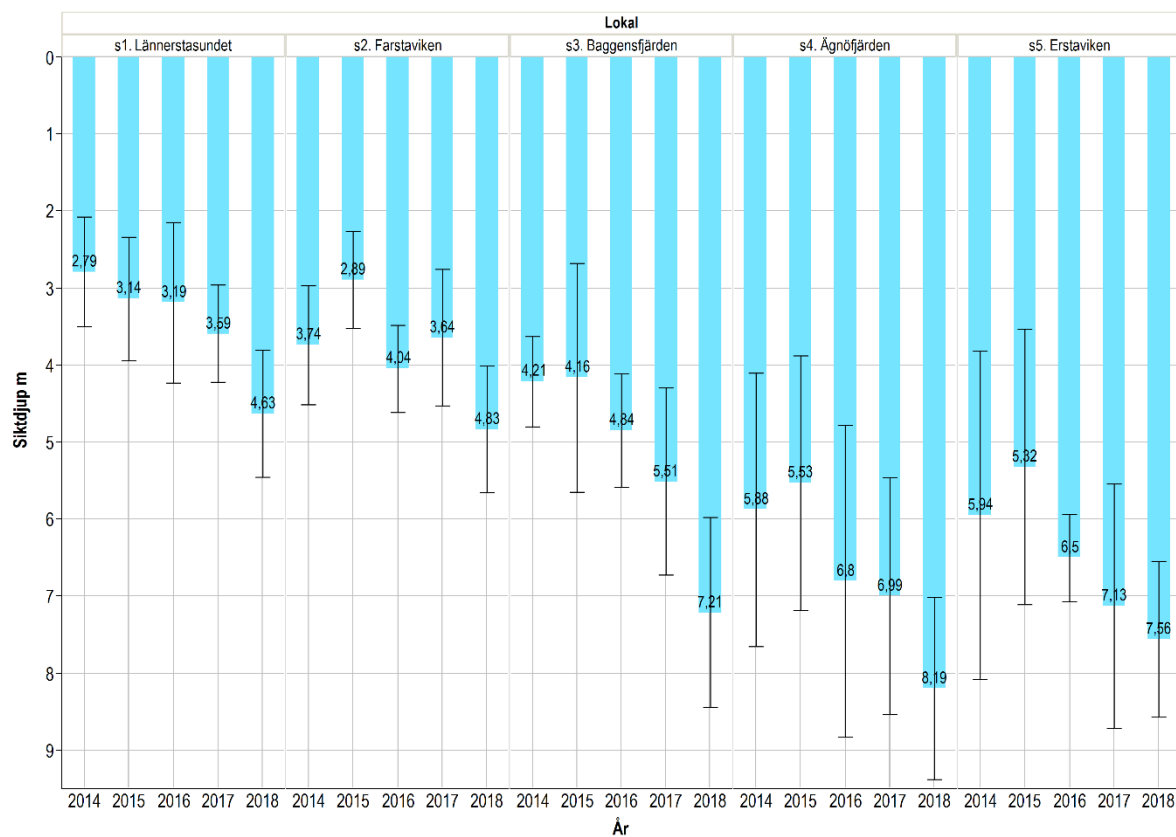
Figur 54. Södra delen av skärgården – Fördelningen av syre i vattenmassan under 2018 i Lännerstasundet, Farstaviken, Baggensfjärden, Ägnöfjärden och Erstaviken. Mätvärden för syre saknas vid flera tillfällen för djupare vattenskiikt i Lännerstasundet och Farstaviken, och där har svavelväte istället observerats.



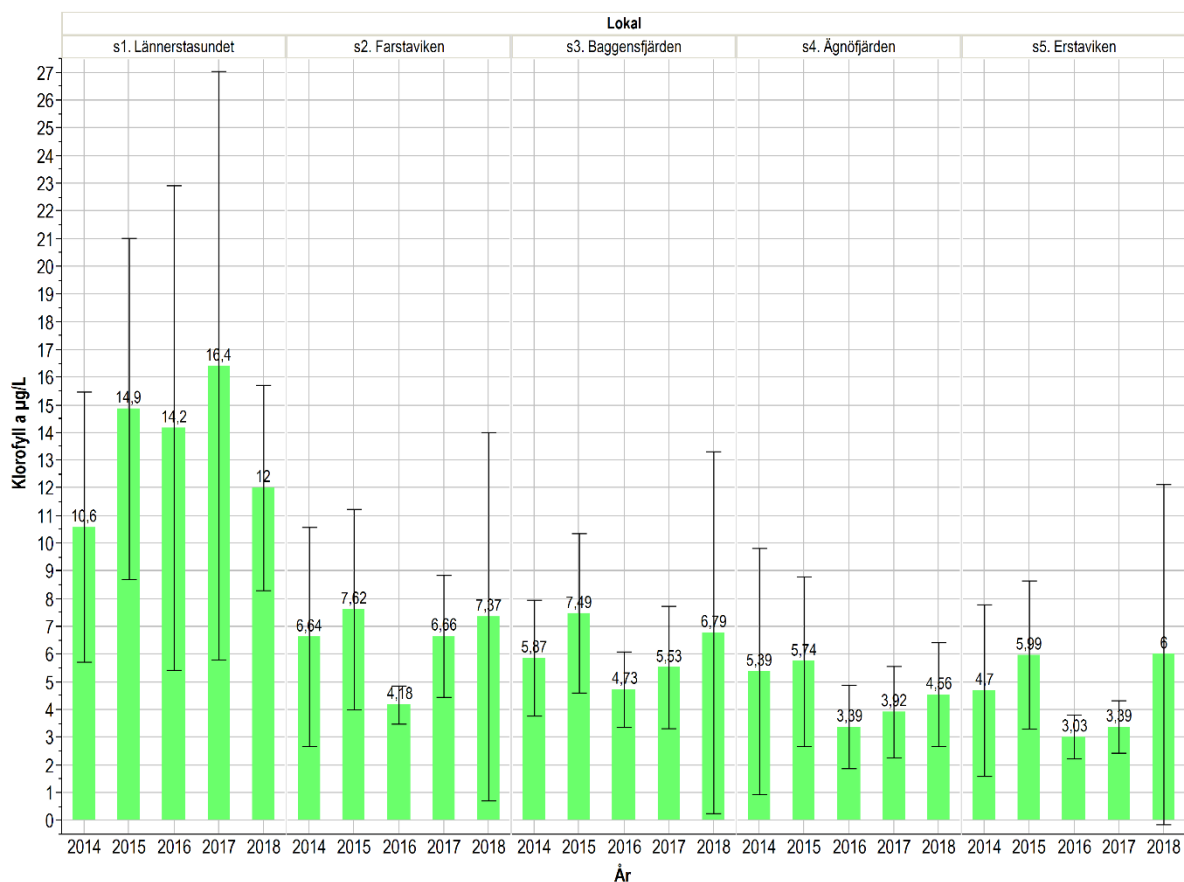
Figur 55. Södra delen av skärgården – Fördelningen av fosfatfosfor i vattenmassan under 2018 i Lännerstasundet, Farstaviken, Baggensfjärden, Ägnöfjärden och Erstaviken.



Figur 56. Södra delen av skärgården – Fördelningen av ammoniumkväve i vattenmassan under 2018 i Lännerstasundet, Farstaviken, Baggensfjärden, Ägnöfjärden och Erstaviken.



Figur 57. Södra delen av skärgården – Medelsikdjup under åren 2014-2018 i Lännerstasundet, Farstaviken, Baggensfjärden, Ägnöfjärden och Erstaviken.



Figur 58. Södra delen av skärgården – Medelklorofyllhalt under åren 2014-2018 i Lännerstasundet, Farstaviken, Baggensfjärden, Ägnöfjärden och Erstaviken.