



Undersökningar i Stockholms skärgård 2023

– vattenkemi och plankton

Joakim Lücke

Tillsammans för världens
mest hållbara stad



STOCKHOLM
VATTEN
OCH AVFALL

Stockholm Vatten och Avfall i samarbete med:



© Stockholm Vatten och Avfall 2024

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

Rapporten citeras: Lücke, J. (2024). Undersökningar i Stockholms skärgård 2023. Vattenkemi och plankton. Stockholm Vatten och Avfall.

Internt Dnr: 24SVOA411

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. Har ni läst någon av de tidigare rapporterna, så kommer ni troligtvis att känna igen er.

2023 års rapport rör sig precis som tidigare rapporter i denna serie både på ytan och dyker ned djupt därunder. Rapporten innehåller information och diskussion om skärgårdsvattnets kemiska sammansättning, och det biologiska liv som pågår under ytan, med plankton och fiskar 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 Mälervatten, 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 ungefär 90 000 tillfällen under de senaste 40 åren ligger till grund för de data som används i denna rapport. För vissa figurer används även ännu äldre data. Enbart under 2023 har vattnet i skärgården provtagits närmare 2400 gånger för att ge underlag till en uppdaterad bild av hur det ser ut under ytan.

För fältarbetet har ansvaret legat på Calluna AB, och för labbarbetet har ansvaret legat på Eurofins Environment Sweden AB, där fysikalisk-kemiska parametrar och bakterier har analyserats. Därtill har Pelagia Nature & Environment AB ansvarat för planktonanalyser. De bilagda rapporterna om plankton och bottenfauna har därutöver författats av Sara Andersson, Rozemarijn Keuning och Kalle Rautiainen 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 Jovana Jönsson, som bidragit med kloka och klarsynta tankar om innehållet.

Jag hoppas du får en tankeväckande läsning!

Joakim Lücke
Limnolog

Innehåll

Sammanfattning	6
Bakgrund och historia	8
Provtagningen 2023	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	20
Tillståndet i skärgården.....	30
Hur är livet under ytan i skärgården?	30
Gradienter ger skärgården liv.....	33
Syrets betydelse för liv	35
Näring får liv att växa	37
Utan ljus inget liv.....	39
Liv som ingen vill ha	41
Basfödan för ett liv i havet	42
Livet på botten	46
Fokus på livet vid Koviksudde	47
2023 års undersökningar i korthet.....	51
Figursamling	52
Bilagor	98
Bilaga A. Provtagningsprogram och datasammanställning	
Bilaga B. Plankton	

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 sammanställning innehåller fysikalisk-kemiska mätningar och resultat från undersökningar av växt- och djurplankton, samt bottenfauna.

Under 2023 var utflödet från Mälaren 8136 Mm³, vilket var mycket högre än både året innan och medelflödet för föregående tioårsperiod. Årets flöde är det högsta någonsin sedan recipientkontrollprogrammet för skärgården startades 1968. Sett under en längre tidsperiod, så har dock endast en svag ökning av utflödet med åren anats, med ett genomsnitt på 4888 Mm³ för åren 1968–2023. Flödet under 2023 var dock långt över det snittet. Flödena under året var generellt stora under större delen av året, med undantag för juni och juli, då flödena var nästintill obefintliga. Toppflödena under året uppmättes under januari, september och november, med 1035 Mm³, 1121 Mm³ respektive 1037 Mm³. De uppmätta halterna av fosfor och kväve i Mälarens utflödande vatten under 2023 var tydligt lägre än det normala för fosfor och nära det normala för kväve. Då flödet under 2023 var mycket högre än den senaste tioårsperiodens genomsnitt, resulterade dock detta i att de uttransporterade mängderna av både fosfor och kväve var betydligt större – 174 ton fosfor och 4349 ton kväve mot i genomsnitt 117 respektive 2505 ton årligen under åren 2013–2022.

Utsläppta mängder av fosfor från de tre stora avloppsreningsverken (Bromma, Henriksdal och Käppala) var större än normalt under 2023, 52 ton, mot i genomsnitt 38 ton under föregående tioårsperiod. Även de utsläppta kvävemängderna var större än normalt under 2023, 1987 ton, mot i genomsnitt 1768 ton under föregående tioårsperiod. Den totala mängden syreförbrukande ämnen var både större än året innan och föregående tioårsperiod, 4803 ton, mot i genomsnitt 3470 ton. Av detta bestod 3785 ton av oxiderbart kväve.

Under 2023 var den salthaltsberoende skiktningen stark under nästan hela året i större delen av innerskärgården. Ett stort flöde ut ur Mälaren bidrog till detta. Endast när utskoven var helt stängda under juni och juli, vilket innebar ett minskat utflöde ut ur Mälaren, var skiktningen försvagad. Under denna period bidrog dock vattentemperaturen till att skärgårdsvattnet var fortsatt skiktat. Trots att temperaturskiktningen därefter försvagades under hösten, innebar ett högt Mälarutflöde och en kraftig salthaltsskiktning till att skiktningen fortsatte vara tydlig fram till höstomblandningen i november. Detta innebar också att ingen anmärkningsvärd uppträngning av renat avloppsvatten till ytan nära avloppsreningsverkens utsläpp kunde noteras under någon del av året. Ammoniumhalterna i ytvattnet var inte särskilt höga någon gång under året.

Under 2023 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. Lägst syrehalter uppmättes under hela året generellt i bottenvattnet, med

högre halter i ytvattnet, vilket också är det normala. Syrehalterna i vattnet under 2023 låg nära normala nivåer under hela året.

Totalfosforhalterna i innerskärgården under 2023 följde tidigare års variationer, med generellt något högre halter närmast botten under hösten. Totalkvävehalterna följde också tidigare års variationsmönster relativt väl, med högst halter en bit ner i vattenmassan närmast avloppsreningsverkens utlopp. De förhöjda kvävehalterna syns tydligt mellan Slussen och Halvkakssundet. Halterna av oorganisk fosfor (fosfatfosfor) och oorganiskt kväve (ammoniumkväve och nitrit+nitratkväve) avvek inte anmärkningsvärt från det normala variationsmönstret under större delen året, jämfört med föregående tioårsperiod. Under januari var dock ammoniumhalterna anmärkningsvärt höga en bit ned i vattnet vid Slussen, Blockhusudden och Halvkakssundet, vilket troligen berodde på relativt höga flöden ut ur både avloppsreningsverken och Mälaren under samma månad. Dessa utflöden var kraftiga under stora delar av året.

I mitten av januari 2023 uppmättes mycket höga bakterietal för *Escherichia coli* (bakterietal >1000/100 ml) vid Blockhusudden, Halvkakssundet och Blockhusudden, vilket är en tydlig indikator på påverkan av avloppsvatten. Utöver detta uppmättes vid Slussen mycket höga bakterietal för *Escherichia coli* i december. I övrigt var dock vattnet i innerskärgården tjänligt för bad (bakterietal <100/100 ml) eller tjänligt med anmärkning (bakterietal 100-1000/100 ml) under hela året.

Klorofyllhalten varierade under 2023 likt tidigare år. Innehållet av klorofyll i innerskärgårdens vatten minskade efter införandet av kväverening i början på 1990-talet och har därefter visat relativt små variationer. Klorofyll brukar dessutom ofta sättas i samband med siktdjup, och årets mätningar visar för flera lokaler en viss korrelation. Siktdjupet har under de senaste åren varierat relativt lite i innerskärgården. Detsamma gällde under 2023, med ett spann av uppmätt siktdjup i innerskärgården från 7,5 meter i mitten av mars till 2,2 meter under vårbloomingen i mitten av april. Under 2023 var, liksom under året innan, medelsiktdjupet i innerskärgården 4,4 m.

Växtplanktonsammansättningen indikerar att den ekologiska statusen är *god* i de två provtagna områdena i mellanskärgården, Trälhavet och Sollenkroka, samt i Baggensfjärden och Farstaviken i södra skärgården, och *måttlig* i tre av de åtta provtagna områdena (Koviksudde, NV Eknö och Ägnöfjärden), baserad på klorofyll *a* och biovolym under åren 2021–2023. I det åttonde området, Blockhusudden, indikerar växtplankton istället att statusen, likt tidigare, är *otillfredsställande*. De sammanvägda statusklassningarna har förändrats på olika sätt mellan 2022 och 2023 för de olika områdena. Blockhusudden som vid föregående statusklassning såg ut att peka nedåt ser vid årets klassning ut att vända uppåt. Övriga stationer visar positiva trender förutom Koviksudde och Farstaviken som ligger kvar så gott som oförändrade.

Bakgrund och historia

I den här rapporten utvärderas framförallt resultatet av undersökningar som utförts under 2023 i Stockholms skärgård, men även trender över tid diskuteras. 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. 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 kommunerna Nacka och Värmdö.

Provtagningen 2023

2023 års undersökningar omfattade fysikalisk-kemiska parametrar, klorofyll *a*, bakterier, växtplankton och djurplankton. 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.

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 åtta lokaler som inte tillhör det samordnade recipientkontrollprogrammet (orange punkter) – fem lokaler i den södra delen av skärgården, som provtas på uppdrag av Nacka och Värmdö kommuner, samt lokalerna Torsbyholmen och Djurö, som provtas på uppdrag av Värmdö kommun, och Kyrkfjärden, som provtas på uppdrag av Österåkers kommun och Roslagsvatten AB.

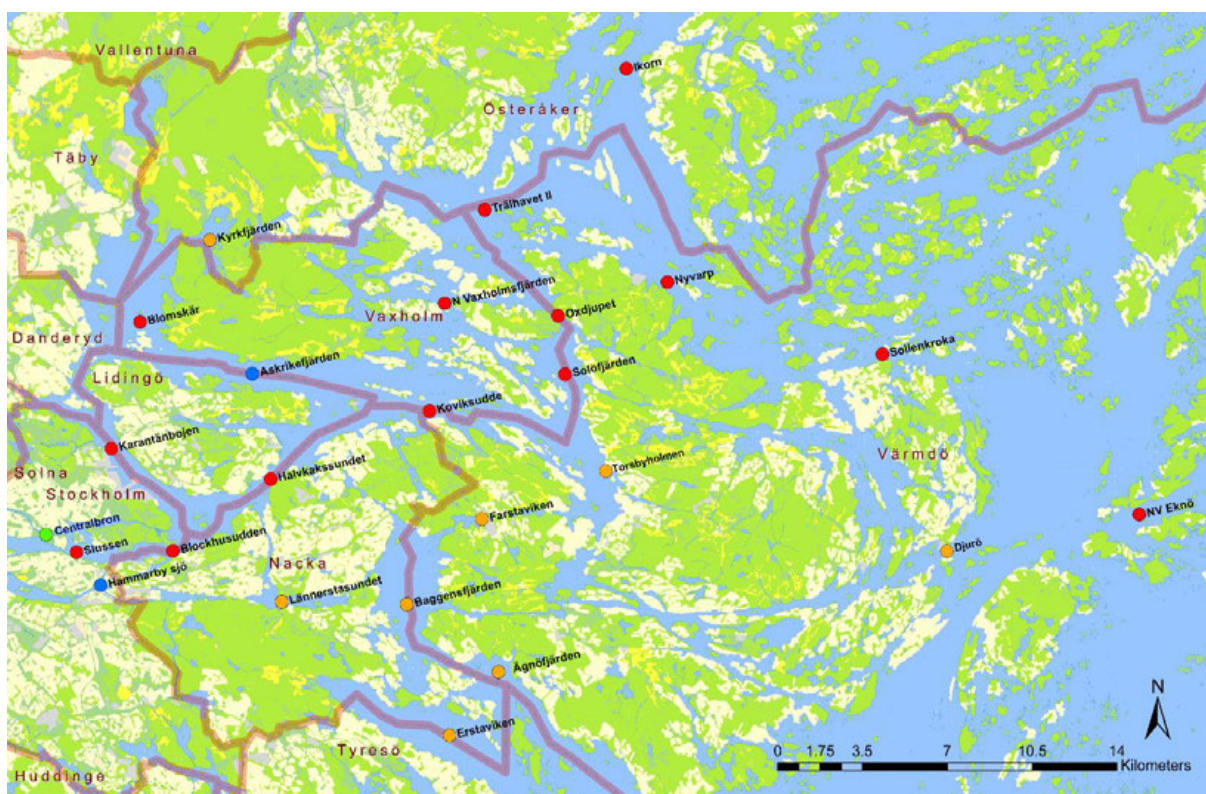


Bild 1. Provtagningslokaler i Stockholms skärgård 2023 för de fysikalisk-kemiska parametrarna.

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 naturliga vattenflöden, även de flöden som sker genom avloppsledningar och avloppsreningsverk. Vid utvärderingar av skärgårdsvattnet som recipient för renat avloppsvatten är det därför viktigt att ha koll på vädersituationen.

Under 2023 var vädret i Sverige mycket varierande, med både milda, kalla, torra, regniga och varma perioder under året. SMHI använder sedan 2021 referensperioden 1991-2020, vilken anses motsvara det normala i olika jämförelser. Denna referensperiod används också i denna rapport.

Året inleddes milt, men relativt blött. Mars månad var åter relativt kall med vinterväder i Mälardalen. Våren som följde var torrare och efterhand också varmare. Sommaren inleddes i juni med kyla, men blev snart varm, torr och solig. Juli månad var dock relativt sval och regnig, vilket fortsatte även under augusti med många skurar. I början av augusti kom också ovädret Hans in över Sverige som ett kraftigt lågtryck med regn och åska. Under september dröjde sig sommaren kvar, med mindre regn än föregående månader. Därefter blev hösten svalare. Den första snön i Stockholmstrakten föll i slutet av november. I december avslutades året relativt kallt med få soltimmar.

Globalt sett var genomsnittstemperaturen under 2023 den högsta noterade i jordens moderna historia sedan den globala temperaturövervakningen påbörjades år 1850, enligt statistik från amerikanska klimat- och miljöorganet NOAA. Enligt NOAA var år 2016 det näst varmaste året, 2020 det tredje varmaste, och 2019 det fjärde varmaste året. Samtliga år under perioden 2014-2023 tillhör de tio varmaste åren någonsin. I Stockholm var årsmedeltemperaturen 8,0 °C under 2023 (Tabell 1), vilket också var strax över det normala. Temperaturerna under 2023 varierade dock kraftigt under året. Under januari, juni och september 2023 var temperaturerna i Stockholm betydligt högre än normalperioden 1991–2020 (Tabell 1 & Figur 1A), medan november och december istället hade temperaturer långt under det normala.

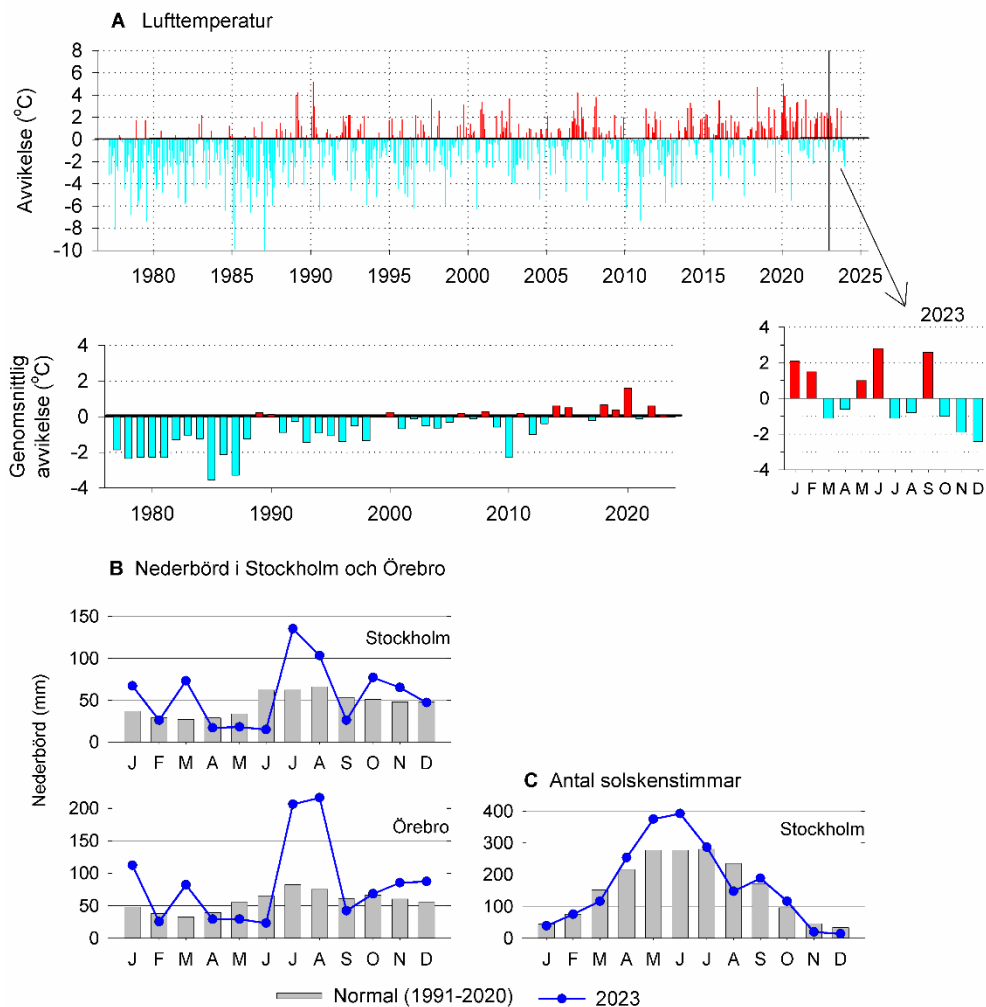
Årsnederbörden i Stockholm var under 2023 över det normala med 668 mm mot 546 mm under normalperioden 1991–2020 (Figur 1B). De relativt nederbördsrika månaderna i Stockholm var januari, mars, juli och augusti, då nederbörden var betydligt över det normala. Utöver det var nederbörden under april, maj, juni och september istället tydligt under det normala. I Örebro, i den västra delen av Mälarens avrinningsområde, var årsnederbörden 992 mm, vilket också var tydligt över normalvärdet 677 mm (Figur 1B). Nederbörden är vanligen större längre västerut. Under 2023 varierade regnmängderna i Örebro mycket, med en nederbörd som var långt över det normala i januari, mars, juli och augusti, och tydligt under det normala i maj och juni.

Under 2023 var det soligare än vanligt i Stockholm, med 2020 solskenstimmar mot det normala 1898 timmar (Figur 1C). Det kan jämföras med år 2018, som har det högsta antalet soltimmar sedan år 1983, då observationerna startade, med 2254 timmar. Under 2023 var det framförallt maj och juni som fick betydligt fler soltimmar än det normala.

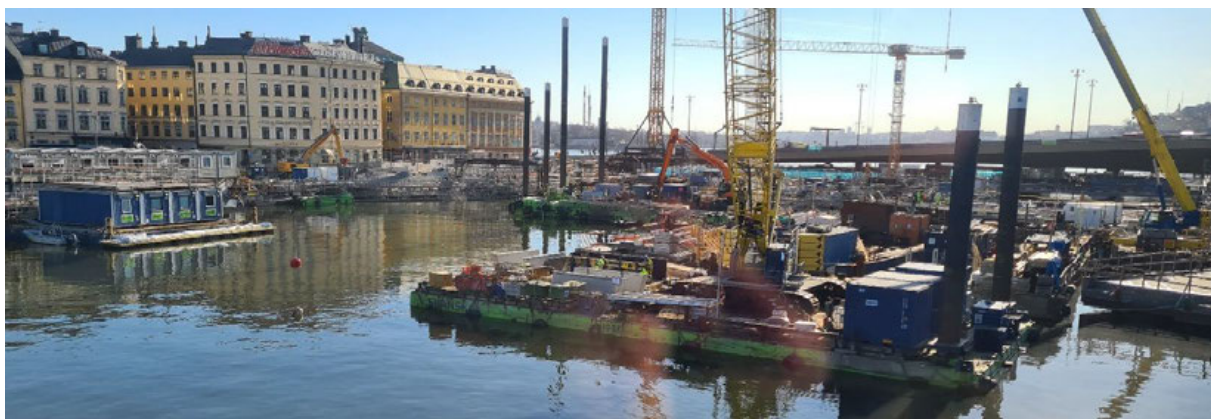
Tabell 1. Meteorologiska uppgifter från SMHI för Stockholm och Örebro.

Månad	Lufttemperatur Stockholm		Nederbörd (mm) Stockholm		Nederbörd (mm) Örebro		Solskenstimmar Stockholm	
	2023	Normal	2023	Normal	2023	Normal	2023	Normal
Januari	1,2	-0,9	67	37	112	48	38	44
Februari	0,5	-1,0	26	29	25	38	75	75
Mars	0,6	1,7	73	27	82	32	116	151
April	5,7	6,3	17	29	29	39	253	216
Maj	12,4	11,4	18	34	29	55	375	277
Juni	18,5	15,7	15	62	23	65	392	277
Juli	17,5	18,6	135	62	206	82	286	280
Augusti	16,9	17,7	103	66	216	75	147	235
September	15,7	13,1	26	53	42	61	188	170
Oktober	6,7	7,7	77	51	68	66	116	96
November	1,7	3,6	65	48	85	60	19	45
December	-1,8	0,6	47	48	87	55	13	33

Normalvärden avser perioden 1991-2020.



Figur 1. Temperatur, nederbörd och solskenstimmar (Källa: SMHI). **(A)** Lufttemperaturen i Stockholm, månadsvärden och genomsnittlig avvikelse under året, 1977–2023, enligt normalperioden 1991–2020, **(B)** Nederbörd i Stockholm och Örebro 1991–2020 och 2023, **(C)** Antal solskenstimmar i Stockholm 1991–2020 och 2023.



Byggnationen av nya Slussen i april 2023. Foto: Joakim Lücke.

Vattennivåer i Saltsjön och Mälaren

Medelvattenståndet i Saltsjön var under 2023 något högre än året innan, 3,52 m mot 3,49 m under 2022 i Mälarens höjdsystem (meter över den tidigare Karl Johan-slussens tröskel; Figur 3A). Årets medelvattenstånd var också något högre än medelnivån för de tio föregående åren 2013–2022, 3,47 m. Vattenståndet varierade dock upp och ner nära det normala under större delen av året. I mitten av april nåddes årets lägsta nivå, 3,09 m, och strax innan nyår var vattenståndet som högst, 3,94 m. Förändringen av vattenståndet i Saltsjön från en dag till en annan uppgick i snitt för året till 3 cm, vilket också var exakt på snittet för de tio föregående åren 2013–2022. Den största förändringen från ett dygn till ett annat inträffade under 2023 i slutet av november med en nivåskillnad på 23 cm.

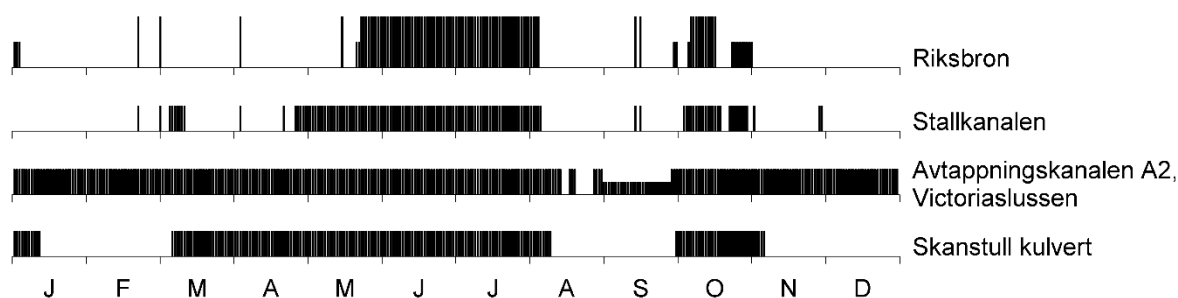
Medelvattenståndet för Mälaren under 2023 var 4,21 m, i Mälarens höjdsystem, vilket var högre än både året innan och snittet för de tio föregående åren 2013–2022, 4,16 m. Årets medelvattenstånd låg också något högre än det intervall som eftersträvas med Mälarens reglering, det vill säga en vattennivå mellan 4,10 och 4,20 m (Figur 3B). Vattenståndet var tidvis mycket högt, men varierade däremellan upp och ner relativt nära det normala. De högsta nivåerna på året nåddes i slutet av januari, 4,48 m, i början på september, 4,42 m, och slutet av november, 4,36 m. Den lägsta nivån nåddes i mitten av juli, 4,04 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. 2023 var medelnivåskillnaden mellan Saltsjön och Mälaren 70 cm, vilket var nära medelvärdet för de tio föregående åren 2013–2022, 69 cm. Den minsta skillnaden mellan Saltsjön och Mälaren inträffade i oktober och var 28 cm, vilket sammanföll med när Saltsjöns vattenstånd var relativt högt.

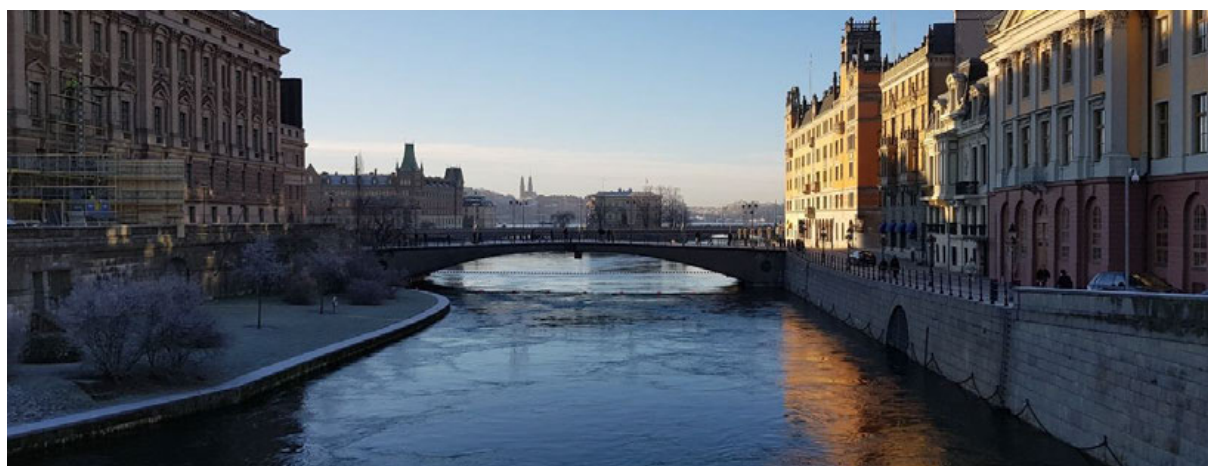
Regleringen av Mälaren sker enligt fastställda vattendomar, och sköts av Stockholms Hamnar på uppdrag av Stockholms stad. Den nuvarande vattendomen är från 1989, men när nya Slussen är färdigbyggd kommer regleringen av Mälaren att ske enligt en ny vattendom. När vattenståndet är lägre än 4,10 meter hålls alla dammluckor och övriga tappställen i Södertälje och Stockholm stängda. När vattennivån överstiger 4,10 meter öppnas dammluckan vid Riksbron. Innan ombyggnationen av Slussen skedde därefter uttappningen normalt i följande ordning: Stallkanalsluckan, luckan i avtappningskanalen vid Karl Johans

torg (före detta Nils Ericsons sluss), kulverten vid Skanstull 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. Karl-Johan-slussen är dock numera riven och kommer att ersättas av Victoriaslussen och dess två avtappningskanaler, vilka ännu inte i år helt färdigbyggda och därför inte tagits i sina fulla bruk. Den ena avtappningskanalen har dock provtappats under året. Den ordning som urtappningen sker i är därför påverkad av ombyggnationerna.

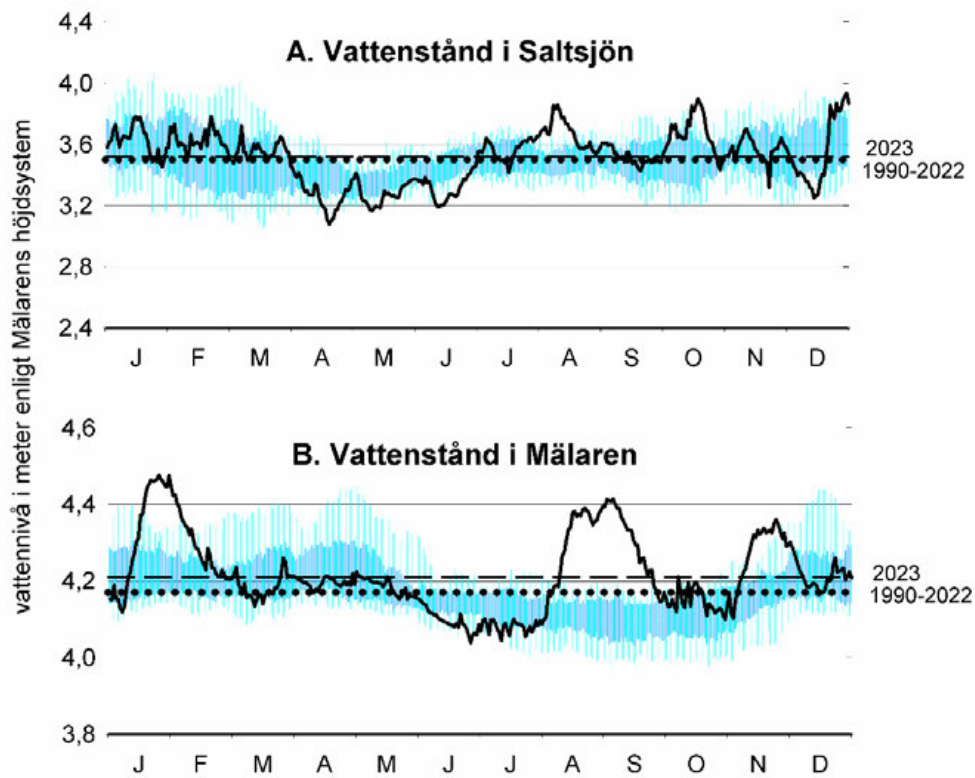
Under 2023 var utskoven vid Riksbron i huvudsak helt eller delvis öppna under årets första halva fram till i slutet av maj (Figur 2). Därefter hölls skoven stängda fram till början av augusti. Med undantag för en kort period i början av oktober, så var sedan skoven öppna eller åtminstone delvis öppna under resten av året. Stallkanalen hölls öppen under större delen av perioden januari till april. Sedan hölls denna öppen under större delen av hösten från och med augusti, med undantag för nästan hela oktober. Karl-Johan-slussen är, som tidigare nämnts, riven och ersätts av två avtappningskanaler kring den nya Victoriaslussen, varav den ena har öppnats under året. Dock har denna avtappningskanal varit stängd under större delen av året och endast varit öppen för provtappning. I övrigt hölls Skanstulls kulvert öppen ovanligt mycket under året. Under i huvudsak perioderna januari och februari, augusti och september samt november och december var kulverten öppen.



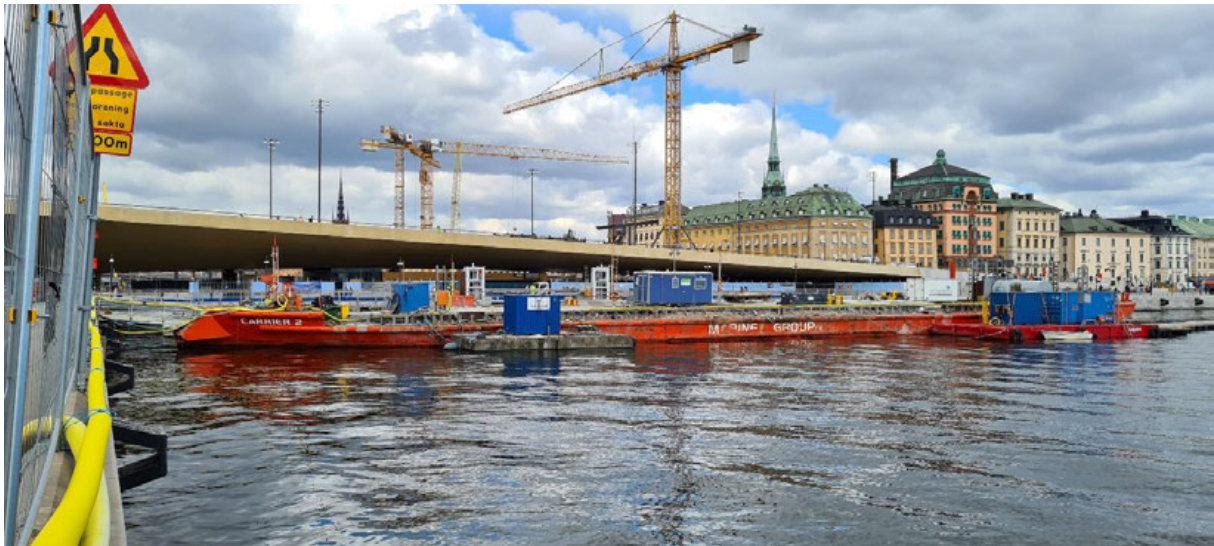
Figur 2. Mälarens utskov 2023. Mörka staplar visar när utskoven var stängda, Riksbron och avtappningskanalen även delvis stängda (kortare staplar).



Norrström och Riksbron. Foto: Joakim Lücke.



Figur 3. Dygnsmedelvattenståndet i **(A)** Saltsjön och **(B)** Mälaren 2023 (svart heldragen linje) och 1990–2022 (25–75 percentiler samt 10 och 90 percentiler), samt medelvärden för 2023 (svart streckad linje) och perioden 1990-2022 (svart prickad linje).



Guldbron och byggnationen av nya Slussen i maj 2023. Foto: Joakim Lücke.

Utflödet från Mälaren

Under 2023 var utflödet från Mälaren 8136 Mm³, vilket var mycket högre än både året innan och medelflödet för föregående tioårsperiod (Figur 4A). Årets flöde är det högsta någonsin sedan recipientkontrollprogrammet för skärgården startades 1968. Sett under en längre tidsperiod, så har dock endast en svag ökning av utflödet med åren anats, med ett genomsnitt på 4888 Mm³ för åren 1968–2023. Flödet under 2023 var dock långt över det snittet. Flödena under året var generellt stora under större delen av året, med undantag för juni och juli, då flödena var nästintill obefintliga (Figur 4B och C). I oktober var också flödet något lägre än månaden före och efter, men ändå på en relativt hög nivå. Toppflödena under året uppmättes under januari, september och november, med 1035 Mm³, 1121 Mm³ respektive 1037 Mm³ (Figur 4B). Årets högsta dygnsflöde uppmättes 17 augusti med ett flöde på 55 Mm³. De högsta flödena sammanföll också med att vattenståndet i Mälaren var som högst och att de flesta utskoven därför hade öppnats (Figur 2 och 3).

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, samt flytten av Bromma avloppsreningsverks utlopp från Mälaren till Saltsjön i slutet av 1980-talet. Fosforhalterna har sjunkit från 80 till mellan 20–30 µg/L och kvävehalterna från 1,2 till ca 0,5 mg/L (Figur 5A och Tabell 2). De uppmätta halterna av fosfor och kväve i Mälarens utflödande vatten under 2023 var tydligt lägre än det normala för fosfor och nära det normala för kväve. Då flödet under 2023 var mycket högre än den senaste tioårsperiodens genomsnitt, resulterade dock detta i att de uttransporterade mängderna av både fosfor och kväve var betydligt större – 174 ton fosfor och 4349 ton kväve mot i genomsnitt 117 respektive 2505 ton årligen under åren 2013–2022 (Figur 5B och Tabell 3). De uttransporterade mängderna under 2023 var också betydligt större än föregående år, 2022, då 71 ton fosfor och 1684 ton kväve passerade via Mälarens utflöde. Under 2022 var dock utflödet det lägsta på många år.

Innehållet av oorganisk fosfor (fosfatfosfor) och oorganiskt kväve (ammoniumkväve och nitrit+nitratkväve) i Mälarens utflöde följde under 2023 i stort den normala variationen under året (Tabell 2). Halterna under hösten var dock generellt något lägre. Under årets första månader, samtidigt som utflödena ut ur Mälaren var stora, uppmättes måttligt höga halter av oorganisk fosfor, och allra högst halt uppmättes i februari med 17,8 µg/L. Oorganisk fosfor, som är det främsta begränsande näringsämnet i Mälaren, var nära förbrukat av primärproducenterna i juni. Först i oktober, efter ett par månader av höga flöden ut ur Mälaren, började halten oorganisk fosfor åter att öka, för att stiga ytterligare till och med december. Halten av oorganiskt kväve hann aldrig bli någon begränsande faktor för primärproduktionen, eftersom den, till skillnad från oorganisk fosfor, stannade på en tillräckligt hög nivå under 2023 års vegetationsperiod (maj–september). Årets lägsta halt uppmättes under september med 7 µg/L oorganiskt kväve.



Kastellholmen och Strömmen sett från Slussen, med Gröna Lunds höghöjdsattraktioner i bakgrunden. Foto: Joakim Lücke.



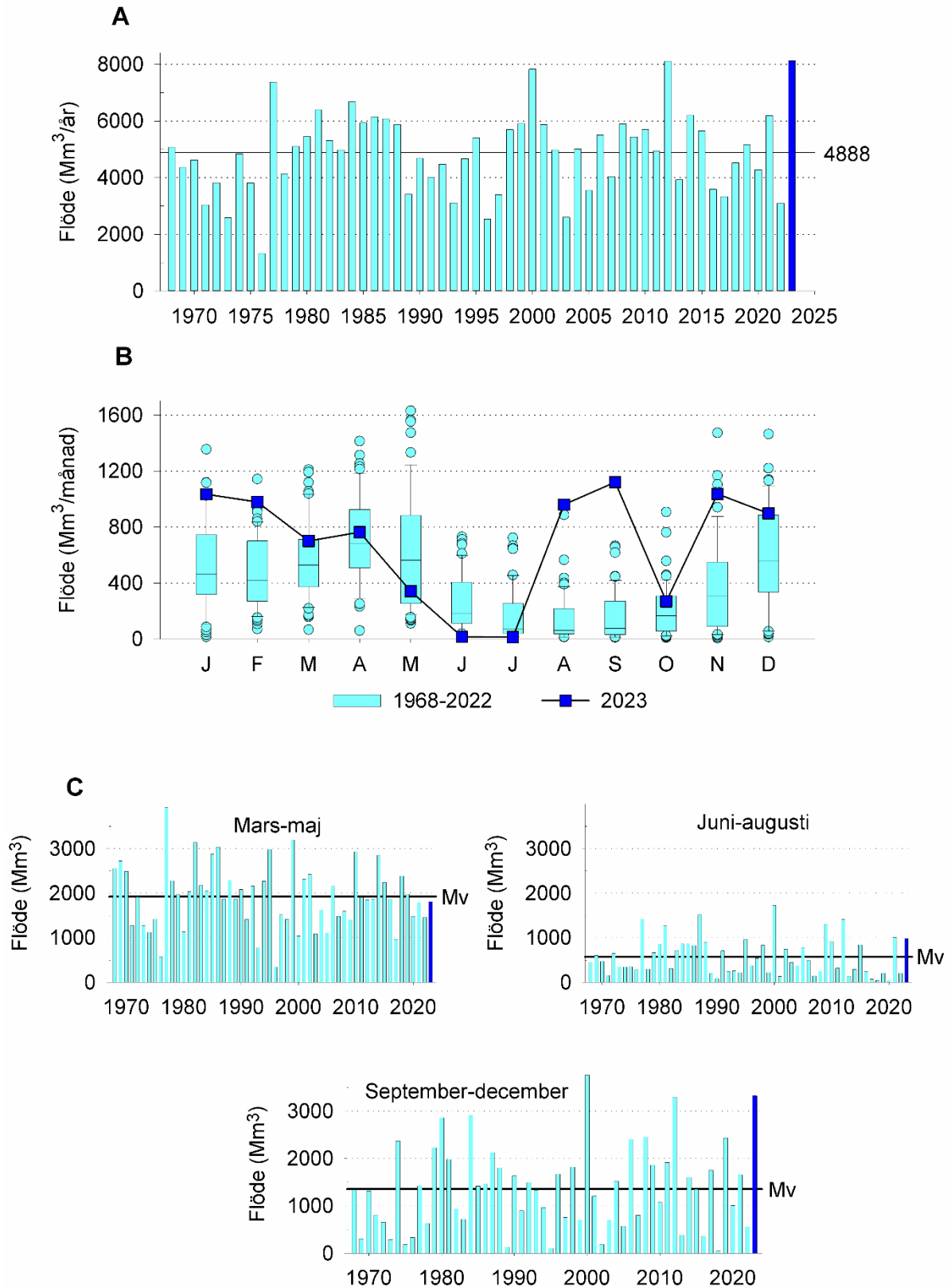
Stockholm sett från Kastellet på Kastellholmen. Foto: Joakim Lücke.

Tabell 2. Avrinningen från Mälaren vid Centralbron i Stockholm 2023, samt flödesvägda halter av totalfosfor (Tot-P), oorganisk fosfor (DIP, fosfatfosfor), totalkväve (Tot-N) och oorganiskt kväve (DIN, summan nitrit+nitratkväve + ammoniumkväve).

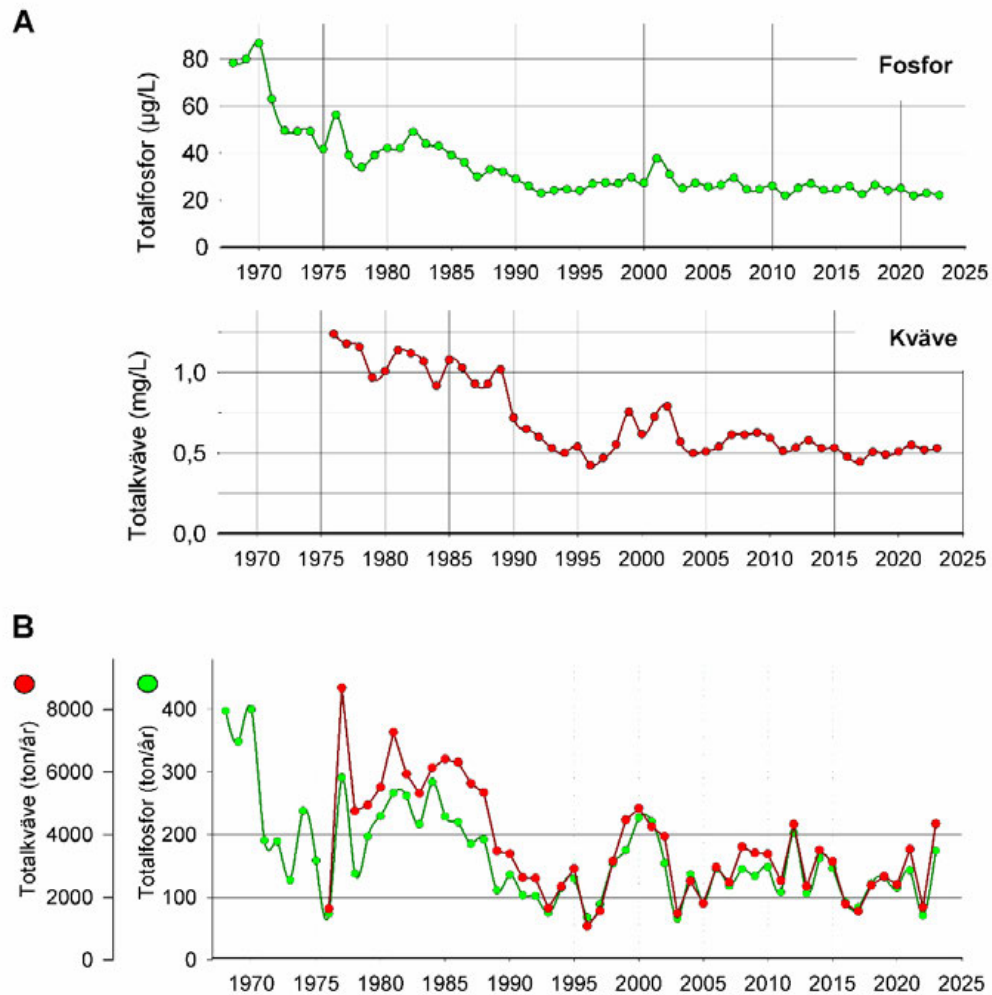
Månad	Flöde Mm ³ /månad	Flöde Mm ³ /dag	Flöden m ³ /s	Tot-P µg/L	DIP µg/L	Tot-N mg/L	DIN µg/L
Januari	949	30,6	354	25	16,0	0,55	195
Februari	1019	36,4	421	26	17,8	0,57	196
Mars	814	26,3	304	26	12,9	0,57	164
April	697	23,2	269	24	7,7	0,60	159
Maj	344	11,1	128	17	1,3	0,53	34
Juni	15	0,5	6	32	0,8	0,54	14
Juli	22	0,7	8	18	1,3	0,48	23
Augusti	1107	35,7	413	16	1,2	0,48	22
September	982	32,7	379	18	0,5	0,48	7
Oktober	387	12,5	145	23	6,0	0,51	27
November	1009	33,6	389	19	8,4	0,54	109
December	792	25,5	296	22	13,0	0,54	149
Året	8136	22,4	259	22	7,2	0,53	92

Tabell 3. Uttransport av fosfor och kväve från Mälaren år 2023 (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	23,2	15,2	522	4,6	180,3	22	12
Februari	26,7	18,1	583	3,5	196,1	22	11
Mars	20,8	10,5	462	3,0	130,6	22	13
April	16,7	5,3	418	3,2	107,5	25	21
Maj	6,0	0,4	184	2,2	9,4	31	27
Juni	0,5	0,0	8	0,2	0,0	17	17
Juli	0,4	0,0	11	0,4	0,1	27	19
Augusti	17,7	1,3	534	11,9	12,5	30	19
September	17,2	0,5	466	4,9	1,7	27	14
Oktober	8,9	2,3	196	5,4	5,1	22	5
November	19,2	8,5	540	15,9	94,1	28	13
December	17,0	10,3	425	3,4	114,8	25	11
Året	174	72	4349	59	852	25	15



Figur 4. Mälarens utflöde 1968–2023. **(A)** Årliga volymer och medelvärde 1968–2023, **(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 1968–2023 resp. 1976–2023, **(B)** Totalfosfor och totalkväve, uttransporterade mängder med Mälarens utflöde, ton/år.



Käppalaverkets skorsten sticker upp på Lidingö till vänster om Halvkakssundet. Foto: Joakim Lücke.

Avloppsreningsverkens belastning på Saltsjön

Både Käppalaverket och Henriksdals avloppsreningsverk är just nu inne i en period av ombyggnation för att kunna utöka och anpassa verksamheterna för framtiden. Båda verken har därför fått nya villkor under byggperioden, vilka till stor del överensstämmer med tidigare satta villkor. Efter byggtiden, när driftskedet påbörjas träder skarpere villkor in. Enligt villkoren för Käppala och för det samlade utsläppet från Stockholm Vatten och Avfalls avloppsreningsverk, Bromma och Henriksdal, 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, men en svag ökande trend kan dock anas sedan 2009 (Figur 6). 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 fram till 2018, då fosforhalterna hamnade precis på gränsvärdet, 0,3 mg/L. Under 2023 hade utsläppen från Brommas och Henriksdals avloppsreningsverk en sammanvägd fosforhalt på 0,24 mg/L, vilket ligger något högre än de senaste åren, men ändå en bra bit under gränsvärdet. Detta är dock strax över de villkor som kommer att ställas på Stockholm Vatten och Avfall när projektet Stockholms framtida avloppsrening är klart i början av 2030-talet, vilket för fosfor innebär en halt på 0,20 mg/L. Fosforhalterna i Käppalas utsläpp under 2023 låg på 0,19 mg/L, vilket var tydligt under gränsvärdet.

Kvävehalterna brukar vanligen ligga nära gränsvärdet och 2023 var inget undantag. Kvävehalterna från Stockholm Vatten och Avfalls avloppsreningsverk låg på 8,9 mg/L och från Käppala på 8,4 mg/L (Figur 6). Ammoniumkvävehalten har enligt tidigare villkor inte fått överstiga 3 mg/L under perioden juli–oktober, och medelhalten för den perioden låg för Stockholm Vatten och Avfall på ungefär samma nivå som året innan, 1,4 mg/L, och överskreds därför inte heller i 2023 års utsläpp. Årsmedelhalten av ammoniumkväve var dock något högre än året innan. Käppalas avloppsreningsverks utgående vatten hade lägre ammoniumhalt än Stockholm Vatten och Avfalls under perioden juli-oktober, 0,7 mg/L, vilken innebar att halten låg på samma nivå som året innan. Dock var årsmedelhalten högre än åren innan även för Käppalas del, vilket berodde på högre ammoniumhalter under framförallt januari, mars och december.

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. Gränsvärdet är 8 mg/L, och de verkliga snitthalterna under 2023 var högre än året innan, men fortfarande relativt låga, 5,5 mg/L för Bromma och Henriksdal, och 1,8 mg/L för Käppala. Gränsvärdet

underskreds alltså i båda fallen med god marginal. Det totala utsläppet av syreförbrukande ämnen var under året dock både högre än året innan och genomsnittet för de senaste tio åren. Andelen av syreförbrukningen som orsakas av oxiderbart kväve (Kjeldahl-kväve, eller totalkväve minus nitratkväve) var dock lägre under 2023, ca 79 % jämfört med 85 % under 2022.

Utsläppta mängder av fosfor från de tre stora avloppsreningsverken (Bromma, Henriksdal och Käppala) var större än normalt under 2023, 52 ton, mot i genomsnitt 38 ton under föregående tioårsperiod (Tabell 4 och Figur 7A). Även de utsläppta kvävemängderna var större än normalt under 2023, 1987 ton, mot i genomsnitt 1768 ton under föregående tioårsperiod. Den totala mängden syreförbrukande ämnen var både större än året innan och föregående tioårsperiod, 4803 ton, mot i genomsnitt 3470 ton (Tabell 5 och Figur 7B). Av detta bestod 3785 ton av oxiderbart kväve. Stockholm Vatten och Avfall har under byggtiden också fått mängdvillkor satta för BOD₇ (850 ton per år), totalfosfor (35 ton per år) och totalkväve (1550 ton per år). Föreskrivna värden får överskridas ett år (år ett) om medelvärdet för år ett och år två (följande år) inte överstiger de utsläppsmängder som är angivna i villkoren. Med 688 ton BOD₇, 36 ton totalfosfor och 1378 ton totalkväve i det utgående renade vattnet från Stockholm Vatten och Avfall, med de två åren 2022 och 2023 sammanvägda till ett årsmedelvärde, underskreds villkoren för BOD₇ och totalkväve med relativt god marginal. Villkoren för fosfor överskreds dock med närmare ett ton.

Ungefär 40 % av fosfor och 93 % 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 från de tre stora avloppsreningsverken har under åren normalt pendlat mellan 12 och 18 ton. Under de senaste åren har dock händelser knutna till ombyggnaden av Henriksdals avloppsreningsverk lett till att det periodvis släppts ut mer än så. Under 2021 släpptes det exempelvis ut 24 ton fosfat (18 ton exklusive Käppala), medan det under 2022 endast släpptes ut 16 ton (11 ton exklusive Käppala). Under 2023 var utsläppet åter något högre, närmare 21 ton ut (14 ton exklusive Käppala).

När kvävereningen infördes i mitten av 1990-talet ledde det till kraftigt minskade utsläpp av bunden fosfor (den del av mängden totalfosfor som inte är fosfatfosfor). Utsläppen av bunden fosfor från Bromma och Henriksdal minskade från ca 25 till 9 ton/år, medan minskningen av fosfatfosfor var mindre, från ca 15 till 8 ton/år. De senaste tio åren har dock mängden bunden fosfor som släppts ut legat betydligt högre. Under 2018 bidrog driftproblem på Henriksdals avloppsreningsverk till att närmare 37 ton bunden fosfor släpptes ut från Stockholm Vatten och Avfalls avloppsreningsverk. Dessa problem löstes under 2019, men på grund av ombyggnationerna vid Henriksdals avloppsreningsverk ligger utsläppen kvar på en relativt hög nivå. Under 2023 släpptes totalt 26 ton bunden fosfor ut från Stockholm Vatten och Avfalls verk. Käppalas avloppsreningsverk har inte uppvisat samma mönster som Stockholm Vatten och Avfall, utan legat relativt stadigt på en lägre nivå, med 5,4 ton bunden fosfor utsläppt under 2023.

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 från de tre stora avloppsreningsverken har minskat från ca 2500 ton 1989–95 till ca 350 ton efter 2001 (Figur 9). Under de senaste tio åren har dock mängderna ammoniumkväve oftast legat signifikant högre än detta, och under 2023 var utsläppen 689 ton. Mängden nitrit+nitratkväve har under de senaste åren legat kvar och pendlat kring ungefär samma nivåer, och under 2023 släpptes det ut 1159 ton från de tre stora verken, vilket inte heller var någon större förändring jämfört med tidigare.

Saltsjöns vatten belastas av kväve och fosfor från både avloppsreningsverken och Mälarens utflödande vatten. 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 kopplade till 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. Det bör dock beaktas att det kväve och fosfor som flödar ut ur Mälaren har sitt ursprung i både interna processer i Mälaren, exempelvis internbelastning av fosfor, och externa processer, såsom utsläpp från avloppsreningsverk, dagvattenledningsnät eller andra punktkällor direkt till Mälaren. Källorna till de mängder fosfor och kväve som strömmar ut ur Mälaren är alltså belägna högre upp i systemet än själva Mälarutloppet.

De mindre avloppsreningsverkens andel av belastningen på skärgården var under 2023 mindre än året innan beträffande utsläppen av både BOD₇, fosfor och kväve (Tabell 6). Även de totala mängderna var för samtliga dessa parametrar också mindre, jämfört med året innan. Utsläppen från de fyra reningsverken Margretelund i Åkersberga, Blynäs i Vaxholm, samt Djurhamn och Telegrafholmen i Värmdö kommun uppgick under 2023 till sammanlagt 31 ton BOD₇, 0,9 ton fosfor och 70 ton kväve, vilket motsvarade ungefär 3, 2 respektive 4 % av de stora reningsverkens utsläpp (Tabell 6).



Hammarby sjö, Hammarby sjöstad och Avicii Arena. Foto: Joakim Lücke.

Tabell 4. Volym utgående avloppsvatten (Mm³) och utsläpp av fosfor och kväve (ton) från avloppsreningsverken Henriksdal, Bromma och Käppala år 2023. De två sista kolumnerna visar andelen oorganiskt kväve (ammoniumkväve + nitrit+nitratkväve) av totalkväve och andelen fosfatfosfor av totalfosfor.

Månad	Flöde	Tot-P	PO4-P	Tot-N	NH4-N	NO3-N	N-oorg	Lättillgänglig andel	
								N %	P %
Januari	24,8	6,89	1,89	261	152	97	249	95	28
Februari	16,8	2,92	1,32	160	47	106	153	95	45
Mars	26,2	9,80	2,27	279	153	109	262	94	23
April	17,2	3,54	1,44	151	45	97	142	94	41
Maj	15,4	4,38	1,63	120	21	85	106	88	37
Juni	17,1	3,55	2,20	116	17	80	97	84	62
Juli	13,4	1,91	0,95	99	10	79	89	90	50
Augusti	22,8	4,10	2,21	170	38	120	157	92	54
September	14,1	2,24	1,27	103	11	86	97	94	57
Oktober	15,8	2,82	1,63	129	27	96	123	95	58
November	24,1	5,07	2,32	220	82	122	204	93	46
December	19,6	4,30	1,50	180	87	82	169	94	35
Året	227	51,5	20,6	1987	689	1159	1848	93	40

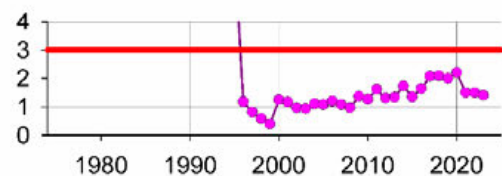
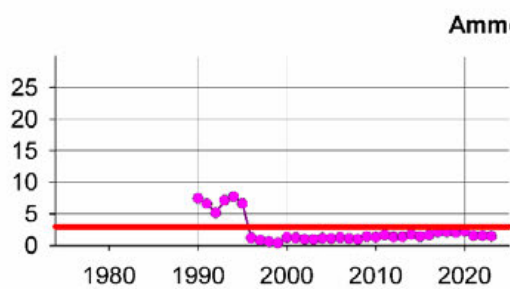
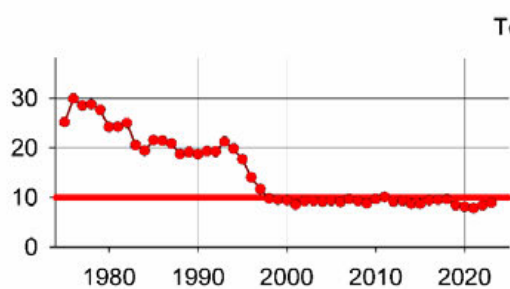
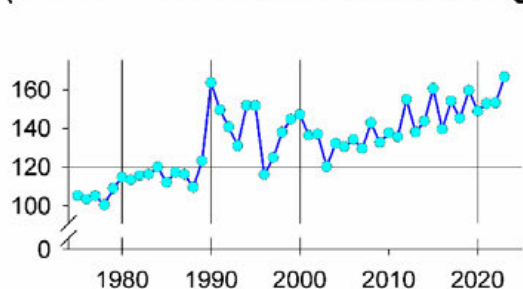
Tabell 5. Utsläpp av syreförbrukande ämnen (ton/månad) från avloppsreningsverken Henriksdal, Bromma och Käppala år 2023 – syreförbrukande ämnen mätta som BOD₇ med ATU-tillsats (allyltiourinämne, vilket är nitrifikationshämmare), utsläpp och syreförbrukning av nitrifierbara kväveföreningar (totalkväve - nitrit+nitratkväve), den summerade syreförbrukningen samt syreförbrukningen orsakad av BOD₇ som procent av den summerade förbrukningen.

Månad	Nitrifierbara				
	kväveföreningar			Summa syreförbrukning	Varav BOD ₇ %
	BOD ₇	Utsläpp	Syreförbrukning		
Januari	203	164	751	954	21
Februari	43	54	246	289	15
Mars	230	170	775	1005	23
April	48	54	249	297	16
Maj	50	35	159	210	24
Juni	44	36	163	207	21
Juli	21	20	91	112	19
Augusti	61	51	231	292	21
September	18	17	78	96	19
Oktober	45	33	151	196	23
November	140	97	444	584	24
December	115	98	446	561	20
Året	1017	828	3785	4803	21

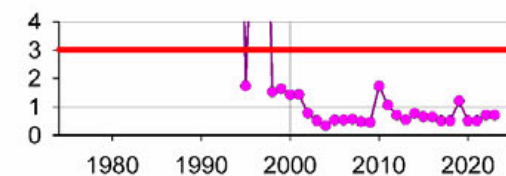
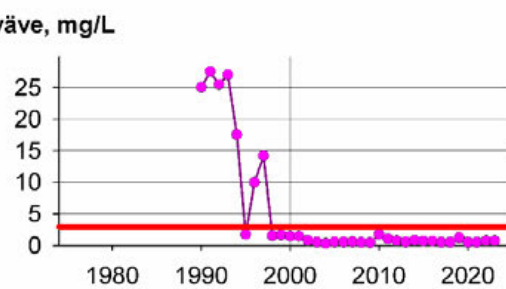
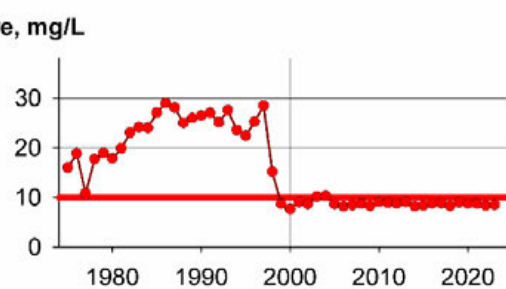
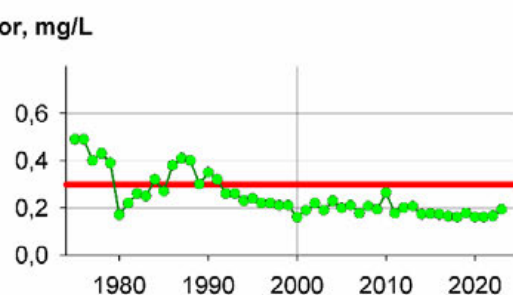
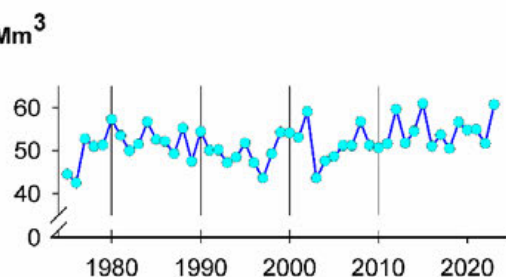
Tabell 6. Utsläpp år 2023 av BOD₇, totalfosfor och totalkväve (ton) från mindre kommunala avloppsreningsverk till de centrala delarna av Stockholms skärgård.

Verk	BOD ₇	Tot-P	Tot-N
Blynäs	2,4	0,12	27
Margretelund	25	0,69	37
Djurhamn	2,7	0,07	4,9
Telegrafholmen	0,6	0,02	1,3
Summa	31	0,9	70

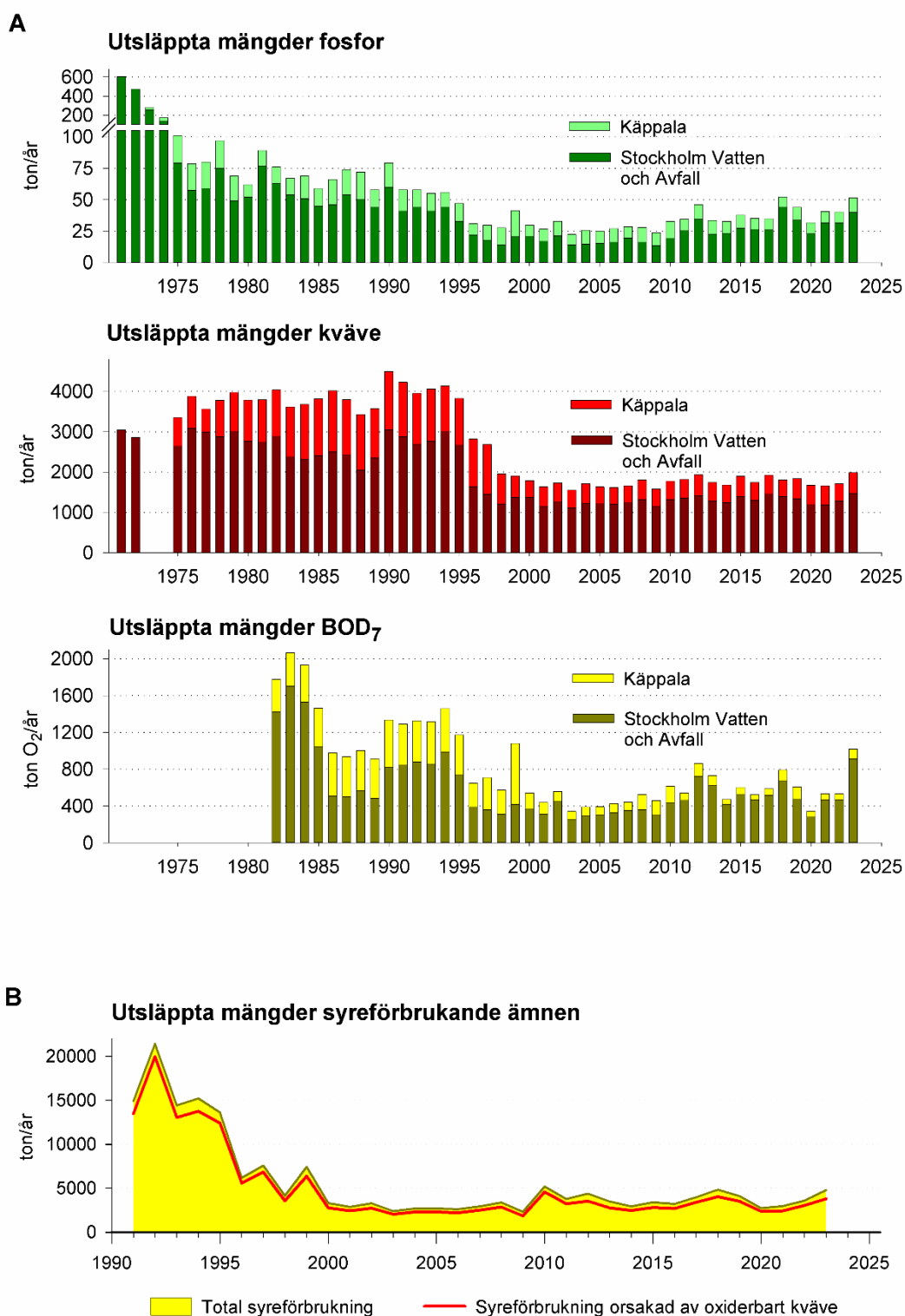
Stockholm Vatten och Avfall (Henriksdal och Bromma sammanvägda)



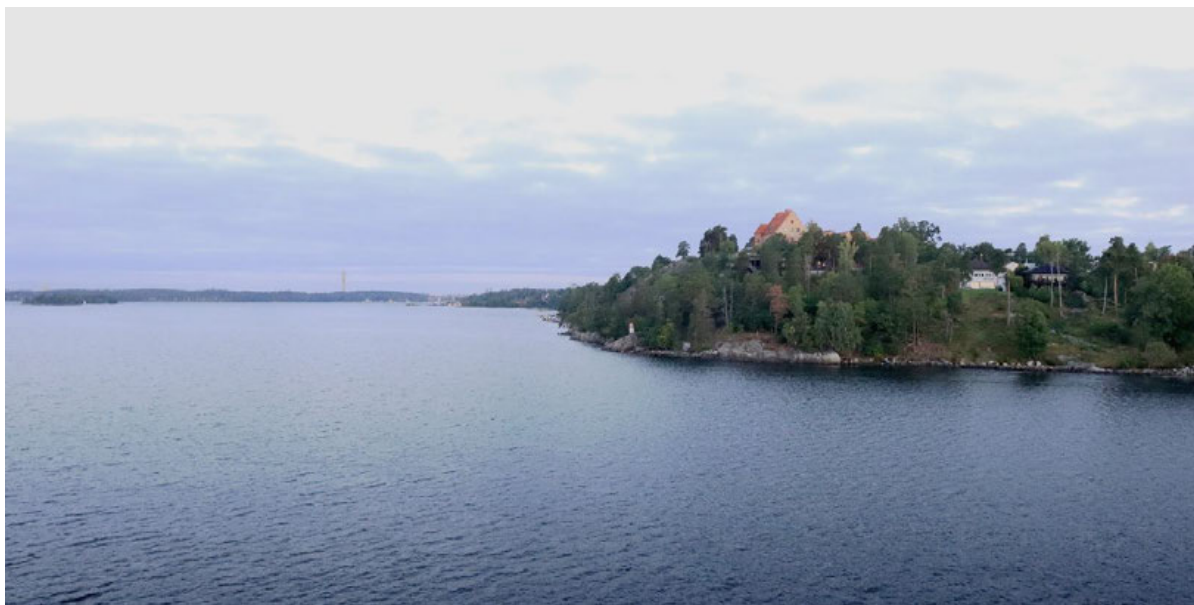
Käppala



Figur 6. Flöden och flödesvägda halter i det utgående vattnet från reningsverken till skärgården 1975–2023. De tjocka, horisontella linjerna anger nuvarande gränsvärden för totalfosfor och totalkväve, samt tidigare satta gränsvärden för ammoniumkväve (ammoniumkväve hade haltgränsvärde endast för perioden juli–oktober).



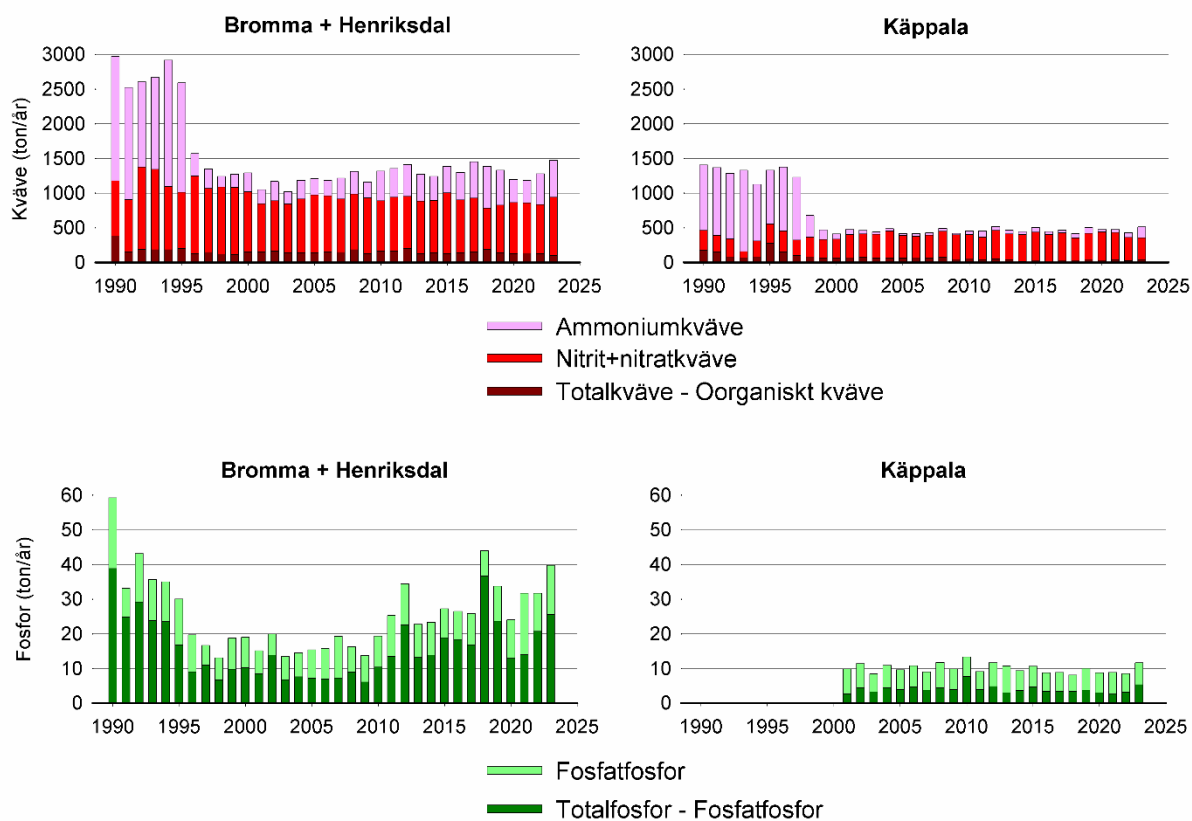
Figur 7. (A) Utsläppta mängder fosfor, kväve och syreförbrukande ämnen, ton/år, från Stockholm Vatten och Avfalls och Käppalas avloppsreningsverk 1971 (1986) – 2023. Kvävevärden saknas eller är ofullständiga före 1975. BOD-mätningar med ATU-tillsats finns endast fr.o.m. 1986. **(B)** Utsläppta mängder av syreförbrukande ämnen från Stockholm Vatten och Avfalls avloppsreningsverk och Käppala 1991–2023; total syreförbrukning och syreförbrukning orsakad av oxiderbart kväve.



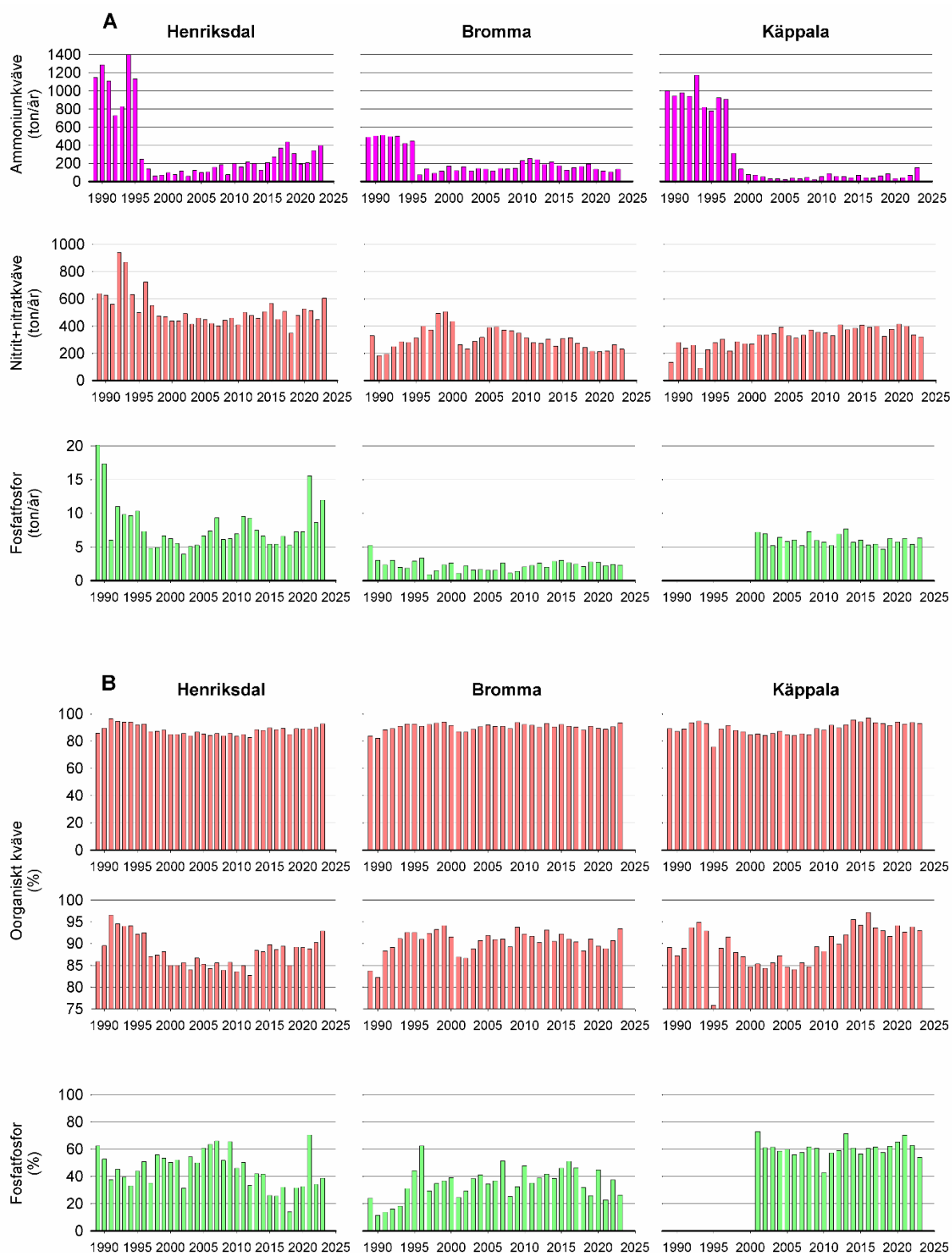
Högberga gård sticker upp ovan träden på Lidingö, vid Lilla Värtan. Foto: Joakim Lücke.



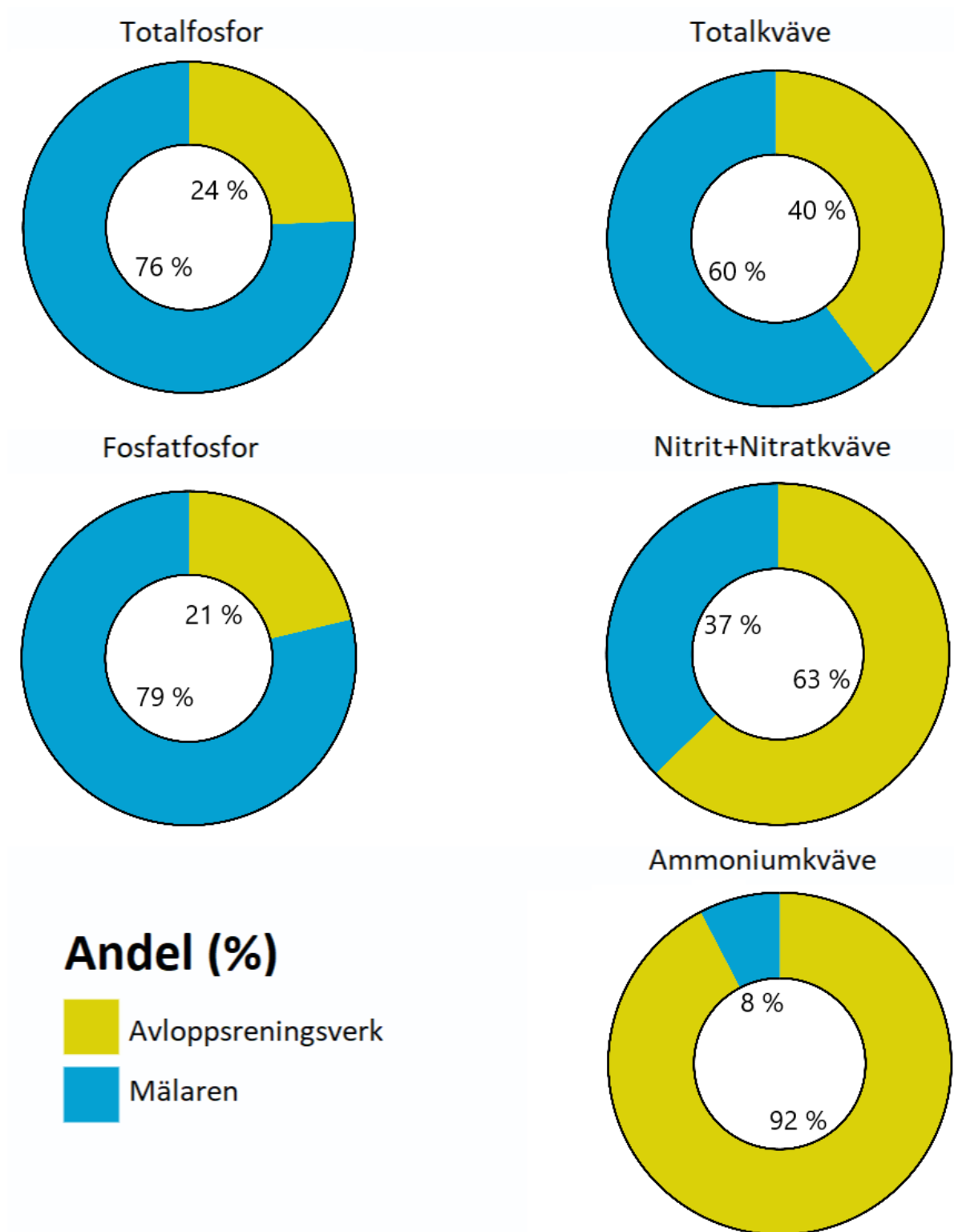
Telegrafberget i Nacka, vid Halvkakssundet. Foto: Joakim Lücke.



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 1989–2023, **(B)** Organiskt kväve och organisk fosfor som andel (%) av de totala mängderna kväve och fosfor i det renade avloppsvattnet. Observera att den övre och undre figuren för organiskt kväve bygger på samma data, men har olika skala.



Figur 10. Belastning på Saltsjön av totalfosfor, fosfatfosfor, totalkväve, nitrit+nitratkväve och ammoniumkväve från reningsverken Henriksdal, Bromma och Käppala (gul) och sjön Mälaren (blå), illustrerat som andel av utflödande mängder, utifrån medelvärden för åren 2014–2023.

Tillståndet i skärgården

Hur är livet under ytan 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.

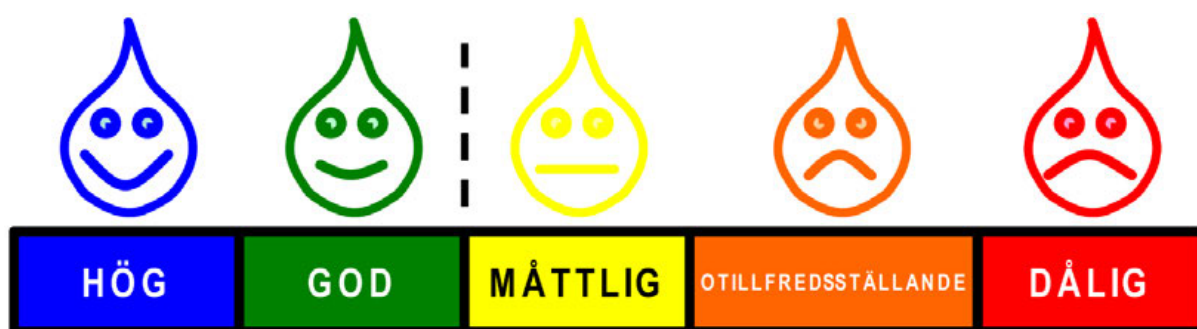


Bild 2. Vid bedömning av vattenkvalitet enligt vattenförvaltningsförordningen används fem klasser för ekologisk status; hög, god, måttlig, otillfredsställande och dålig. Gränsen mellan god och måttlig är viktig då utgångspunkten är att vattenförekomster som befinner sig under den gränsen kan behöva åtgärdas.

Mellan 2011 och 2016 indikerar exempelvis växtplankton på en trend av uppåtgående status i innerskärgården (se bilaga B). Det är alltså tecken på att en förbättring hade skett. 2015 passerades till och med gränsen mellan *otillfredsställande* och *måttlig* ekologisk status. År 2017 bröts dock den uppåtgående trenden tillfälligt, men fortsatte därefter uppåt igen. Efter 2020 verkar dock denna uppgång stannat av. Under både 2020, 2021 och 2022 var biovolymerna små samtidigt som klorofyllhalterna inte rörde sig så mycket. Under sommaren 2021 ökade biovolymerna tillfälligt, men detta observerades dock inte under sommaren 2022. Under 2023 var däremot både biovolymen och klorofyllhalten något större än året innan, men den sammanvägda statusklassningen låg ändå kvar på samma nivå under hela perioden 2020–2023. Vid Blockhusudden, som ligger nära avloppsreningsverkens utlopp, indikerade dessutom växtplankton både under 2017 och 2018 på en kraftig återgång till *otillfredsställande* ekologisk status, vilket skulle kunna tolkas som en försämring av innerskärgårdsvattnet. Åren därefter pekade dock kurvan något uppåt igen, eller åtminstone hamnade statusen på en plattå, för att efter en tillfällig dipp under 2022 fortsätta uppåt under 2023. Både bioolymer och klorofyllhalter är generellt högre vid Blockhusudden jämfört med Koviksudde. Biovolymerna vid Blockhusudden under 2023 var dock något mindre än både 2022 och 2021. Ute vid NV Eknö i ytterskärgården har växtplankton indikerat *måttlig* ekologisk status varje år sedan 2013, och under många år har samtidigt en

nedåtgående trend kunnat observeras. Under åren 2019–2023 verkar dock försämringen ha avstannat, och sakta börjat vända uppåt igen. I mellanskärgården i Trälhavet och vid Sollenkroka har en gradvis förbättring pågått sedan 2013. Mellan 2019 och 2020 passerades gränsen för ekologisk status enligt statusbedömningen för växtplankton från *måttlig* till *god*, och resultaten från den senaste perioden 2021–2023 visar att statusen fortsatt är *god*, vilket är positivt.

Bottenfauna, som provtas vartannat år inom ramen för detta recipientkontrollprogram, provtogs senast under 2022. Sett över flera år så visar bottenfaunan i innerskärgården generellt på att en förbättring har skett, med *otillfredsställande* ekologisk status i den inre delen av innerskärgården och *god* status i den yttre delen av innerskärgården. Resultaten av 2020 års provtagningar indikerade att statusen i den inre delen av innerskärgården till och med var *måttlig*, men detta uppnåddes alltså inte under 2022. I mellanskärgården, utanför Oxdjupet i Trälhavet har bottenfaunan mellan 2012 och 2016 indikerat god ekologisk status, men i 2018 års mätningar sjönk statusen till *måttlig*. Under 2020 och 2022 var statusen fortfarande *måttlig*, men 2022 års provtagningar visade dessutom på att en försämring skett. Bedömningen av mellanskärgården är dock endast baserad på en lokal, vilket innebär att en liten skillnad i antalet djur i provet kan ge stort genomslag i den statusklassbedömningen.

Orsaken till att bottenfauna och växtplankton inte alltid påvisar samma 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 av näringsämnen skulle kunna gynna störningståligen planktonarter, vilket då kan leda till oönskade algbloomningar, som i sin tur är en indikation på en sämre status.

Ser man till de mätningar av exempelvis fosfor och kväve som har utförts under många år i skärgårdsvattnet, så kan man konstatera att vattenkvaliteten sakta 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 har bättre vattenkvalitet 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 och kring våra andra vattenområden. Åtgärder kan exempelvis handla om att bygga tömningsstationer för båtlatrin eller att bygga bort bräddavlopp. Även arbete av mer administrativ karaktär är viktigt, såsom att ta fram handlingsplaner för att förbättra vattenmiljön. Centralt i allt detta arbete är att fokus framförallt ligger på de som faktiskt bor i vattnet, såsom fiskar och andra vattenlevande djur, och att deras livsmiljö kan förbättras och fortsatt ge möjlighet till exempelvis fortplantning och födosök. Sammantaget innebär detta att vattenkvaliteten kan skilja sig mycket åt mellan olika vikar och bassänger, beroende på hur den lokala påverkan ser ut och hur prioriterade eventuella lokala åtgärder har varit.

Gamla synder som fastlagts i bottenarna kan också ligga kvar och läcka ut i vattenmassan om dessa inte åtgärdas. Om bottenvattnets syreförhållanden är goda, och om bottenarna inte påverkas fysiskt, så behöver dock inte dessa synder vara något större problem. Nyare synder, såsom exempelvis mikroplaster och läkemedelsrester, kan det saknas tillräcklig kunskap om. Generellt är det dock viktigt att så tidigt som möjligt upptäcka och undersöka tänkbara miljöstörande ämnen som kan ställa till med problem.

De senaste åren har det också arbetats med framtagandet av ett lokalt åtgärdsprogram för Lilla Värtan och Strömmen i Stockholms inre skärgård, ett samarbete mellan Stockholm, Nacka, Solna, Lidingö, Danderyd och Stockholm Vatten och Avfall, med syfte att ta fram ett gemensamt kunskapsunderlag som kan förtydliga bilden av vad som påverkar kustvattnen och vilka åtgärdsbehov som finns. Utöver detta finns parallellt också ett projekt som leds av Länsstyrelsen som kallas "Pilot Stockholms skärgård", vilket syftar till att samla intressenter och aktörer som vill skapa framtidens sätt att samarbeta för en anpassningsbar och hållbar förvaltning av skärgårdsmiljön. Det finns även många andra projekt, grupperingar och organisationer som har som syfte att förbättra livet i skärgården på olika plan.

Det är dock 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. Fokus ligger i denna rapport huvudsakligen på nuläget, och det som uppmättes under 2023. För att få svar på vilken aktuell statusklass en specifik vik eller fjärd har, så rekommenderas årsrapporten från Svealands kustvattenvårdsförbund (se www.skvvf.se), vilken kompletterar denna rapport med aktuella klassningar av ekologisk status för vattnet längs med Svealandskusten.



I Vrakviken, längst in i Nyckelviken i Nacka, anläggs en gäddfabrik som beräknas vara färdigställd under våren 2024. Syftet med denna gäddfabrik är att skapa ett lekområde för rovfisk såsom gädda och abborre. Detta kan på sikt ge goda chanser till ett förbättrat rovfiskbestånd i Lilla Värtan. 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.

Enligt EEA (European Environment Agency, Europeiska miljöbyrån) har haven i Europa hela tiden blivit varmare och varmare ända sedan kontinuerliga temperaturmätningar påbörjades i mitten av 1800-talet. Detta kan också observeras i Stockholms skärgård, där temperaturökningen varit särskilt tydlig de senaste årtiondena. Vattentemperaturmätningarna i Stockholms skärgård görs på plats i fält med termistor, en slags elektronisk termometer. Ytvattnets temperatur är under ett normalår högst under sommaren. De uppmätta vattentemperaturerna under 2023 följde i princip samma variation som ett normalår (Figur 11 och 12). Lufttemperaturerna 2023 varierade relativt mycket under året, vilket delvis också återspeglades i ytvattentemperaturerna i skärgården. Ytvattentemperaturerna låg dock inom det normala spannet under större delen av året (Figur 13). De högsta vattentemperaturerna under 2023 uppmättes generellt i juni och augusti (Figur 11 och 12). Årets högsta vattentemperatur, 22,5 °C, uppmättes den 27 juni i den trösklade viken Kyrkfjärden i norra delen av skärgården. Även året innan uppmättes den högsta temperaturen i just Kyrkfjärden, men då ytterligare någon grad högre. De högsta vattentemperaturerna längs med segelleden, mellan Slussen och NV Eknö, uppmättes under 2023 i innerskärgården den 26 juni vid Koviksudde, med 19,0 °C (Figur 12). Samma dag uppmättes i mellanskärgården den högsta temperaturen i Trälhavet, med 18,3 °C. I den södra delen av skärgården, i Farstaviken, uppmättes de högsta ytvattentemperaturerna i mitten av augusti, med en temperatur på 21,1 °C (Figur 52). Även i Ägnöfjärden, Erstaviken och Lännerstasundet uppmättes de högsta ytvattentemperaturerna i augusti. I Baggensfjärden var ytvattentemperaturen som högst i juli. I innerskärgården uppmättes de högsta ytvattentemperaturerna i juni i vid Blomskär i Stora Värtan och vid Torsbyholmen med 20,0 respektive 19,4 °C.

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, på djup 20 m eller mer, uppmättes på 20 och 24 m djup i Norra Vaxholmsfjärden 26 september, 13,3 °C och på 20 m djup i Ägnöfjärden 17 augusti, 12,9 °C. I Ägnöfjärden uppmättes också den största temperaturskillnaden i bottenvattnet under året, där det på 20 m djup var en skillnad på 10,9 °C mellan temperaturen i februari, 2,0 °C, och augusti, 12,9 °C. Temperaturerna i skärgårdens bottenvatten var under större delen av 2023 nära det normala.

Saliniteten, det vill säga vattnets salthalt, beräknades utifrån konduktiviteten mätt på laboratorium i Lidköping. Vattnet i världshaven har i genomsnitt en salthalt på 35 psu (practical salinity unit, vilket är detsamma 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 vid Öresund och Stora Bält. I Stockholms skärgård uppmättes under 2023 lägst salinitet i Hammarby sjö och vid Slussen under hösten med 0,1 respektive 0,21 psu i ytvattnet i november respektive september (Figur 11 och 14). Högst salinitet uppmättes vid NV Eknö med 7,27 psu i bottenvattnet i juli. Saliniteten i bottenvattnet är normalt relativt konstant under året, och den uppmätta saliniteten under 2023 följde mönstret för den föregående tioårsperioden relativt väl vid samtliga lokaler (Figur 15).

De södra delarna av skärgården påverkas inte på samma sätt av Mälarens varierande flöden, och där var saliniteten också generellt högre. Under 2023 uppmättes de lägsta halterna i Lännerstasundets ytvatten i april, men även under resten av året var saliniteten i sundet relativt låg. De högsta halterna i de södra delarna av skärgården uppmättes i augusti och november på 26 respektive 50 m djup i Ägnöfjärden och i Erstaviken med 6,26 respektive 6,22 psu (Figur 53).



Ett av Sjöfartsverkets arbetsfartyg på väg över Långholmsfjärden i Vaxholms kommun. Foto: Joakim Lücke.

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

Under 2023 var den salthaltsberoende skiktningen stark under nästan hela året i större delen av innerskärgården (Figur 14 och 16). Ett stort flöde ut ur Mälaren bidrog till detta. Endast när utskoven var helt stängda under juni och juli, vilket innebar ett minskat utflöde ut ur Mälaren, var skiktningen försvagad. Under denna period bidrog dock vattentemperaturen till att skärgårdsvattnet var fortsatt skiktat (Figur 12). Trots att temperaturskiktningen därefter försvagades under hösten, innebar ett högt Mälarutflöde och en kraftig salthaltsskiktning till att skiktningen fortsatte vara tydlig fram till höstomblandningen i november. Detta innebar också att ingen anmärkningsvärd uppträngning av renat avloppsvatten till ytan nära avloppsreningsverkens utsläpp kunde noteras under någon del av året. Ammoniumhalterna i ytvattnet var inte särskilt höga någon gång – de allra högsta halterna uppmättes vid Blockhusudden och Slussen i januari, och det kan dock troligen förklaras av att det var relativt höga halter av ammoniumkväve i utsläppen från avloppsreningsverken just då (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 algbloomningar. Utflödet av sött vatten från Mälaren motverkade till viss del inflödet av ett saltare vatten under stora delar av 2023 (Figur 17). Störst möjlighet för saltare bottenvatten att tränga sig in över Oxdjupets tröskel infann sig under juni och juli, Mälarströmmarna var som svagast. Under denna period innebar detta att salthalten innanför Oxdjupet ökade i hela vattenmassan från botten upp till ytan. Syrehalterna i Trälhavets bottenvatten var som lägst under oktober och november, men en inträngning av detta salta syrefattiga vatten till innerskärgården motverkades effektivt av de yttligare utåtgående strömmarna. Det vatten som ändå tog sig in över Oxdjupets tröskel lagrades generellt in på samma eller något djupare nivå än ursprungsdjupet i Trälhavet.

Syrets betydelse för liv

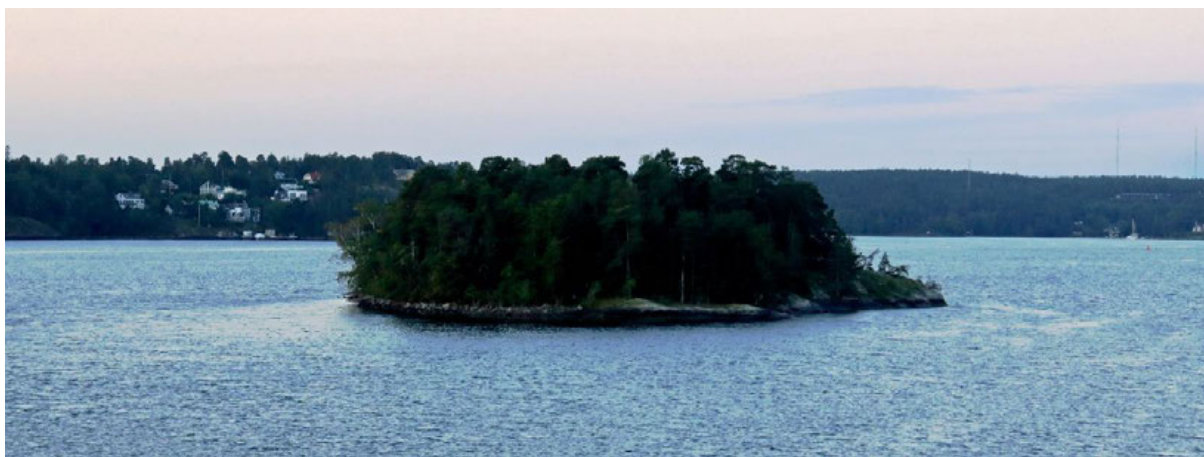
En kontinuerlig tillgång på syre är livsnödvändig för de flesta organismer. Bristen på syre, särskilt i bottenvattnet, skapar stora problem för ekosystemen i många av världens havsområden. Syrebrist kan uppkomma när det sker en tillförsel av näringsämnen och organiskt material från exempelvis avloppsvatten, jordbruksmark, industrier eller fordonstrafik. När näringsämnen och organiskt material släpps ut bidrar det till att syret som finns i vattnet kan förbrukas, 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 näringsämnen 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.

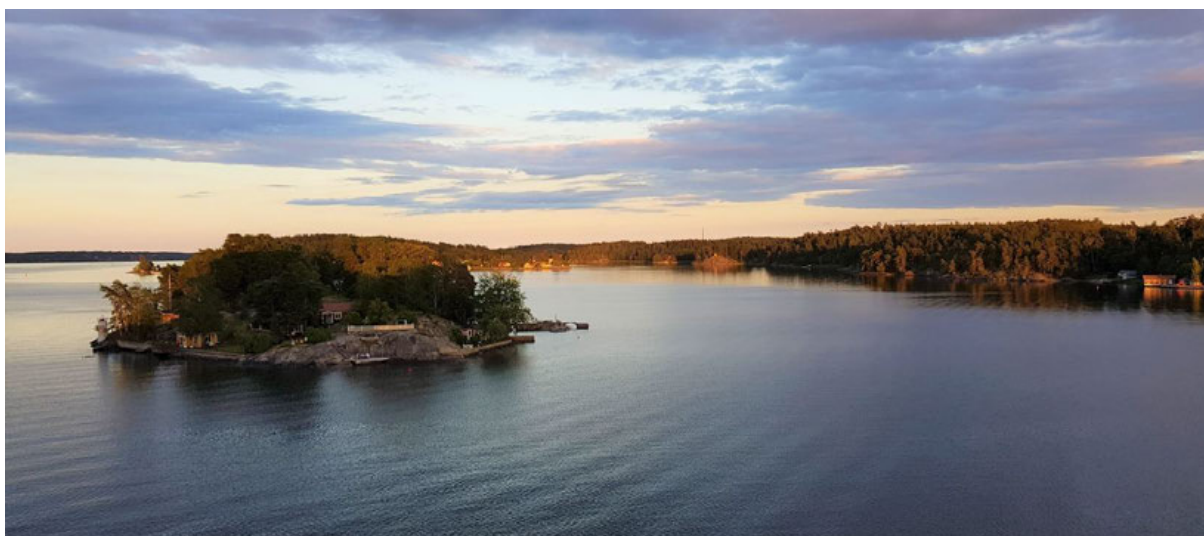
Under 2023 följde syrehalterna i innerskärgården generellt den normala variationen över större delen av året, med högst halter under våren och lägst halter innan omblandningen under hösten (Figur 18 och 19). Lägst syrehalter uppmättes under hela året generellt i bottenvattnet, med högre halter i ytvattnet, vilket också är det normala. Syrehalterna i vattnet under 2023 låg nära normala nivåer under hela året. I de trösklade vikarna

Kyrkfjärden och Farstaviken var dock syresituationen dålig under större delen av 2023, med svavelväteförekomst i bottenvattnet under nästan hela året (Figur 54). I Lännerstasundets bottenvatten var syrenivåerna, likt tidigare år, låga med förekomst av svavelväte vid samtliga provtagningstillfällen under året. Vid Blomskär i Stora Värtan observerades svavelväte endast i december. Normalt brukar svavelväte observeras där vid flera tillfällen under hösten. I övrigt noterades inget svavelväte vid lokalerna i innerskärgården. 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 satt igång. Nedbrytning av de plankton som blommar under våren är en sådan aktivitet (Figur 20). Syreinnehållet minskar därefter kontinuerligt fram till hösten, då aktiviteterna börjar avta. Sedan brukar syreinnehållet öka igen. Förändringen av mängden syre sker i hela vattenmassan. I maj 2023 var det totala syreinnehållet i innerskärgården ca 16 300 ton, medan det fyra månader senare, i september, var nere på ungefär 10 200 ton, vilket innebär en minskning på ca 37 %.



Ön Lilla Höggarn i Lidingö kommun. Foto: Joakim Lücke.



Ön Kungsborg i Värmdö kommun. 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 regelbundet under normala förhållanden och kan därför inte automatiskt kopplas direkt till en miljöstörning. När det blir snedbalans 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 2023 låg på 28 µg/L, med en uppmätt halt vid ytan under året mellan 17 och 38 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 påverkade 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 under 2023 följde tidigare års variationer, med generellt något högre halter närmast botten under hösten (Figur 22 och 24). Mellan Slussen och Halvkakssundet uppmättes kraftigast förhöjda fosforhalter i bottenvattnet under framförallt november månad. Anledningen till detta kan delvis förklaras av att syrehaltererna samtidigt var som lägst i bottenvattnet, i oktober och november. Totalkvävehaltererna följde också tidigare års variationsmönster relativt väl, med högst halter en bit ner i vattenmassan närmast avloppsreningsverkens utlopp (Figur 27 och 30). De förhöjda kvävehaltererna syns tydligt mellan Slussen och Halvkakssundet.

Halterna av oorganisk fosfor (fosfatfosfor) avvek inte anmärkningsvärt från det normala variationsmönstret under större delen året, jämfört med föregående tioårsperiod (Figur 23 och 25). Högst halter av oorganisk fosfor återfanns närmast botten under hösten. Precis som för totalfosfor var det kraftigast förhöjda fosfatfosforhalter i bottenvattnet mellan Slussen och Halvkakssundet under framförallt november månad. I större delen av innerskärgården var ytvattnets innehåll av oorganisk fosfor i princip uttömt mellan maj och september. 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 allra högsta halterna av fosfor i årets mätningar uppmättes under hösten i Lännerstasundets och de trösklade Kyrkfjärdens och Farstavikens bottenvatten (Figur 55). Längs med segelleden uppmättes de årshögsta totalfosforhalterna i Nyvarps, Halvkakssundets, Slussens, och Blockhusuddens bottenvatten under hösten. Utav dessa fyra lokaler, så uppmättes de allra högsta halterna vid Nyvarp i oktober (Figur 22). De allra lägsta fosforhalterna för året uppmättes i maj på 12 och 16 meters djup i Trälhavet och på 16 och

0,5 meters djup vid Oxdjupet. I innerskärgården uppmättes de lägsta fosforhalterna på 12 meters djup i Solöfjärden i juni månad.

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 2023, som tidigare år, en minskande halt längs med segelleden, från Slussen ut till Eknö (Figur 22 och 27). Detta gäller under hela året och på samtliga djup.

Halterna av oorganiskt kväve (ammoniumkväve och nitrit+nitratkväve) avvek generellt inte från det normala variationsmönstret under större delen året, jämfört med föregående tioårsperiod (Figur 28, 29, 31 och 32). Under januari var dock ammoniumhalterna anmärkningsvärt höga en bit ned i vattnet vid Slussen, Blockhusudden och Halvkakssundet, vilket troligen berodde på relativt höga flöden ut ur både avloppsreningsverken och Mälaren under samma månad. Dessa utflöden var kraftiga under stora delar av året.

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).

De högsta halterna av kväve under 2023 uppmättes i Kyrkfjärdens bottenvatten i oktober. I Lännerstasundets och Farstavikens bottenvatten uppmättes också höga kvävehalter under hösten, men i framförallt Lännerstasundet kunde relativt höga kvävehalterna observeras under hela året (Figur 56 och 57). Längs med segelleden uppmättes de årshögsta totalkvävehalterna i januari en bit ner i vattenmassan vid Blockhusudden och Slussen. De lägsta kvävehalterna under året längs med segelleden uppmättes vid NV Eknö i juli på 20 meters djup. Generellt uppmättes de lägsta kvävehalterna i mellan- och ytterskärgården (Figur 27). Den allra lägsta kvävehalten observerades i juli i södra delen av skärgården i Erstaviken på 20 meters djup.

De totala mängderna av fosfor i innerskärgården under 2023 varierade likt tidigare, med det lägsta fosforinnehållet i början av sommaren, med ca 31 ton i juni (Figur 26). Därefter ökade fosforinnehållet kontinuerligt upp till de högst beräknade värdena i november på ca 61 ton. Generellt var förändringen av fosforinnehållet under 2023 relativt likt det året innan, men omfånget var något mindre, med ungefär lika mycket fosforinnehåll under våren, men mindre mängd fosfor i vattnet i slutet av hösten, jämfört med året innan.

Kväveinnehållet varierar normalt mindre. Detta var fallet även under 2023. Mängden kväve i vattnet ökade inte lika mycket som året innan, men variationen liknade flera tidigare år, med mindre skillnad mellan vår och höst (Figur 33). Det lägsta innehållet av kväve i innerskärgården beräknas i juni ha varit ca 719 ton, och de högsta beräknade värdena därefter nåddes i oktober med ca 824 ton. Under året innan, år 2022, ökade kväveinnehållet från 691 ton maj till 852 ton i oktober.



Käppalaverkets skorsten sticker upp bakom ön Stora Höggarn, som skymtar i sundet mellan öarna Granholmen och Edlunda, vy från Karlsudd i Vaxholms kommun. Foto: Joakim Lücke.

Utan ljus inget liv

När fotosyntesen fungerar som den ska kan vissa levande organismer, såsom växter och cyanobakterier, omvandla energin från solljus till livsviktig kemisk energi, i form av druvsocker. För att fånga in ljuset på ett bra sätt har växterna och cyanobakterierna så kallade antennpigment, exempelvis klorofyll *a*, som ser till att ljusenergin effektivt förs vidare till den plats 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, och därefter hissas den upp igen tills den åter blir synlig, och medelvärdet av dessa två observationer motsvarar då siktdjupet. Generellt varierar siktdjupet med högst siktdjup under perioden sen höst, vinter och tidig vår, och lägst siktdjup under växtsäsongen. Klorofyllinnehållet i innerskärgården minskade efter införandet av kväverening i början på 1990-talet och har därefter visat ganska små variationer.

Variationen under 2023 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. Samma observation kunde göras under 2023, med ett spann av uppmätt siktdjup i innerskärgården som sträcker sig från 7,5 meter i mitten av mars ner till 2,2 meter under vårblomningen i mitten av april. Under 2023 var medelsiktdjupet i innerskärgården samma som året innan (Figur 35).

Efter att det år 2003 uppmätts ett medelsiktdjup på 4,6 meter i innerskärgården observerades därefter en negativ trend av försämrat siktdjup under många år. 2014 var medelsiktdjupet endast 2,9 m, men åren därefter vände den negativa trenden. Under

perioden 2015-2017 ökade medelsiktdjupet för varje år, och 2017 var medelsiktdjupet i innerskärgården 4,4 m, men därefter har det återigen minskat något. Under 2022 och 2023 var dock medelsiktdjupet i innerskärgården åter 4,4 m, precis som under åren 2017 och 2006 innan dess (Figur 35). Ser man endast till sommarsäsongen den senaste tio åren, så kan dock en generell ökning av siktdjupet observeras i innerskärgården.

I allmänhet var siktdjupet under 2023 högre i mellan- och ytterskärgården än i innerskärgården, vilket tillhör det normala. Störst siktdjup uppmättes vid NV Eknö i november med 15,8 m (Figur 34). Vid samma lokal observerades stora siktdjup under hela året, och dessutom det största medelsiktdjupet under året med 10,6 m, vilket också var högre än föregående år på samma plats. Lägst medelsiktdjup under 2023 hade Hammarby sjö, med 3,2 m, samt Lännerstasundet, med 3,8 m. Siktdjupet vid Blockhusudden var det lägsta längs med segelleden, med 4,0 m, och därefter följde Slussen med ett medelsiktdjup på 4,1 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 2023 som mest i Ägnöfjärden, och där var också medelsiktdjupet under året som störst, med 8,1 m, följt av Erstaviken, 7,8 m, Baggensfjärden, 6,5 m, Farstaviken, 5,5 m, och Lännerstasundet, 3,8 m (Figur 58 och 60). Det största enskilt observerade siktdjupet under 2023 i den södra delen av skärgården uppmättes i februari till 12,0 m i Ägnöfjärden.

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 vattnet. I innerskärgården minskade klorofyllhalterna något efter införandet av kväverening i mitten av 1990-talet, och därefter har klorofyll *a* visat på relativt små variationer (Figur 36 och Figur 37).

2023 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). Vid Halvkakssundet och Blockhusudden uppmättes i februari och januari de lägsta klorofyllhalterna i innerskärgården under året. Även vid Slussen och Koviksudde uppmättes i januari och februari låga klorofyllhalter. Vid NV Eknö, där det största siktdjupet under året observerats, uppmättes tillsammans med Halvkakssundet även den lägsta klorofyllhalten inom ramen för detta recipientkontrollprogram, vilket är normalt (Figur 34 och Figur 39). I allmänhet liknade variationen av klorofyll *a* under 2023 den variation som observerats tidigare år, med en ökad halt under framförallt vårens algblomningar (Figur 39). Dock kunde även noteras en ökad klorofyllhalt under hösten noteras. I södra delen av skärgården syns generellt de högsta klorofyllhalterna i områden som har mindre vattenutbyte, såsom Lännerstasundet och Farstaviken (Figur 59 och 60). I de öppnare vattenområdena såsom Ägnöfjärden, Erstaviken och Baggensfjärden observeras normalt lägre klorofyllhalter, vilket också var fallet under 2023.

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. I mitten av januari 2023 uppmättes mycket höga bakterietal för *Escherichia coli* (bakterietal >1000/100 ml) vid Blockhusudden och Halvkakssundet, vilket är en tydlig indikator på påverkan av avloppsvatten (Figur 40 och 41). I övrigt var dock vattnet i innerskärgården tjänligt för bad (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.



Stockholms inlopp. 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.

Växtplanktonbiovolymen var under 2023 generellt som störst under vårbloomingen (se bilaga B), med vissa undantag där Blockhusudden hade högre biovolym under sommaren och Koviksudde hade liknande biovolym i maj som i augusti och oktober. De största biovolymerna noterades vid Blockhusudden i juni (2,35 mm³/L). De övergripande biovolymerna under 2023 var något större än föregående år men betydligt lägre än 2021 då ett årsmaximum av biovolym på 10,7 mm³/L noteras vid Koviksudde i augusti.

Under årets första månader (januari–mars) dominerades växtplanktonsamhället i skärgården av kiselalger (*Bacillariophyceae*), dinoflagellater (*Dinophyceae*) och gruppen övriga taxa. Vårbloomingen (april–maj) uppvisade ett liknande mönster med skillnaden att dinoflagellater dominerade i högre grad. Under sommaren (juni–augusti) skiftar fördelningen till att även inkludera rekylalger (*Cryptophyceae*), cyanobakterier (*Cyanophyceae*) och vid vissa platser även grönalger (*Chlorophyceae*) medan andelen kiselalger och dinoflagellater avtar. Gruppen övriga taxa är fortsatt dominerande på flera lokaler och utgörs främst av ciliater och oidentifierade monader. Under sensommaren (augusti – september) var cyanobakterier närvarande på samtliga stationer men generellt dominerade antingen övriga taxa eller kiselalger. Under hösten (oktober–november) förekom cyanobakterier fortsatt vid samtliga stationer men kiselalger och övriga taxa var fortsatt dominerande.

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. Vårbloomingen av kiselalger kan begränsas av tillgången på kisel i vattnet. När kiselalger blommar förbrukas det kisel som finns tillgängligt. Under 2023 var det, med undantag för juni och juli, höga flöden under större delen av året ut ur Mälaren. Tillgången på kisel i innerskärgården var dock som bäst framförallt under januari, februari, mars, april och december (Figur 42 och 43). Höga kiselhalter i ytvattnet längs med segelleden uppmättes framförallt under dessa månader i hela innerskärgården. I Stockholms inre skärgård dominerades samtidigt planktonsamhället av kiselalger tillsammans med gruppen övriga taxa, med avseende på biovolym, vilket återspeglades i åtgången av fritt tillgängligt kisel. Klorofyllhalterna i den inre delen av innerskärgården var tydligt förhöjda i april samtidigt som kiselhalterna dock var på kraftig nedgång (Figur 39, 42 och 43). Lagret av kisel i innerskärgården hade blivit nästintill uttömt i maj, men tillförseln av kisel via Mälarens utflöde innebär att kiselalger ändå fortsatte förekomma i relativt hög omfattning under resten av året, dock inte i samma omfattning som under våren. Dinoflagellater och cyanobakterier tog tidvis allt större andel av planktonsamhället.

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 inte vill bada i. Den relativa förekomsten av cyanobakterier var i Stockholms innerskärgård (Blockhusudden och Koviksudde) som störst under september och utgjorde då för Blockhusudden 59,8 % respektive Koviksudde 55,5 % av växtplanktonens biovolym. Vid Blockhusudden utgjorde cyanobakterier även majoritet av biovolymen i oktober (55 %). Vid Koviksudde var andelen cyanobakterier under oktober också betydande (38 %). Samma mönster observerades i den centrala mellanskärgården (Trälhavet och Sollenkroka). I södra mellanskärgården (Baggensfjärden och Ägnöfjärden) samt Stockholms ytterskärgård (NV Eknö) var förekomsten av cyanobakterier som högst under sommaren, i juli och augusti. I Stockholms södra innerskärgård (Farstaviken) var andelen cyanobakterier som högst under juli.

De högsta biovolymerna noterades vid Blockhusudden i juni (2,35 mm³/L). De övergripande biovolymerna under 2023 var något högre än föregående år men betydligt lägre än 2021 då ett årsmaximum av biovolym på 10,7 mm³/L noteras vid Koviksudde i augusti.

Cyanobakterieförekomsten dominerades under 2023 av gruppen Oscillatoriales i innerskärgården, vilket skiljer sig från de senaste åren då Chroococcales varit dominerande. Oscillatoriales gynnas av näringsrika förhållanden och förekommer i större omfattning vid höga kvävehalter. Från 1990-talet till mitten av 2000-talet var Oscillatoriales vanligt förekommande i den inre skärgården (Blockhusudden och Koviksudde) och vissa delar av den centrala mellanskärgården (Trälhavet), men det ändrades 2010, varefter ordningen Chroococcales fram till 2023 utgjort en större del av biovolymen i inner- och mellanskärgården. Chroococcales var fortfarande vanligt förekommande under året. I den yttre skärgården förekom under året, likt tidigare, Nostocales i större omfattning.

Bland cyanobakterierna är det främst *Nodularia* (katthårsalg) som förknippas med toxicitet i Östersjön. Under 2023 påträffades *Nodularia* endast vid NV Eknö vid ett tillfälle under året. Det totala antalet celler av potentiellt toxiska cyanobakterier var relativt lågt och majoriteten av dessa utgjordes av släktet *Aphanizomenon*. *Dolichospermum* och *Planktotrix agardhii* förekom också vid flera stationer men inte i lika stort antal. År 2023 uppmättes inga totalhalter av toxiska cyanobakterier över WHO:s gränsvärde.

Bland övriga potentiella toxinproducenter i Östersjön påvisades främst dinoflagellaterna *Dinophysis* och *Prorocentrum* i undersökningsområdena. Släktet *Dinophysis* är välkänt för att producera toxiner som kan påverka människor. Det finns norska gränsvärden för en del *Dinophysis*-arter, men de rör musselodlingar i marin miljö; ett eventuellt badgränsvärde torde ligga betydligt högre. För att ge en fingervisning har dock norska gränsvärden använts vid utvärdering av data. Data har utvärderats utifrån de lägst satta gränsvärdena (1500 celler/L, *Dinophysis acuminata*). Gränsvärdet överskreds totalt 15 gånger vid sex av åtta provpunkter. *Prorocentrum* påträffades 2023 på sex av åtta stationer.



Trälhavsbadet vid Margretelund i Åkersberga. Foto: Joakim Lücke.

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 *god* i de två provtagna områdena i mellanskärgården, Trälhavet och Sollenkroka, samt i Baggensfjärden och Farstaviken i södra skärgården, och *måttlig* i tre av de åtta provtagna områdena (Koviksudde, NV Eknö och Ägnöfjärden), baserad på klorofyll *a* och biovolym under åren 2021–2023. I det åttonde området, Blockhusudden, indikerar växtplankton istället att statusen, likt tidigare, är *otillfredsställande*. Förändringar i stationernas sammanvägda statusklassningar har varierat under 2023. Blockhusudden som vid föregående statusklassning såg ut att peka nedåt ser vid årets klassning ut att vända uppåt. Övriga stationer visar positiva trender förutom Koviksudde och Farstaviken som ligger kvar så gott som oförändrade.

Vid Koviksudde har även djurplankton provtagits sedan 2015. Djurplanktonsamhället vid Koviksudde var under jan–maj 2023 starkt dominerat av hoppkräftor (Copepoda) varefter den relativa förekomsten av hinnkräftor (Cladocera) gradvis ökade fram till mitten av augusti. Efter augusti reducerades andelen hinnkräftor månad för månad, förutom en liten ökning i oktober, som kan förklaras av en ökning av andel kiselalger och därmed en ökad födotillgång. Under december noterades nästan enbart hoppkräftor i provet. Hoppkräftor är företrädesvis selektiva födosökare och gynnades sannolikt av dominansen av dinoflagellater, kiselalger och gruppen övriga taxa vid Koviksudde under vårbloomingen.

Under slutet av året var det framförallt tillgången på kiselalger och gruppen övriga taxa som gynnade hoppkräftorna.

Under 2023 var biomassan av djurplankton relativt hög. Vid en överblick över de senaste årens provtagningar kan man se en antydning till en trend av ökad biomassa av djurplankton mellan 2015–2019. Sedan 2020 bryts dock denna trend med en ganska kraftig reducering av biomassan. För 2020 antogs detta vara en följd av den låga biovolym av växtplankton som noterades, och att det alltså inte funnits tillräckligt med föda för att kunna uppehålla en stor population djurplankton. Liknande mönster av låga bioolymer av växtplankton noterades under 2022, vilket kan vara en förklaring till den relativt låga biomassan av djurplankton även under 2022. Under 2023 noterades en högre biomassa av djurplankton jämfört med föregående år, med årsmaximum i mitten av augusti då hinnkräftan *Bosmina* påträffades i stor omfattning, samt hoppkräftan *Calanoida* och hjuldjuren *Rotifera*. Växtplanktonblomningen i juli och augusti, samt höga lufttemperaturer under denna period kan vara förklaringen till den kraftiga tillväxten.

Det noterades även en liten topp i april där hoppkräftan *Calanoida* dominerade, som kan förklaras av en växtplanktonblomning som dominerades av kiselalger. Förutom toppen i april är mönstret relativt tydligt med en ökning i djurplanktonbiomassa under vårkanten och högst värden sommartid innan det klingar av på höstkanten. Den något kraftiga nedgången i augusti kan förklaras av stort predationstryck, samt begränsad födotillgång. Den relativa fördelningen är över lag 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 är aldrig dominerande med avseende på biomassa.



Vindskydd vid Karlsudds färjeterminal, vid Långholmsfjärden. Foto: Joakim Lücke.



Danvikskanalen förbinder Saltsjön med Hammarby sjö. På Danviksklippan står nio punkthus som stod färdiga 1945. I bakgrunden mellan husen skimtar Henriksdals avloppsreningsverks skorsten. Foto: Joakim Lücke.

Livet på botten

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.

Under 2023 genomfördes ingen bottenfaunaundersökning, men resultaten från 2022 uppvisade *dålig* till *god* ekologisk status (enligt bedömningsgrunden BQI_m). Fram till 2020 har det sammanslaget visat en tendens till uppåtgående trend sedan år 2014, men 2022 års resultat indikerade att en försämring har skett därefter. Särskilt tydlig var denna försämring i mellanskärgården (Trälhavet). Även i Baggensfjärden och Ägnöfjärden i södra mellanskärgården var denna försämring tydlig. I den inre innerskärgården indikerade bottenfaunan *otillfredsställande* ekologisk status (enligt bedömningsgrunden BQI_m) och i den yttre innerskärgården var den ekologiska statusen fortsatt *god*. I Trälhavet har statusen mellan 2012 och 2016 klassats som *god*, men sedan 2018 hamnat på *måttlig*, vilket också var resultatet under 2022. I Baggensfjärden och Ägnöfjärden, i den södra delen av mellanskärgården, var den ekologiska statusen *måttlig* efter att ha kunnat klassas som *god* under 2018 och 2020 utifrån resultat av bottenfaunaprovtagningar. I Erstaviken var den ekologiska statusen dock fortsatt *god*, vilket den varit sedan prover började tas där 2010. Den ekologiska statusen i Farstaviken, i södra mellanskärgården, var under 2022, liksom tidigare, *dålig*.

I proverna från flera stationer i inre innerskärgården (Valdemarsudde 30 m, Drevinge gård 10 m & 20 m, Svanstigen 20 m och 25 m samt Vårhagen 19 m) påträffades inga djur. Avsaknad av djur observerades även vid en station (V Kolström 50 m) i mellanskärgården. Tomma prover tyder på stor störning och troligtvis råder periodvis akut syrgasbrist i dessa områden. Det finns en tydlig skillnad mellan den inre och yttre innerskärgården. Den yttre innerskärgården uppvisar i medeltal fler antal arter och bättre status generellt.



Koviksudde. Foto: Joakim Lücke.

Fokus på livet 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 1968–2023 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. Dessutom övervakar Länsstyrelsen fiskbeståndet i området kring Koviksudde, inom vattenförekomsten Askrikefjärden.

Ett provfiske med översiktsnät har genomförts i augusti varje år sedan 2016 i närområdet till Koviksudde. Resultat för åren 2016–2022 finns tillgängliga i databasen för kustprovfisken (KUL). Data för 2023 finns ännu inte tillgängliga. Fångstsammansättningen under åren 2016–2022 har dock varit relativt konstant, både vad gäller infångat antal per fiskart och summerad biomassa per art. Sett utifrån antal infångade individer var mört de vanligaste arterna i fångsten under 2022 (39 %) och abborre (39 %), följda av gärs (8 %) och strömming (5 %). Närmare hälften av all fångad fisk var karpfisk (44 %), vilket är en indikation på näringsbelastning. Stor eller ökande förekomst av rovfisk kan indikera att det finns lämpliga rekryteringsmiljöer, låg fiskeridödlighet (den andel av ett bestånd som under året dör på grund av fiske) och låg predation från toppkonsumenter som säl och skarv. Under 2022 utgjorde abborre 99 % av rovfiskbeståndet. Utifrån biomassa var abborre dessutom den

totalt sett vanligaste arten i fångsten under 2022 (40 %), följt av mört (30 %) och braxen (16 %). Totalt infångades 5583 fiskar under 2022 med en total biomassa på ca 270 kg.

Provtagningen av djurplankton sker inom ramen för detta program, som tidigare nämnts, enbart vid lokalen Koviksudde. Djurplanktonbiomassan var under samtliga åren 2015–2023 dominerad av hoppkräftor under våren och senvåren. Kiselalger tillsammans med dinoflagellater gynnar förekomsten av hoppkräftor, och dessa fanns också i relativt hög förekomst vid såväl Koviksudde som i övriga undersökta lokaler i skärgården. Varje år under 2016–2023 ökade sedan andelen hinnkräftor under perioden sensommar till tidig höst, samtidigt som tillgången på kiselalgerna, hoppkräftornas föda, minskade. Hinnkräftor utgjorde från och med slutet av juli 2023 och under större delen av hösten till och med oktober mer än hälften av den totala djurplanktonbiomassan, varefter hoppkräftorna gradvis återfick sin dominans under november och december. Populationsvariationen är i princip lika från år till år. Den totala biomassan av djurplankton ökade dock varje år sedan 2015 och var som störst 2019, men efter det har den totala biomassan varit betydligt mindre. Under 2020 antogs detta bero på mindre biovolym av växtplankton. Då liknande mönster av låga bioolymer av växtplankton har noterats även därefter, kan detta vara en förklaring till den relativt låga biomassan av djurplankton även under 2022. Under 2023 noterades dock en högre biomassa av djurplankton jämfört med föregående år, med årsmaximum i mitten av augusti. Resultaten av provfiskena korrelerar dock till viss del med djurplanktonvariationen, då man kan ana en uppgång fram till och med 2018 i både antal och biomassa av infångad fisk, varefter det har backat under 2019 och 2020. Under 2021 och 2022 resulterade provfiskena åter i både ökat antal och ökad biomassa av infångad fisk, vilket kanske kan förklara att djurplanktonen hållits nere på en något lägre nivå. Under 2022 var dessutom mer än hälften av de fiskar som fångades in rovfiskar, vilket var en något större andel än under åren 2019–2021.

Statusklassningarna av de två parametrarna klorofyll *a* och biovolym vid Koviksudde skiljer sig åt; klassningen av biovolym 2021–2023 ger *god* status medan klorofyll *a*-medelhalten resulterar i *otillfredsställande* status. Efter en generell trend av ökande status under ett flertal år, så indikerar dock resultaten på att en platå med mycket liten variation har nåtts efter 2020. Den sammanvägda statusklassningen, baserad på klorofyll *a*-halt och biovolymen av växtplankton, visar vid Koviksudde på *måttlig* ekologisk status utifrån 2023 års mätningar. Status för växtplankton verkar ha förbättrats sedan 2012 vid Koviksudde, men statusen 2023 ligger kvar på ungefär samma nivå som under 2020, 2021 och 2022. Under 2021 skedde det kraftiga cyanobakterieblomningar under året som höll tillbaka statusen, vilket kunde förklara att ingen tydlig förbättring då kunde observeras. Trots att cyanobakterierna hade betydligt mindre inverkan under 2022 samt att biovolymen under sommaren 2023 var större än föregående år med blomningar av cyanobakterier, så observerades dock ingen förbättring av statusen vid Koviksudde. Även halterna av klorofyll var under 2023 högre än föregående år. Högre bioolymer är annars korrelerat med sämre status, och dessa har varierat upp och ner under åren. Biovolymerna var som högst år 2004 och som lägst under åren 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. Efter en minskning i 2019 och 2020 års uppmätta biovolymsvärden uppvisade dock 2021 mycket större bioolymer (1,28–10,70 mm³/L under perioden maj–september), följt av betydligt mindre bioolymer 2022 (0,24–0,5 mm³/L under perioden maj–september). Under 2023

varierade sommarens (juli—augusti) uppmätta biovolymvärden mellan 0,19–1,26 mm³/L och halterna av klorofyll varierade mellan 4,3–13 µg/L.

Det kan, för jämförelsens skull, vara klokt att även titta på den andra planktonlokalen som finns i innerskärgården, Blockhusudden. Den har klassats till *otillfredsställande* status utifrån växtplankton under samtliga år 2018–2023. Blockhusudden hade, tvärtemot Koviksudde, en negativ statusutveckling under några år, men under åren 2018–2023, med undantag från en negativ tillfällig avvikelse under 2022, kanske den utvecklingen har vänt. Den långsiktiga bilden som växtplankton vid Koviksudde ger kan dock i bästa fall vara ett tecken på en positiv förändring i innerskärgården.

Bottenfauna provtas vartannat år inom skärgårdsprogrammet, och provtogs under 2022, men inte under 2023. Provtagningarna vid Koviksudde bedöms tillsammans med lokalerna Bogesund, Tynningö Udd och Långbroviken inom ramen för den geografiska avgränsningen yttre innerskärgården. Provtagningarna från 2022 indikerade, liksom för 2020 och 2018, *god* ekologisk status. Dessförinnan indikerade bottenfaunan en status som varit sämre än *god*. Under 2022 indikerar resultaten från tre av de fyra lokaler som ingår i bedömningen för den yttre innerskärgården, inklusive Koviksudde, att statusen är sämre än *god*. Detta kan bero på att syresituationen vid botten är ansträngd. 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 (*Macoma balthica*). Den yttre innerskärgården uppvisar generellt fler arter och bättre status.

Den vattenkemiska variationen i vattenmassan för åren 2015–2023 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, vilket innebar en tydlig skiktbildning och att bottenvattnet inte värmdes upp i samma utsträckning. Bottenvattentemperaturerna under 2019 och 2020 liknade dock till stor del mönstret från 2017, medan 2021, 2022 och 2023 års bottenvatten åter var något svalare. Saliniteten vid ytan respektive botten är starkt kopplad till Mälarens utflöde av sött vatten på ytan, och inflödande salt vatten från mellan- och yttreskärgården längs med botten. Under 2023 var utflödet ur Mälaren mycket större än på många år, och flödet var dessutom stort under större delen av året, med undantag för juni och juli. Ofta brukar det huvudsakliga utflödet annars ske under våren. De kraftiga Mälarflödena bidrog till att salthaltsskiktningen var relativt stor under större delen av året vid Koviksudde (Figur 45). Under sommarperioden kompensades det låga Mälarflödet av högre temperatur i ytvattnet, vilket höll kvar en kraftig skiktning. Under början av året uteblev ett antal bottenprover, vilket syns i figur 45 i form av avsaknad av salinitetsdata för bottenvattnet. Med undantag för detta, kan det dock noteras att salthalten i bottenvattnet, likt de närmaste åren innan, höll sig konstant hög under hela året. Internbelastningen av fosfor som släpper från bottarna syns normalt under hösten. Viss internbelastning brukar också normalt observeras vid Koviksudde, men den brukar generellt vara mycket begränsad. Under 2023 frisattes dock tydligt mindre fosfor från bottarna vid Koviksudde än vad som observerats under de senaste åren (Figur 46 och 47). Syreinhållet i Koviksuddes bottenvatten var likt tidigare som minst under framförallt hösten, men halterna var högre än de senaste åren, och aldrig kritiskt låga (Figur 51). Inte heller några signifikanta ökning av

kvävehalterna nära botten kunde observeras under 2023, då internbelastningen vid Koviksudde höll sig på en låg nivå (Figur 48, 49 och 50). Endast något förhöjda halter av ammoniumkväve kunde observeras i mitten av juli i bottenvattnet och en bit upp i vattenmassan, men det var på en lägre nivå än vad som generellt observerats de senaste åren. Det finns heller inga indikationer på att avloppsreningsverkens utsläpp av renat avloppsvatten under 2023 har bidragit till något signifikant ökat kväveinnehåll i vattnet vid Koviksudde (Figur 49).

Ungefär vart tionde år provtas sedimenten i Stockholms skärgård inom ramen för detta recipientkontrollprogram, och under 2021 skedde detta senast (se rapporten Undersökningar i skärgården 2021). Undersökningarna vid lokalen Södra Höggarnsfjärden, vilken ligger närmast Koviksudde, visade att halterna av koppar, krom, kvicksilver och bly var mycket höga, enligt klassgränser från Naturvårdsverkets Rapport 4914. Jämfört med tidigare sedimentundersökningar från 1999 och 2009 visar detta också att halterna av dessa metaller har ökat. I övrigt visade undersökningarna att innehållet av zink var högt, kadmium var medelhögt, och arsenik, kobolt och nickel var lågt. Kadmiumhalterna verkar ha minskat något jämfört med tidigare undersökningar. Av övriga ämnen som undersöktes utmärkte sig ett antal polycykliska aromatiska kolväten (PAH) med hög halt, och tributyltenn (TBT) med mycket hög halt, samt ett antal polyklorerade bifenyler (PCB) med hög eller mycket hög halt, enligt klassgränser från SGU-rapport 2017:12.



Koviksudde. Foto: Joakim Lücke.



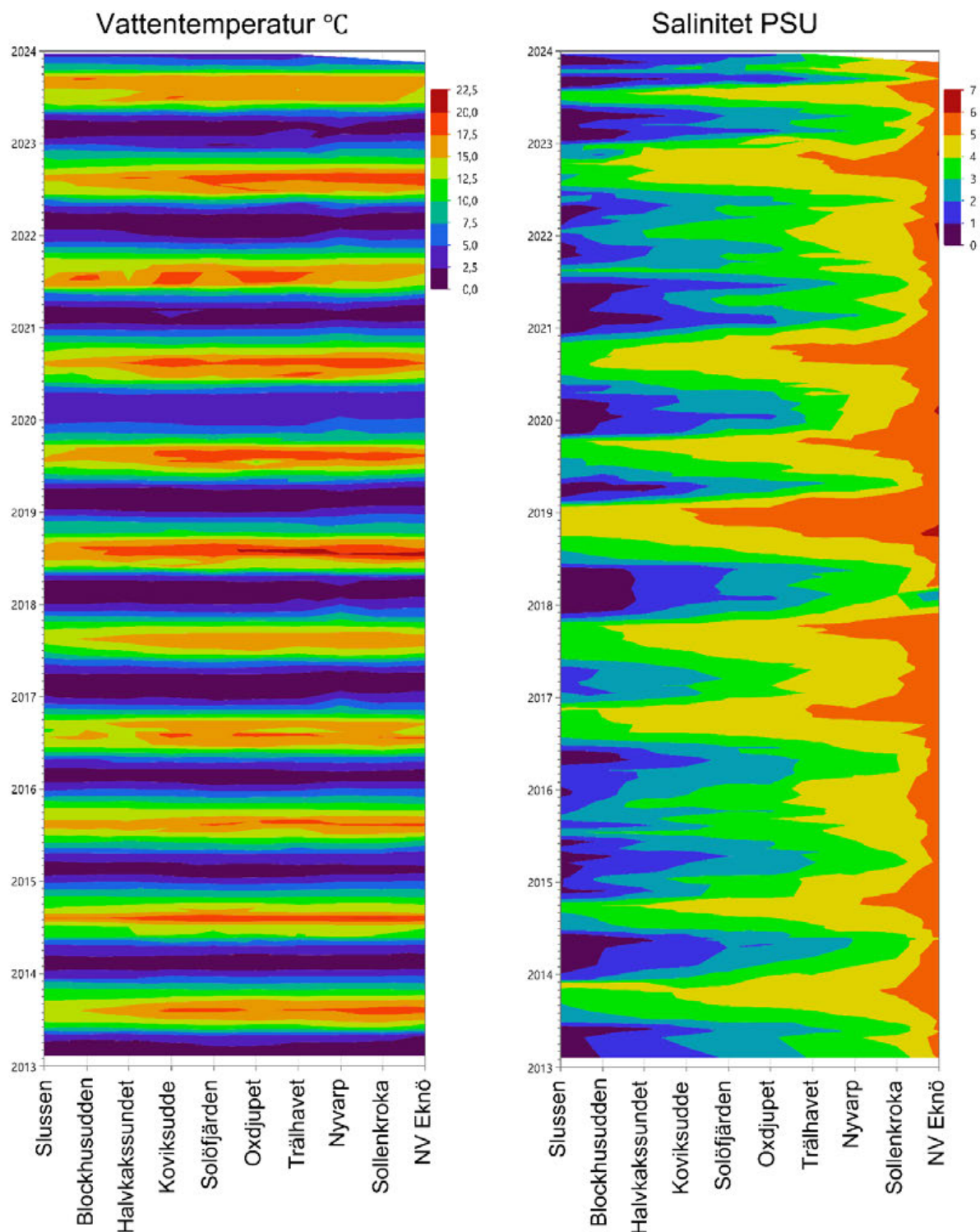
Saltsjön sedd från Slussen. Foto: Joakim Lücke.

2023 års undersökningar i korthet

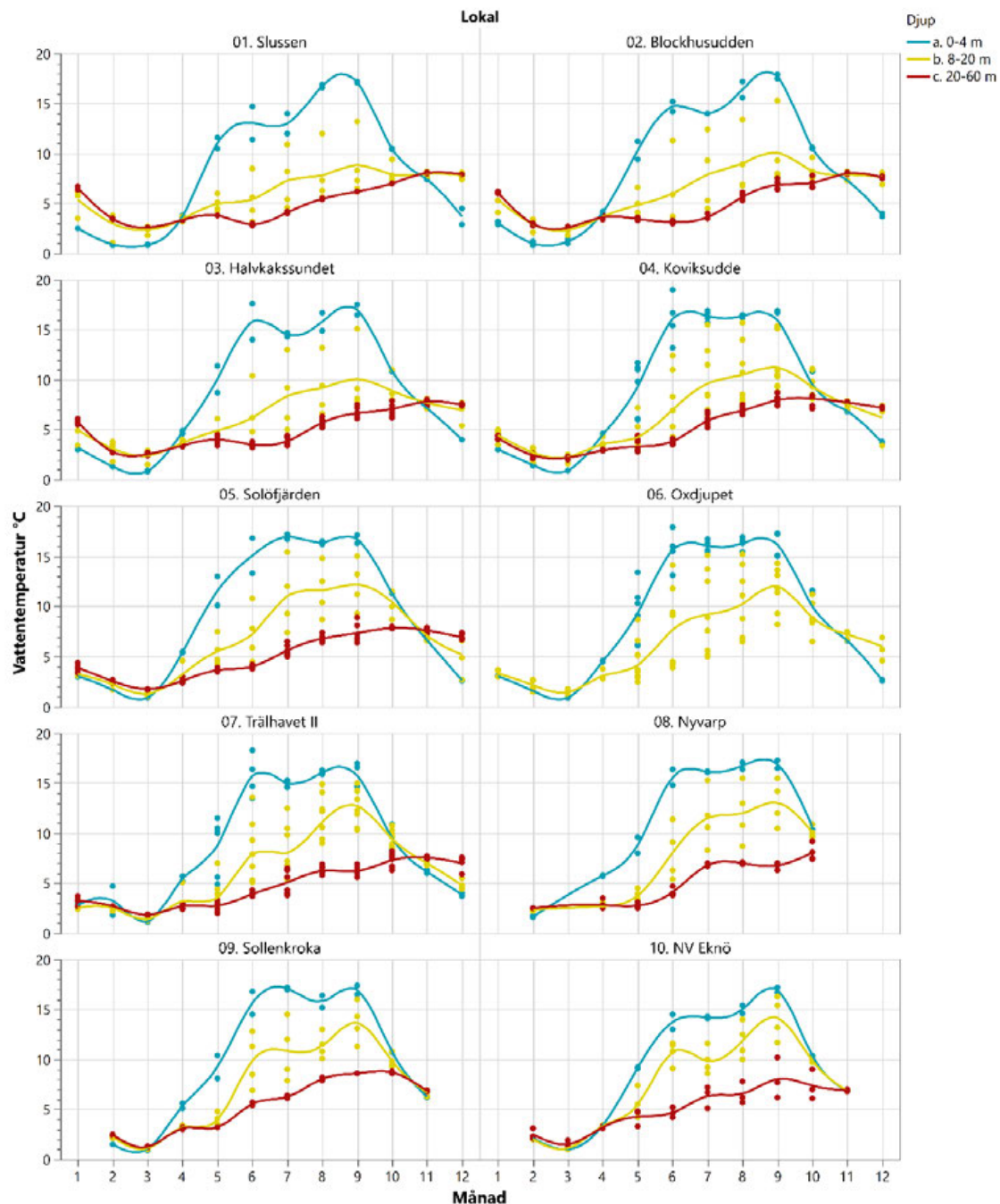
De fem viktigaste slutsatserna utifrån årets undersökningar är:

- Utflödet ur Mälaren var mycket större än både året innan och medelflödet för föregående tioårsperiod, och det medförde också att de uttransporterade mängderna av fosfor och kväve var betydligt större än normalt.
- Den totala mängden utsläppt fosfor, kväve och syreförbrukande ämnen från avloppsreningsverken var under året större än normalt.
- En stark salthaltsberoende skiktning under större delen av året, med undantag för sommarmånaderna, då istället en temperaturberoende skiktning kompenserade, innebar att uppträngning av renat avloppsvatten motverkades under större delen av året.
- Det genomsnittliga siktdjupet i innerskärgården var likt året innan relativt stort med 4,4 meter.
- Växtplankton visar under 2023, likt året innan, på att den uppåtgående positiva trend som tidigare observerats för den sammanvägda ekologiska statusen i innerskärgården har stannat av under de senaste åren.

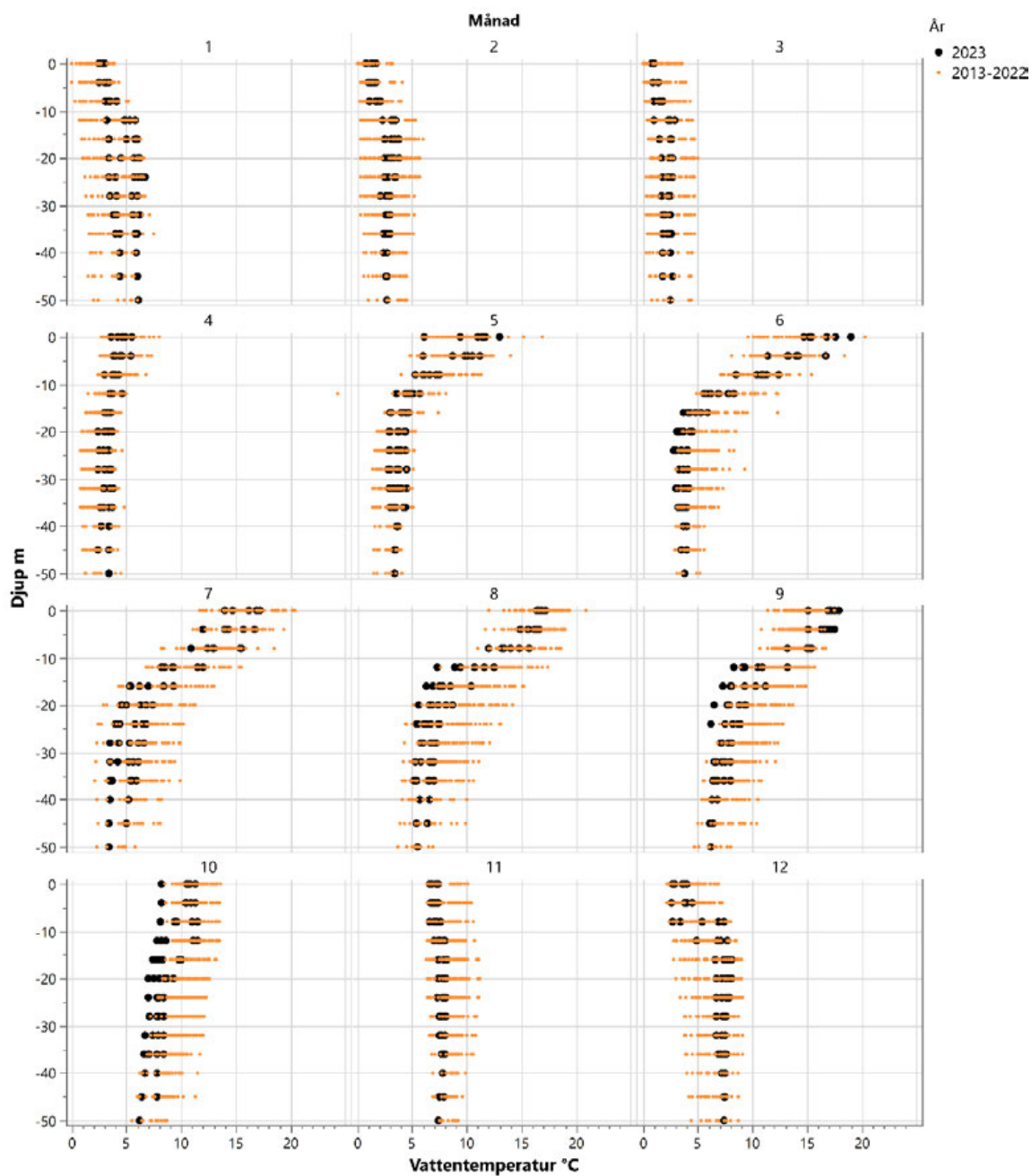
Figursamling



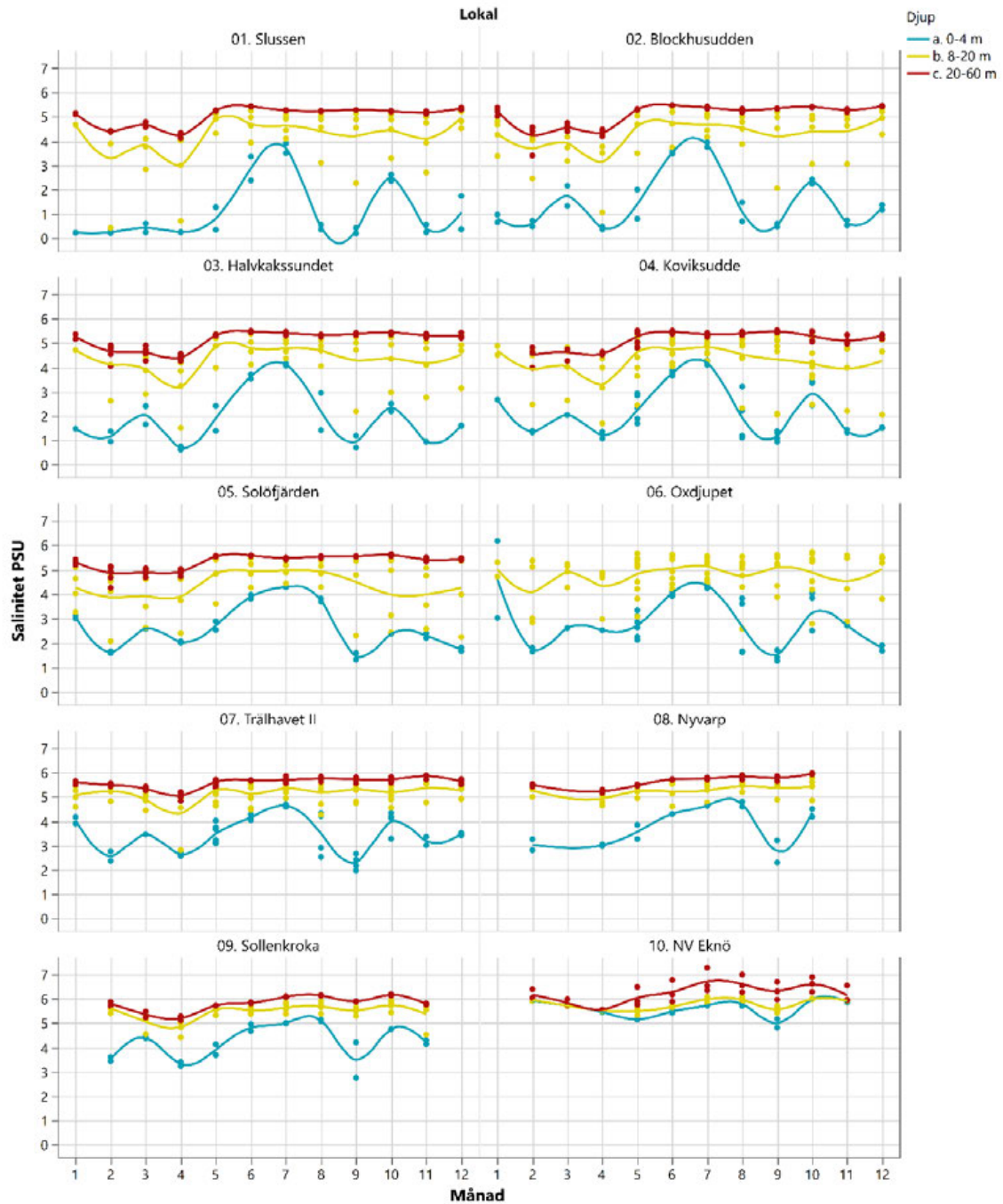
Figur 11. Fördelningen av temperatur och salinitet i ytvattnet (0–4 m) i segelleden mellan Slussen och NV Eknö 2013–2023.



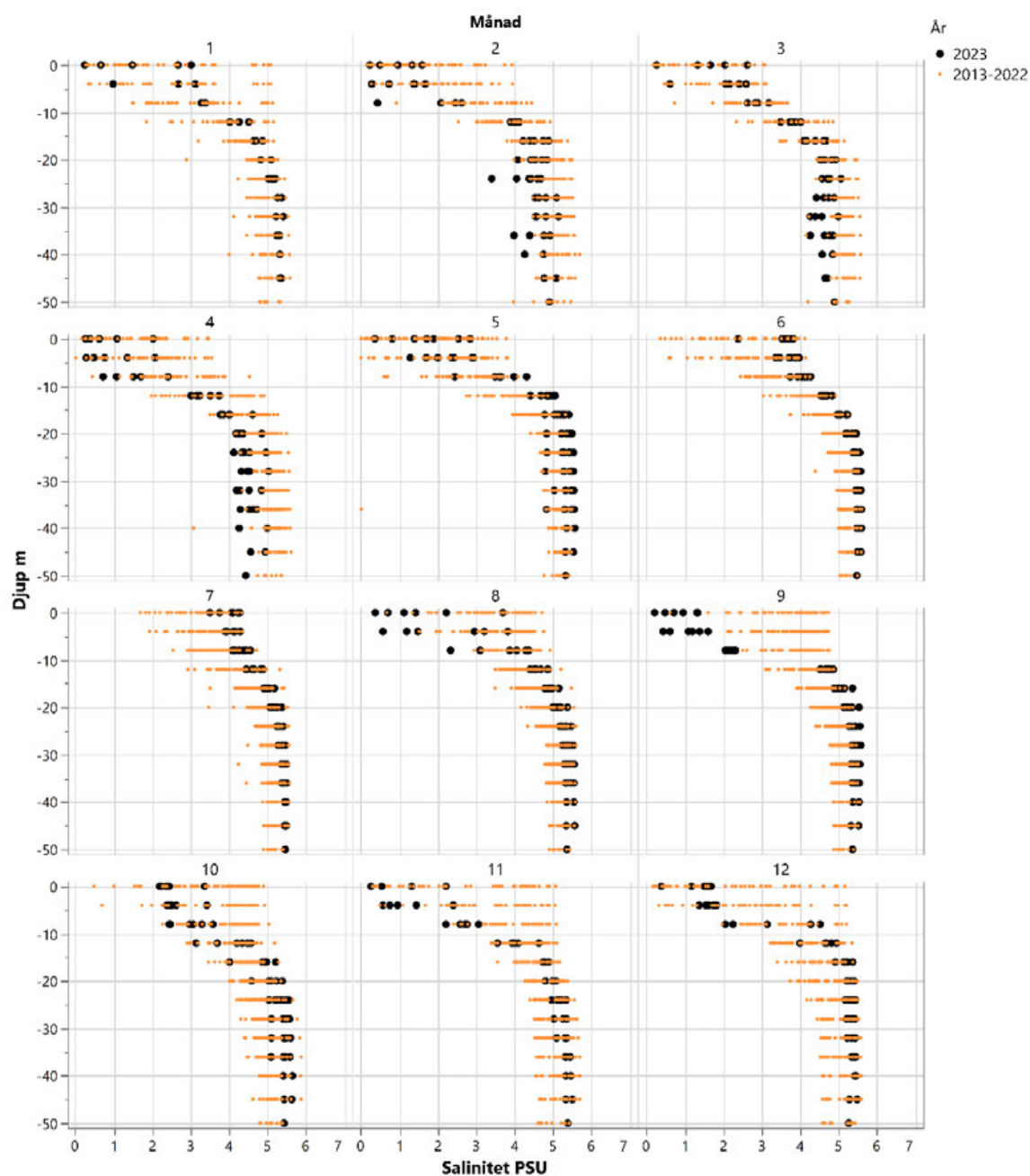
Figur 12. Variation av temperaturen i ytvattnet (0–4 m; blå), en bit ner (8–20 m; gul), och i bottenvattnet (20–60 m; röd) under året 2023 längs med segelleden. Linjerna anger medelvärden, och prickarna visar de faktiska analysresultaten.



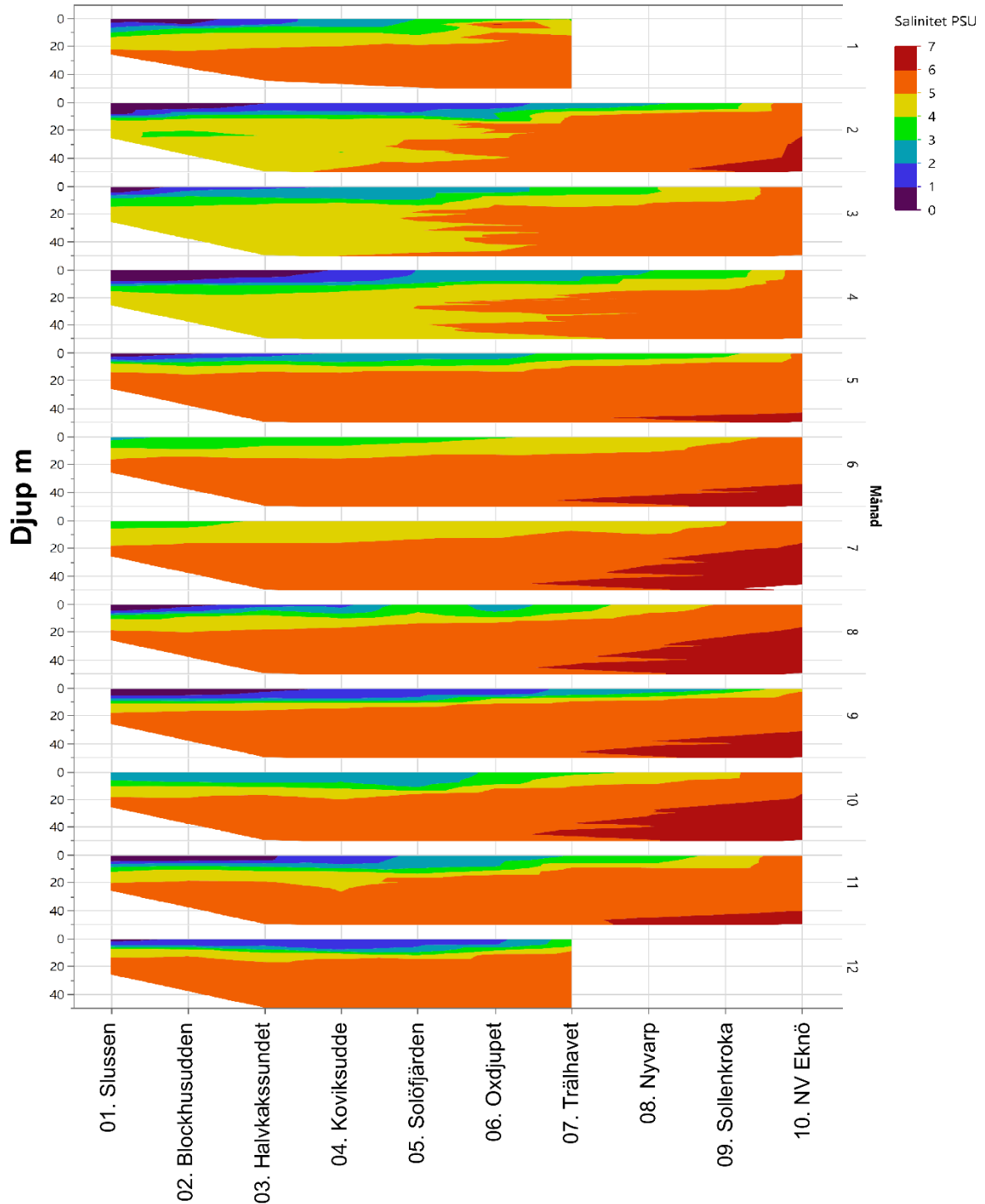
Figur 13. Vattentemperatur under året i segelledens innerskärgårdslokaler (Slussen–Solöfjärden) under 2023 (större svarta prickar) och 2013–2022 (mindre orange prickar).



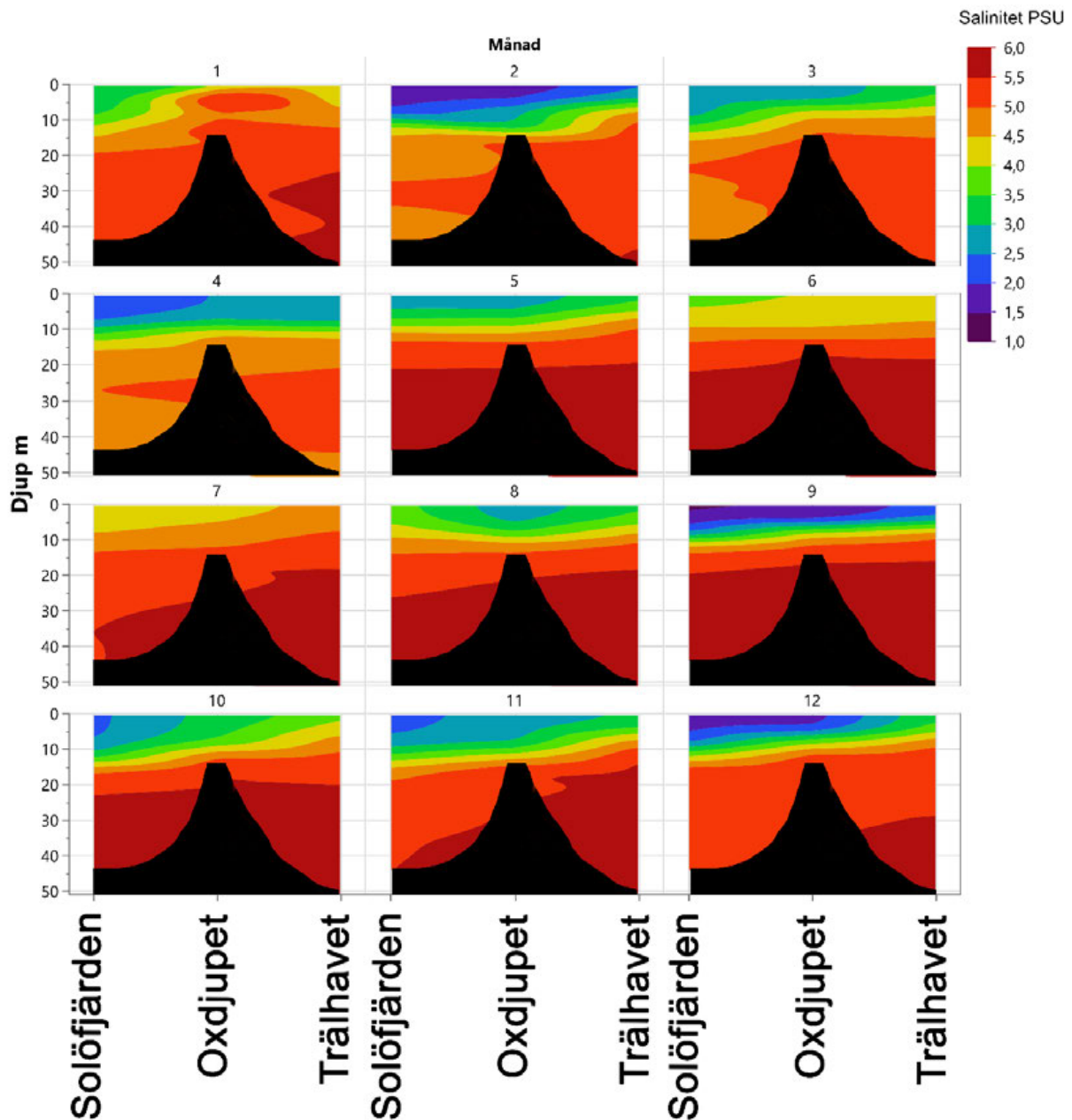
Figur 14. Variation av saliniteten i ytvattnet (0–4 m; blå), en bit ner (8–20 m; gul), och i bottenvattnet (20–60 m; röd) under året 2023 längs med segelleden. Linjerna anger medelvärden, och prickarna visar de faktiska analysresultaten.



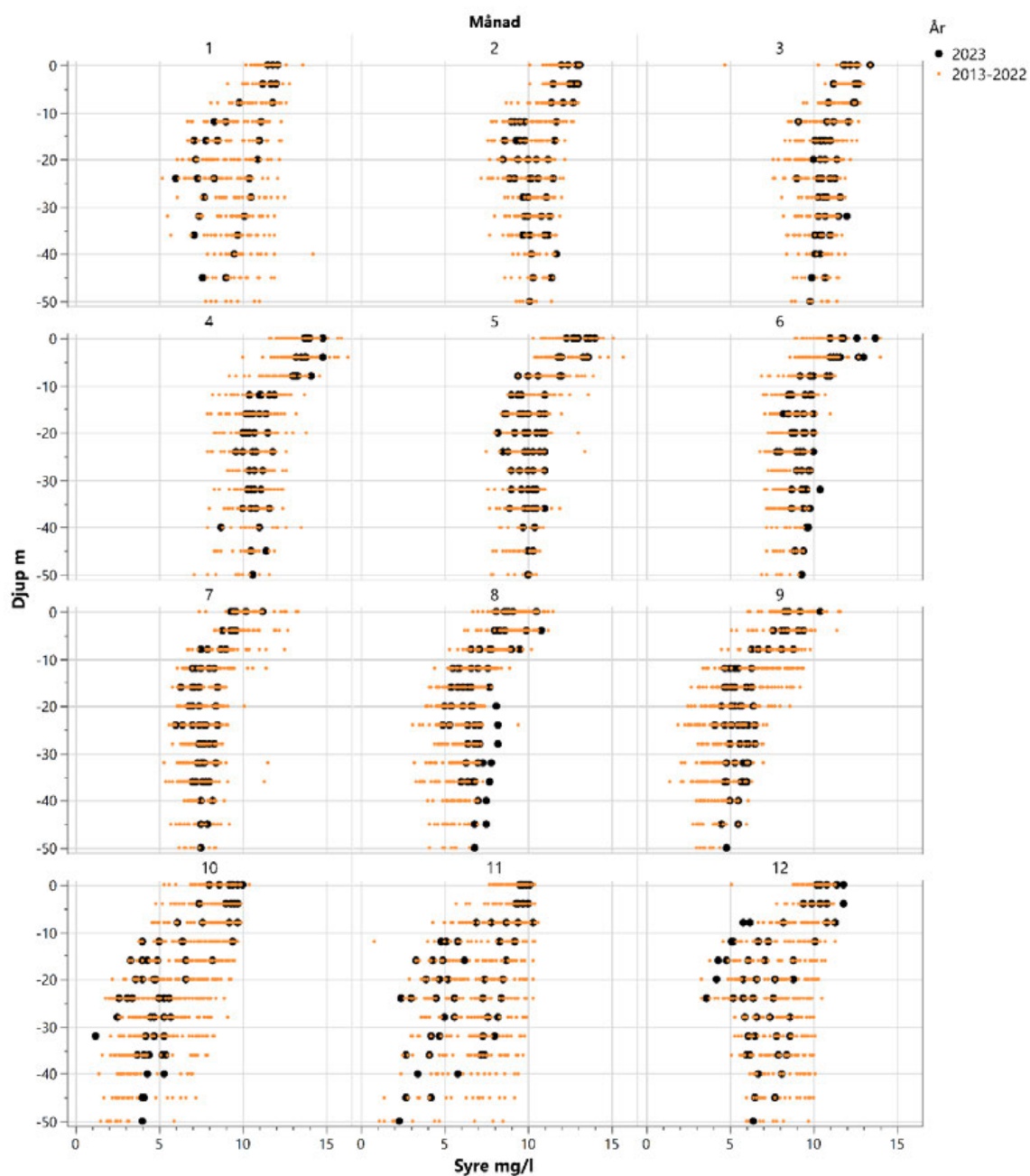
Figur 15. Salinitet under året i segelledens innerskärgårdslokaler (Slussen–Solöfjärden) under 2023 (större svarta prickar) och 2013–2022 (mindre orange prickar).



Figur 16. Fördelning av salinitet på 0–50 m djup längs med segelleden mellan Slussen och NV Eknö månadsvis under 2023.



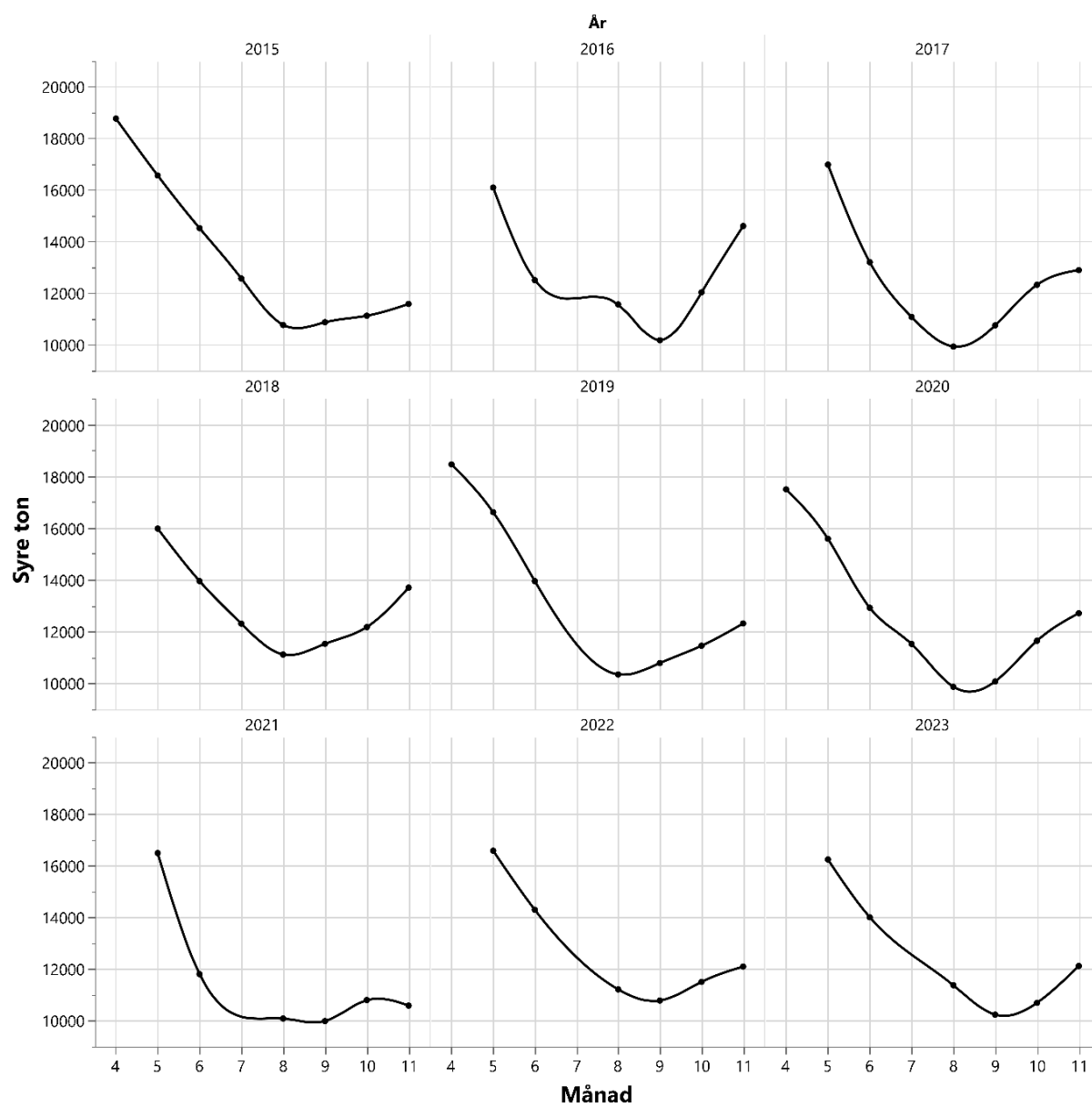
Figur 17. Den inåtgående strömmen under 2023. Den svarta ytan symboliserar tröskeln vid Oxdjupet, vars högsta topp markerar bottenvattnet på 18 m djup. Utifrån salthalt vid Oxdjupets botten kan ungefärligt ursprungs djup i Trälhavet och inlagringsdjup i Solöfjärden uppskattas.



Figur 18. Syrehalten under året i segelledens innerskärgårdslokaler (Slussen–Solöfjärden) under 2023 (större svarta prickar) och 2013–2022 (mindre orange prickar).

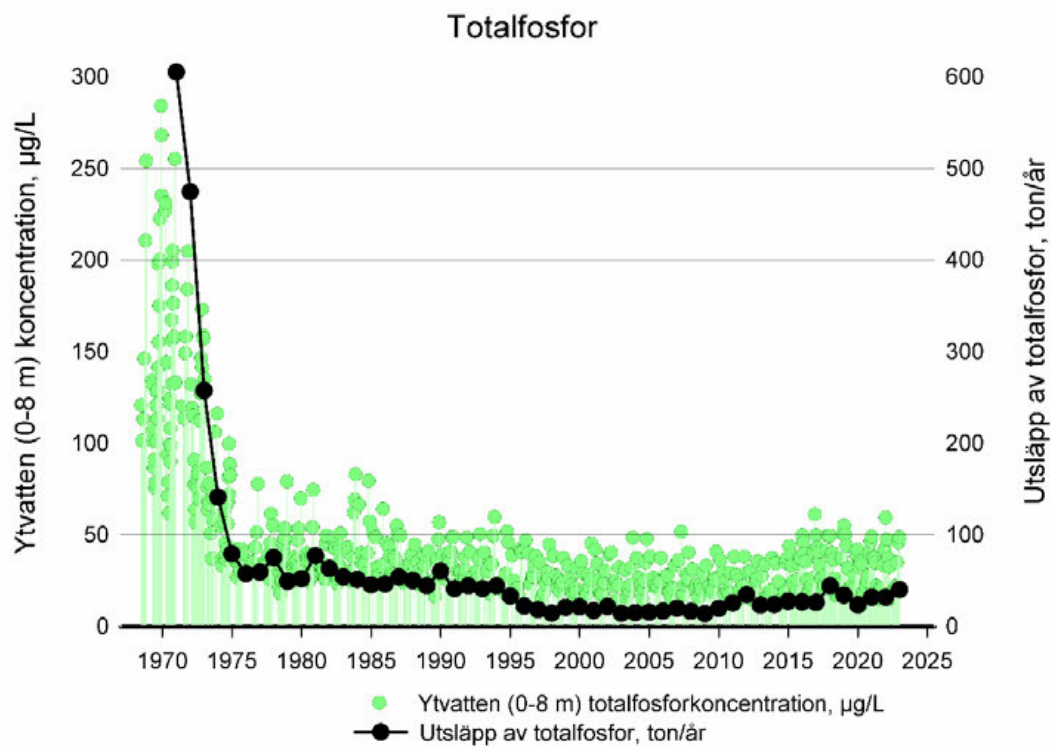
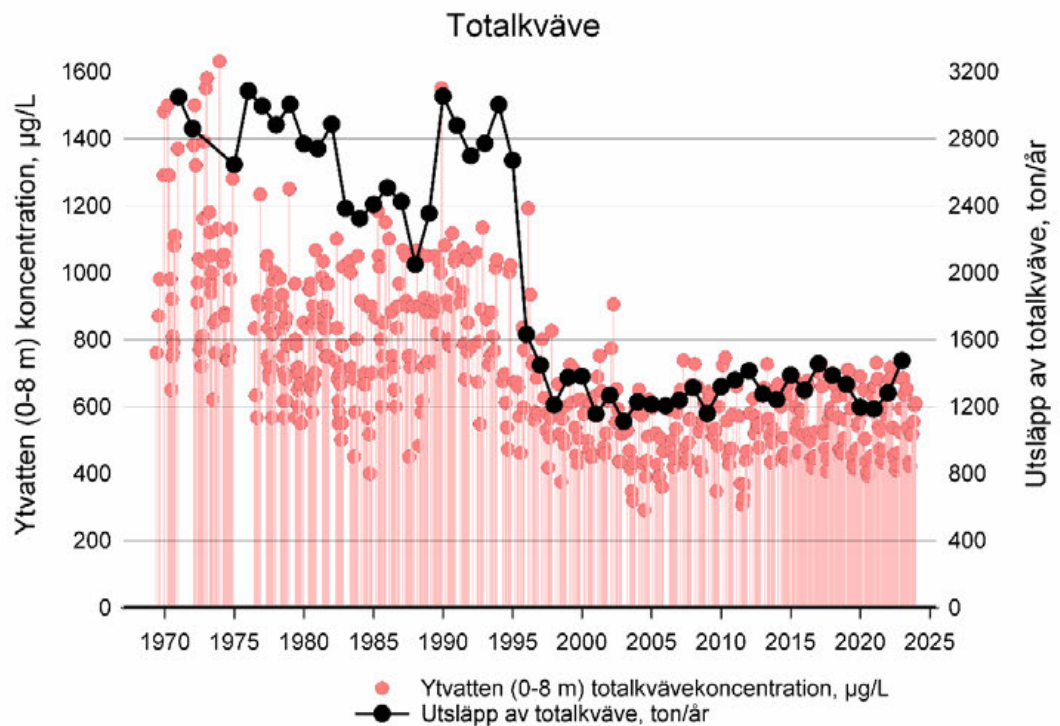


Figur 19. Variation av syrehalten i ytvattnet (0–4 m; blå), en bit ner (8–20 m; gul), och i bottenvattnet (20–60 m; röd) under året 2023 längs med segelleden. Linjerna anger medelvärden, och prickarna visar de faktiska analysresultaten.

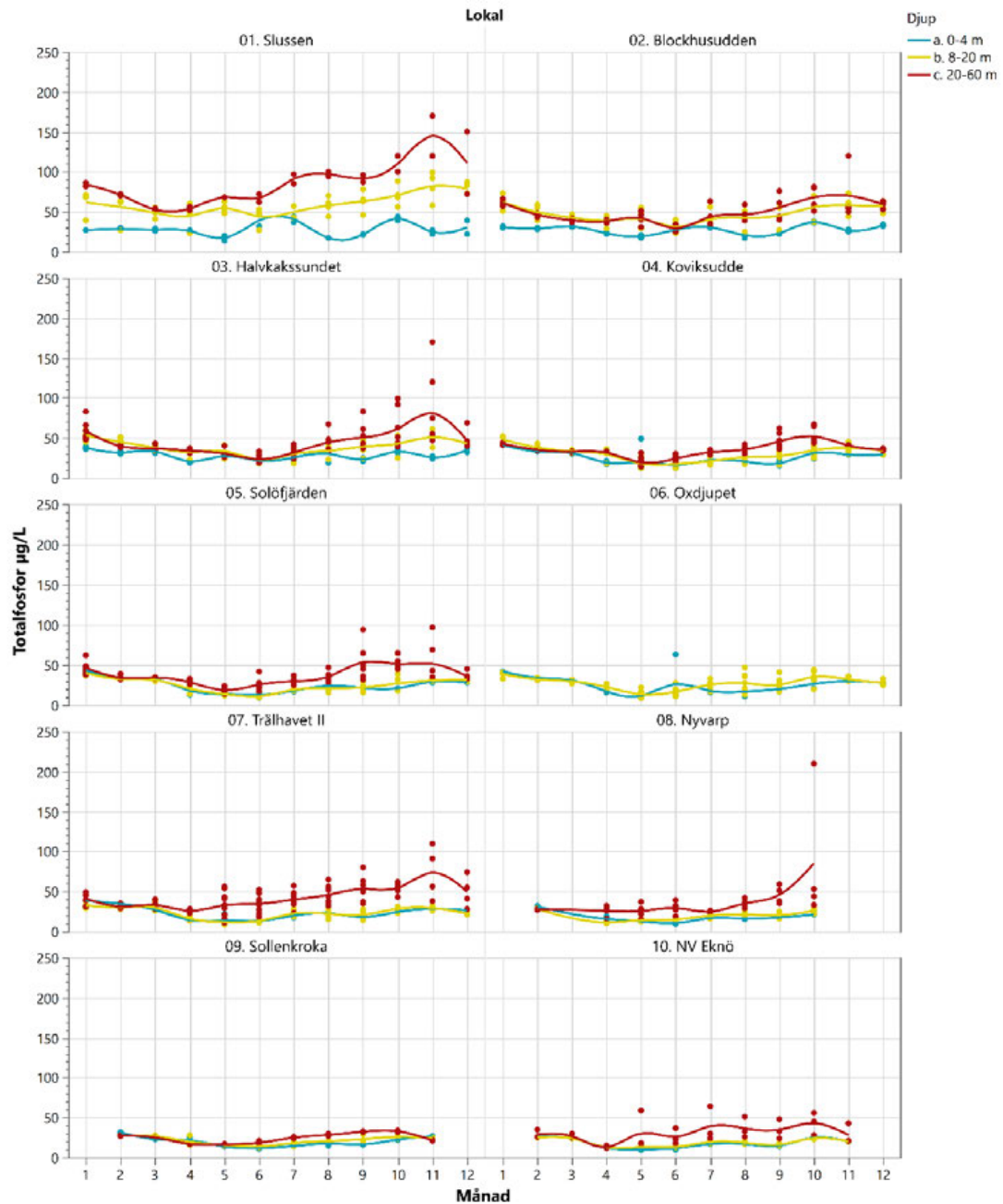


Figur 20. Total syremängd i innerskärgården april–november 2015–2023.

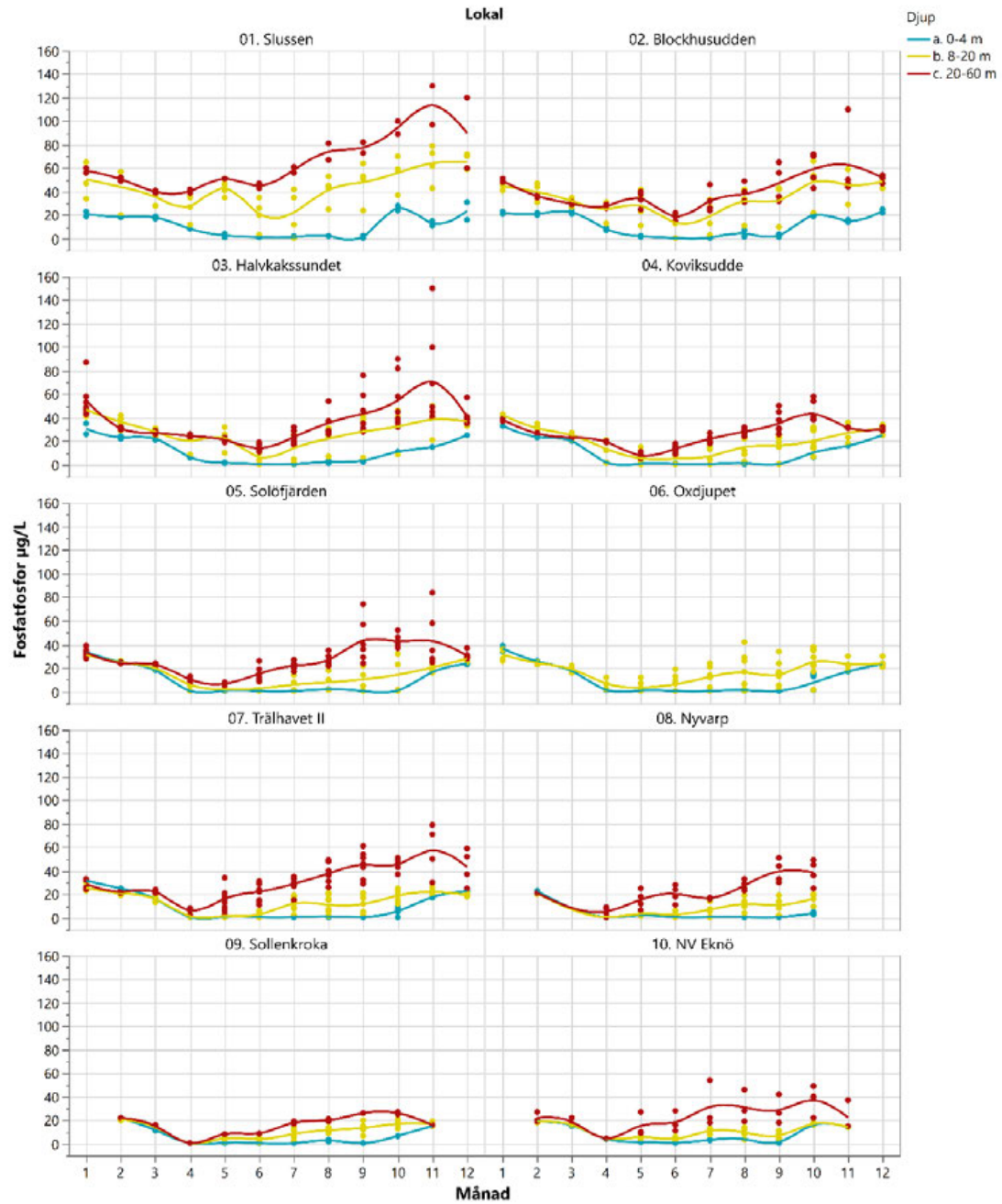
Koviksudde



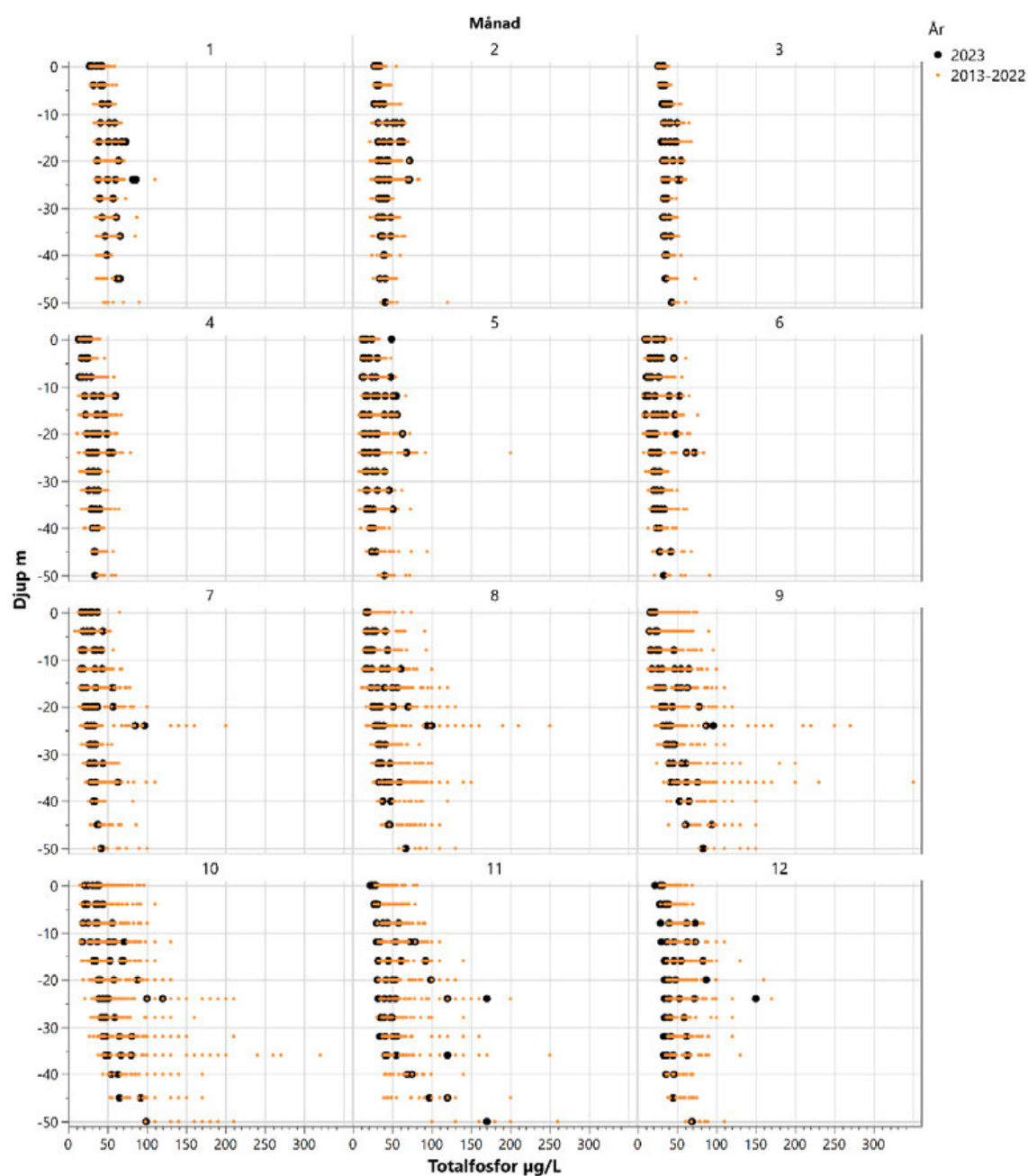
Figur 21. Utsläpp av kväve och fosfor i det renade avloppsvattnet från Stockholm Vatten och Avfalls avloppsreningsverk 1968–2023 jämfört med halten av kväve och fosfor i ytvattnet (0–8 m) vid Koviksudde.



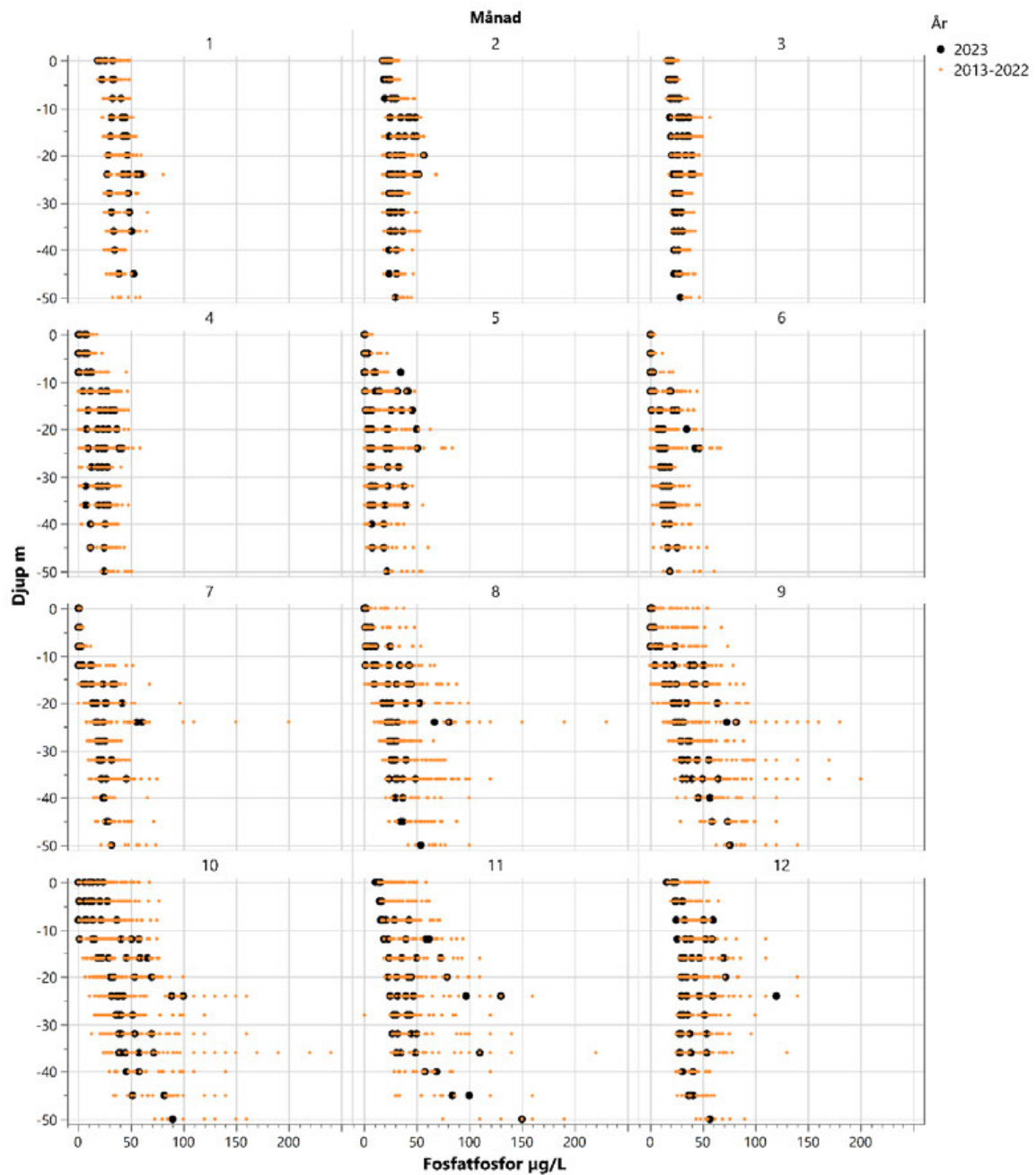
Figur 22. Variation av totalfosforhalten i ytvattnet (0–4 m; blå), en bit ner (8–20 m; gul), och i bottenvattnet (20–60 m; röd) under året 2023 längs med segelleden. Linjerna anger medelvärden, och prickarna visar de faktiska analysresultaten.



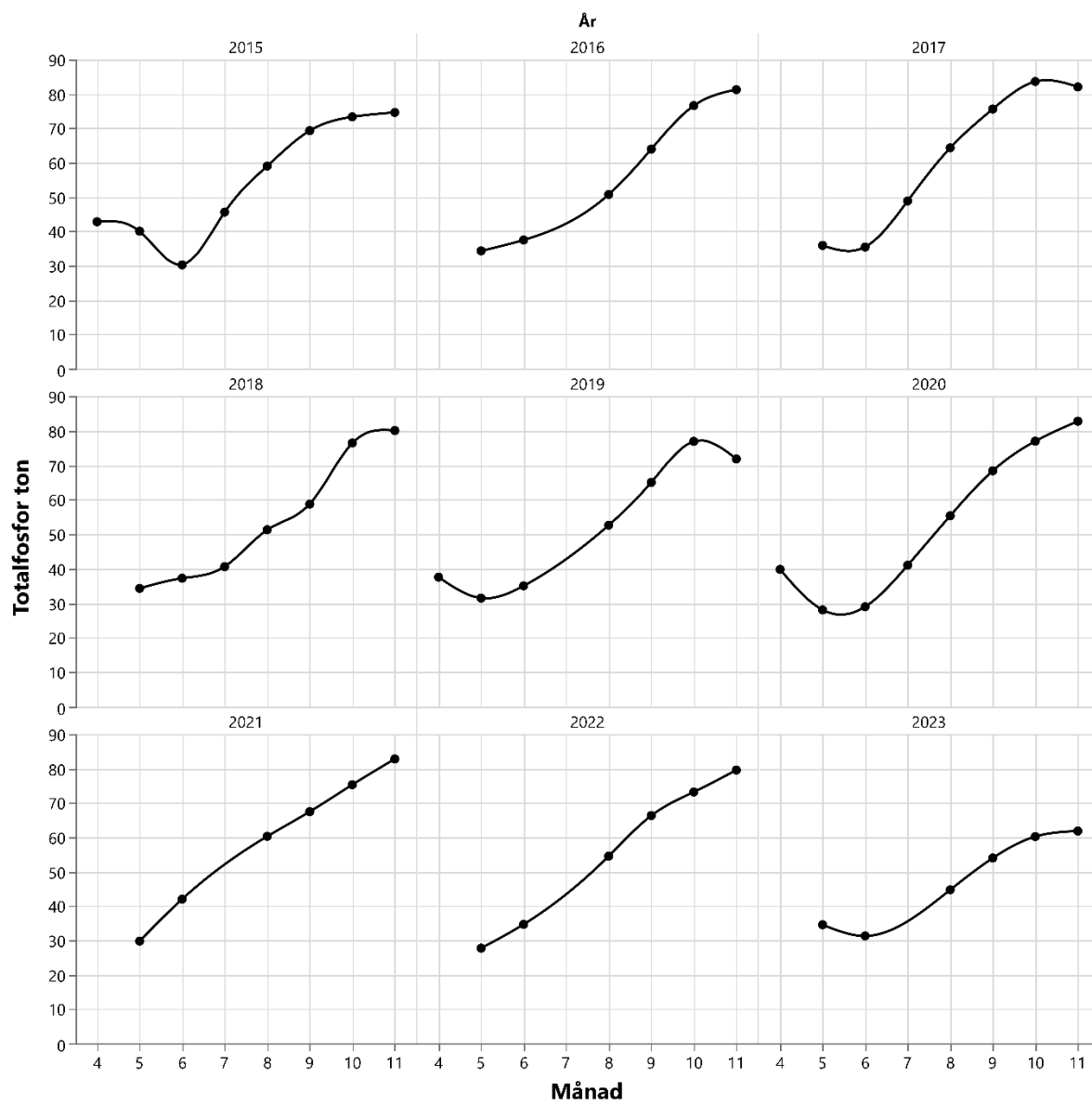
Figur 23. Variationen av fosfat i ytvattnet (0–4 m; blå), en bit ner (8–20 m; gul), och i bottenvattnet (20–60 m; röd) under året 2023 längs med segelleden. Linjerna anger medelvärden, och prickarna visar de faktiska analysresultaten.



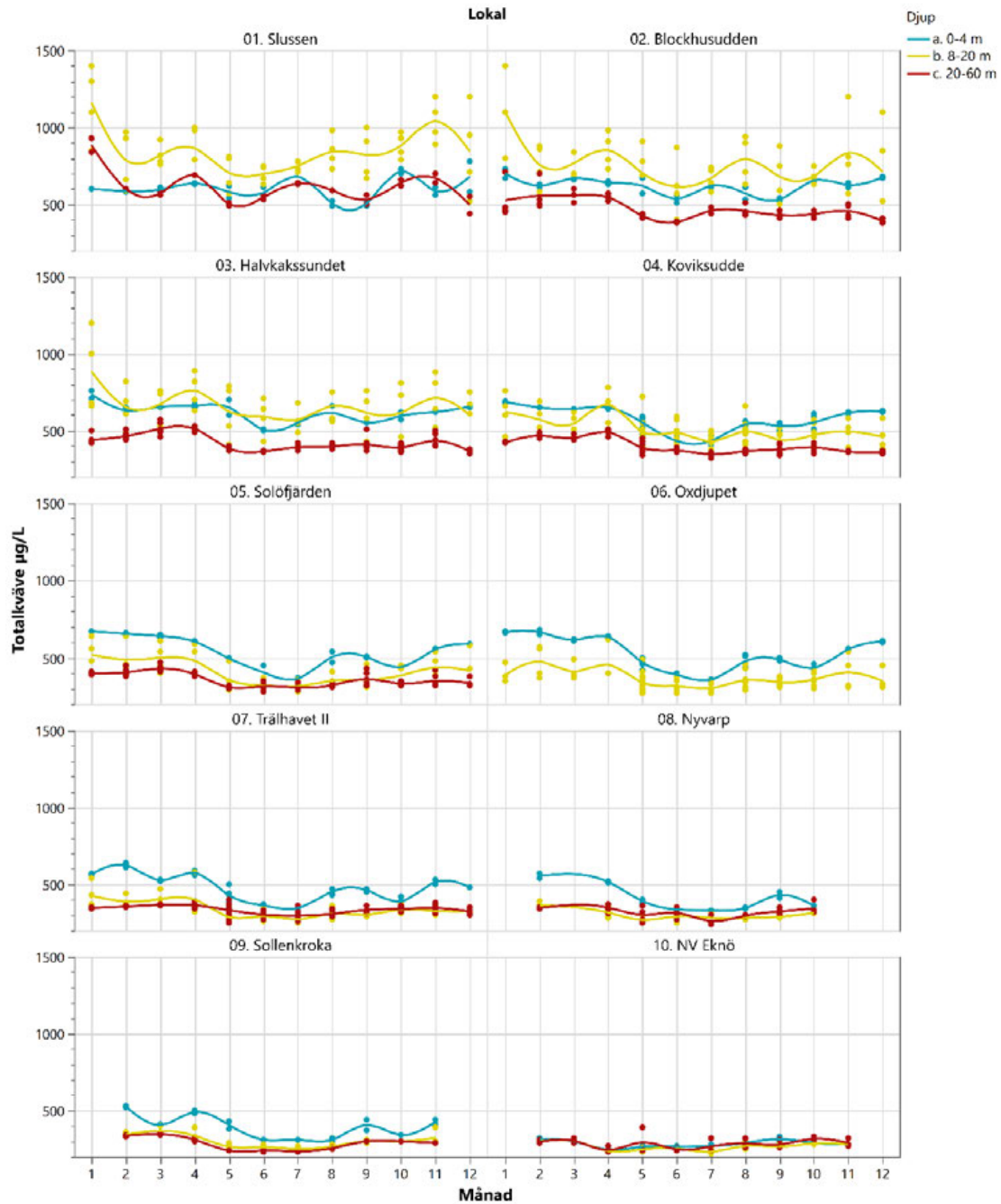
Figur 24. Totalfosforhalten under året i segelledens innerskärgårdslokaler (Slussen–Solöfjärden) under 2023 (större svarta prickar) och 2013–2022 (mindre orange prickar).



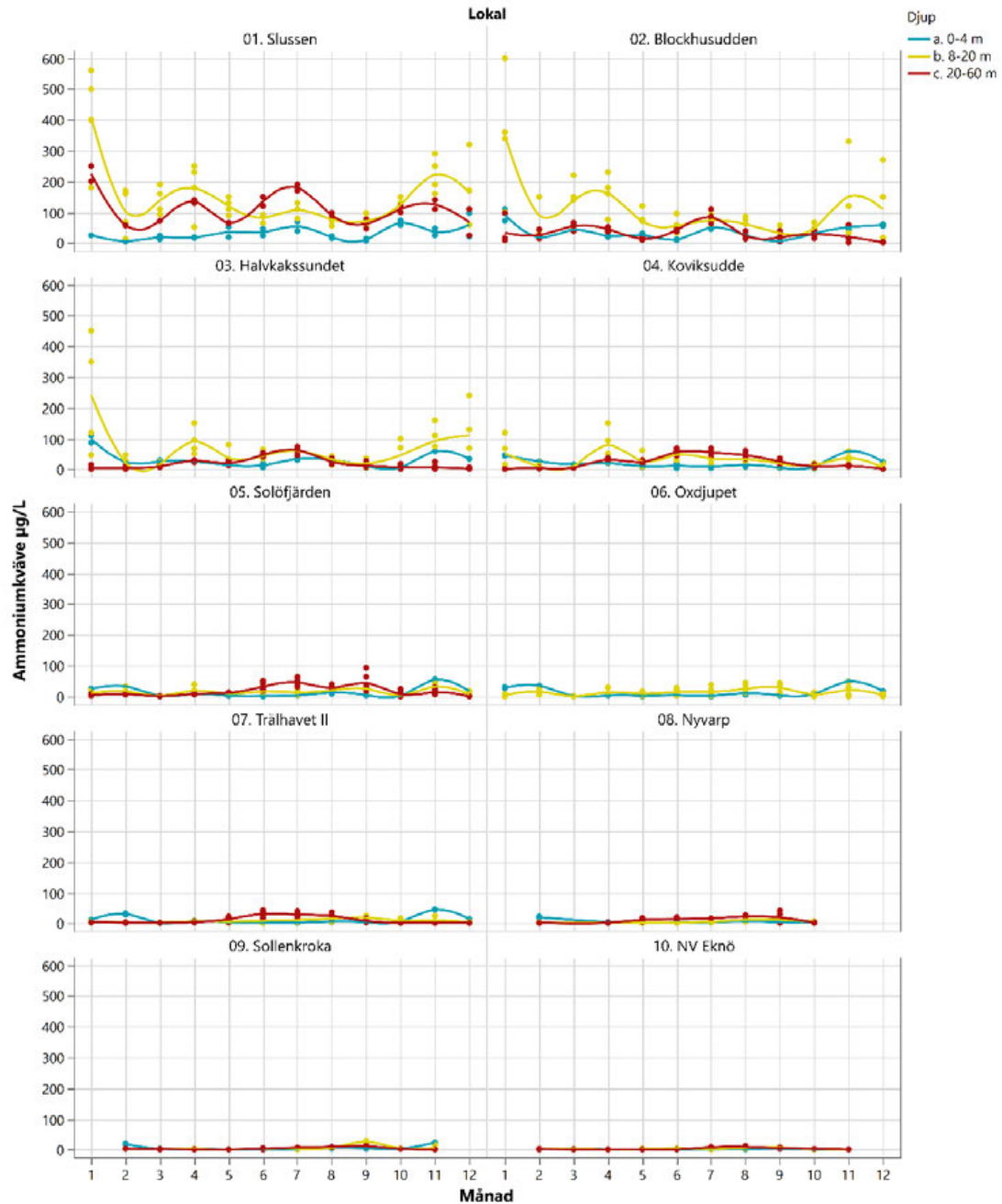
Figur 25. Fosfatfosforhalten under året i segelledens innerskärgårdslokaler (Slussen–Solöfjärden) under 2023 (större svarta prickar) och 2013–2022 (mindre orange prickar).



Figur 26. Total fosformängd i innerskärgården april–november 2015–2023.



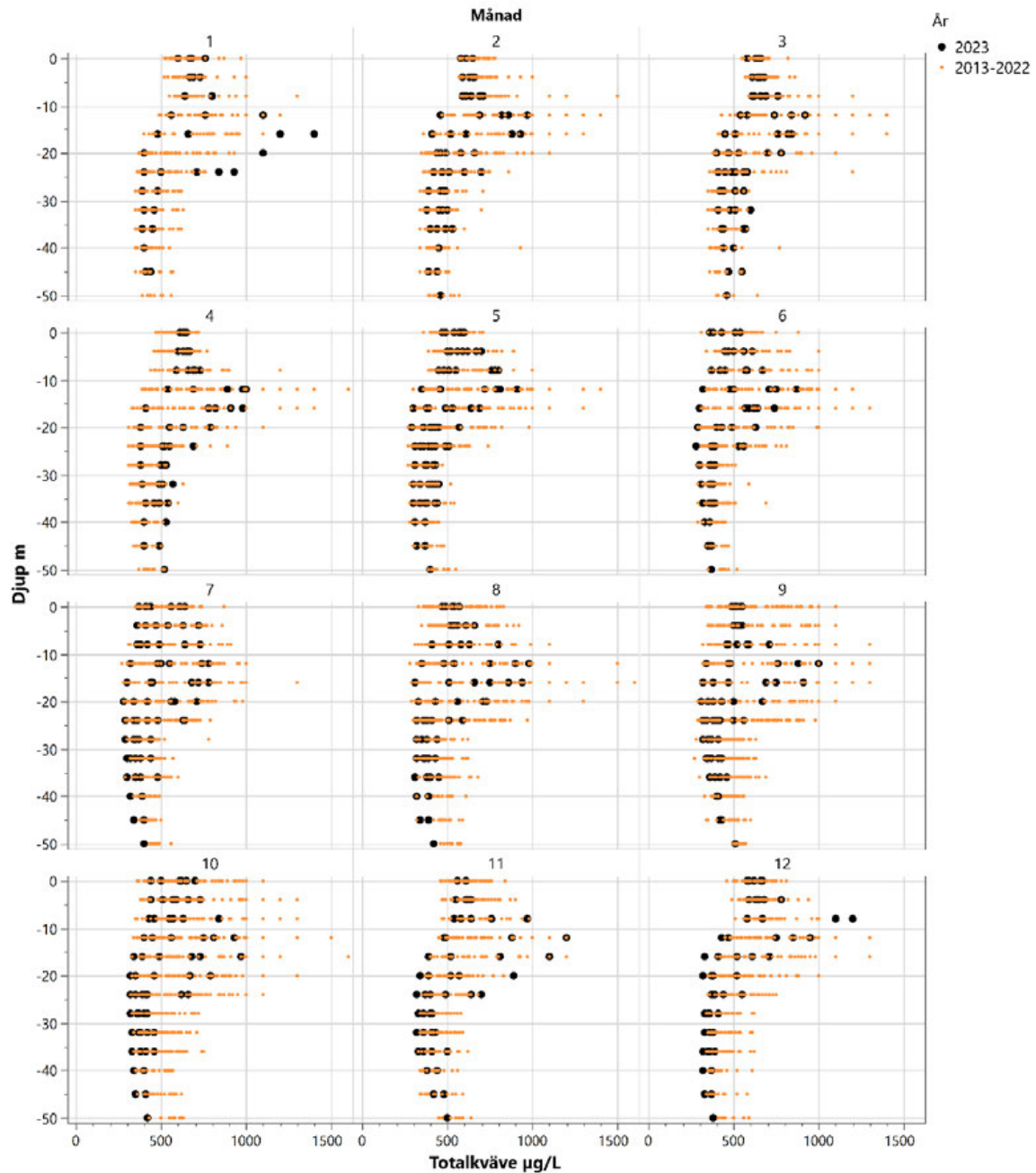
Figur 27. Variation av totalkvävehalten i ytvattnet (0–4 m; blå), en bit ner (8–20 m; gul), och i bottenvattnet (20–60 m; röd) under året 2023 längs med segelleden. Linjerna anger medelvärden, och prickarna visar de faktiska analysresultaten.



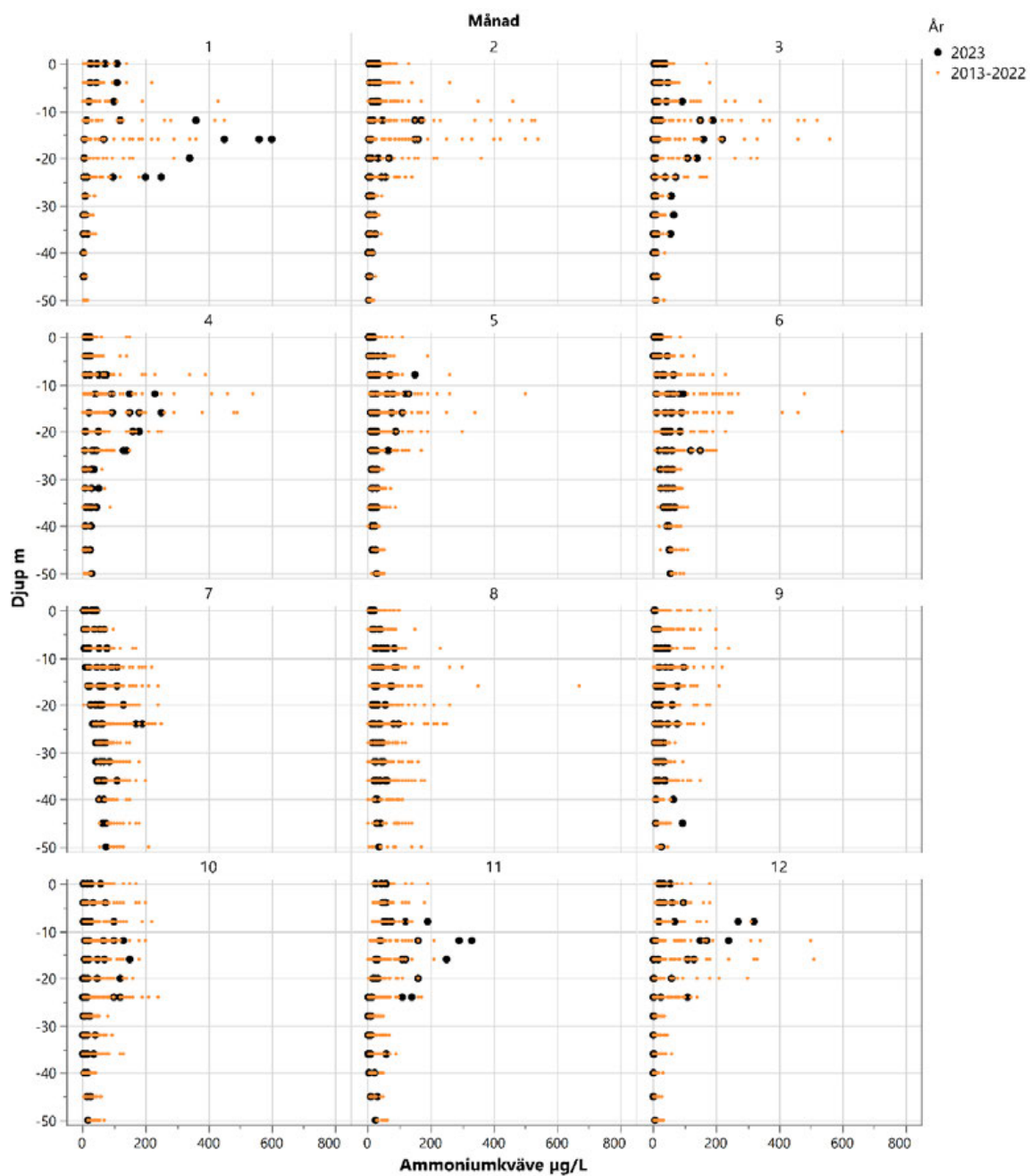
Figur 28. Variation av ammoniumkvävehalten i ytvattnet (0–4 m; blå), en bit ner (8–20 m; gul), och i bottenvattnet (20–60 m; röd) under året 2023 längs med segelleden. Linjerna anger medelvärden, och prickarna visar de faktiska analysresultaten.



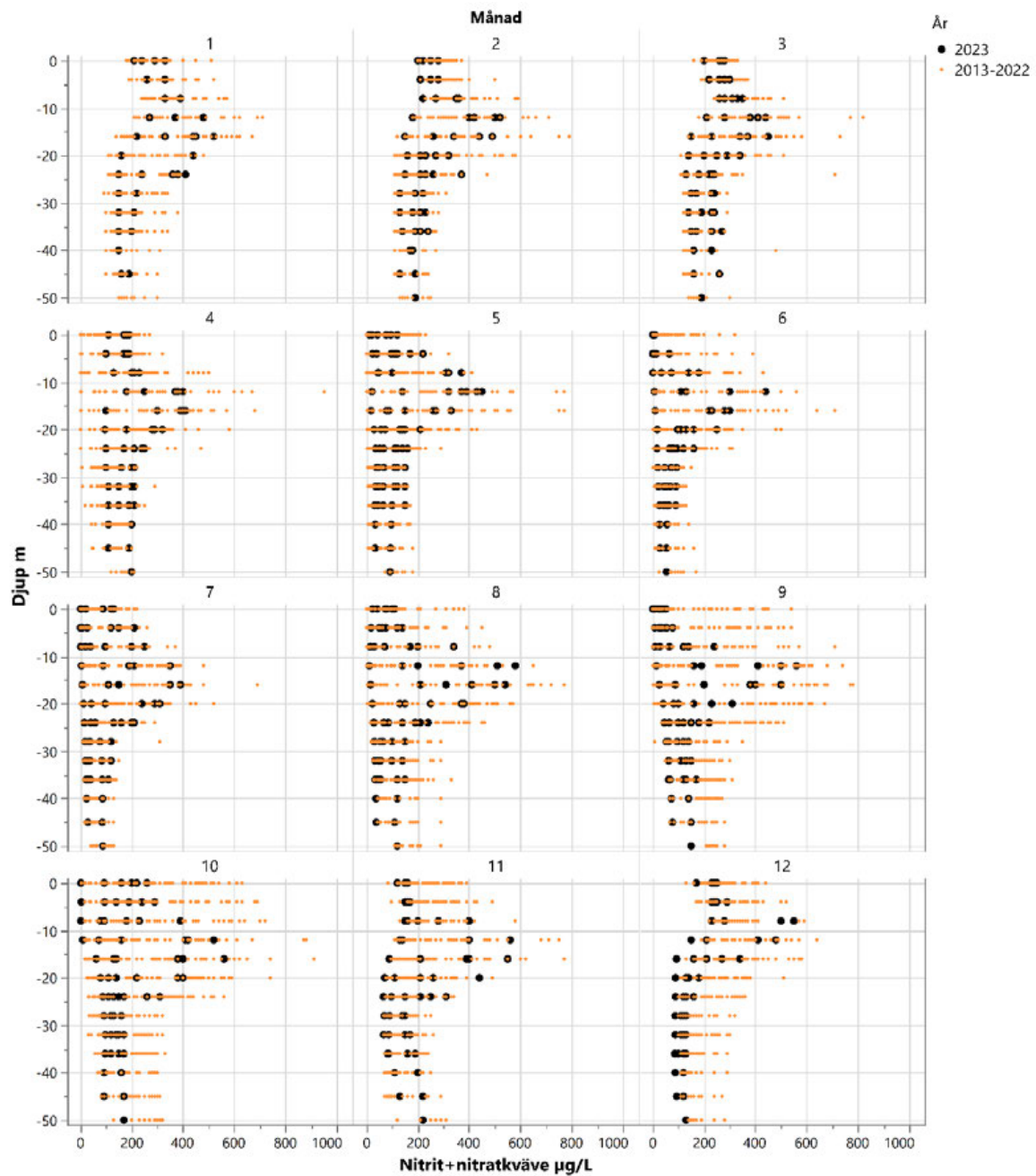
Figur 29. Variation av nitrit+nitratvävehalten i ytvattnet (0–4 m; blå), en bit ner (8–20 m; gul), och i bottenvattnet (20–60 m; röd) under året 2023 längs med segelleden. Linjerna anger medelvärden, och prickarna visar de faktiska analysresultaten.



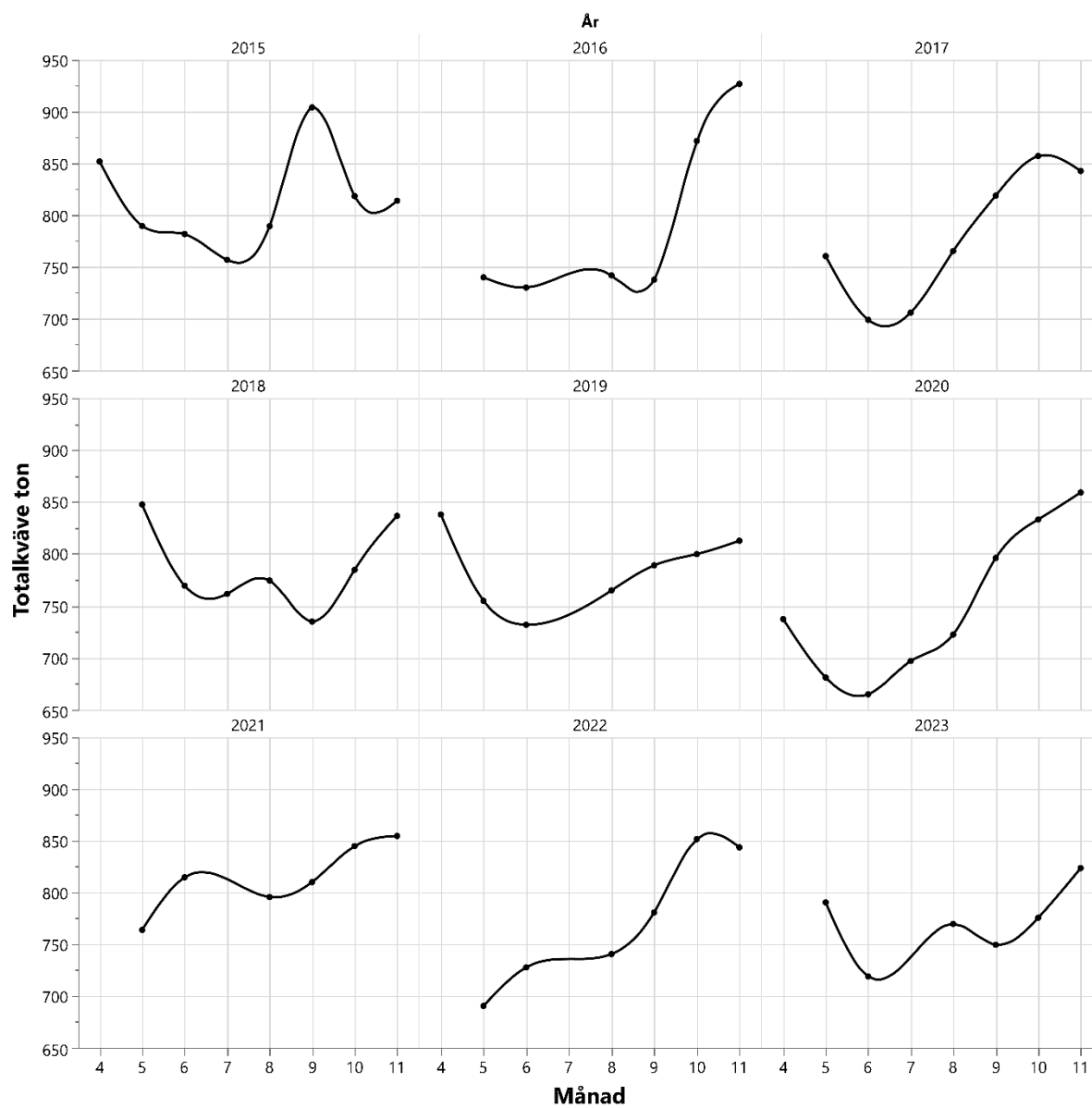
Figur 30. Totalkvävehalten under året i segelledens innerskärgårdslokaler (Slussen–Solöfjärden) under 2023 (större svarta prickar) och 2013–2022 (mindre orange prickar).



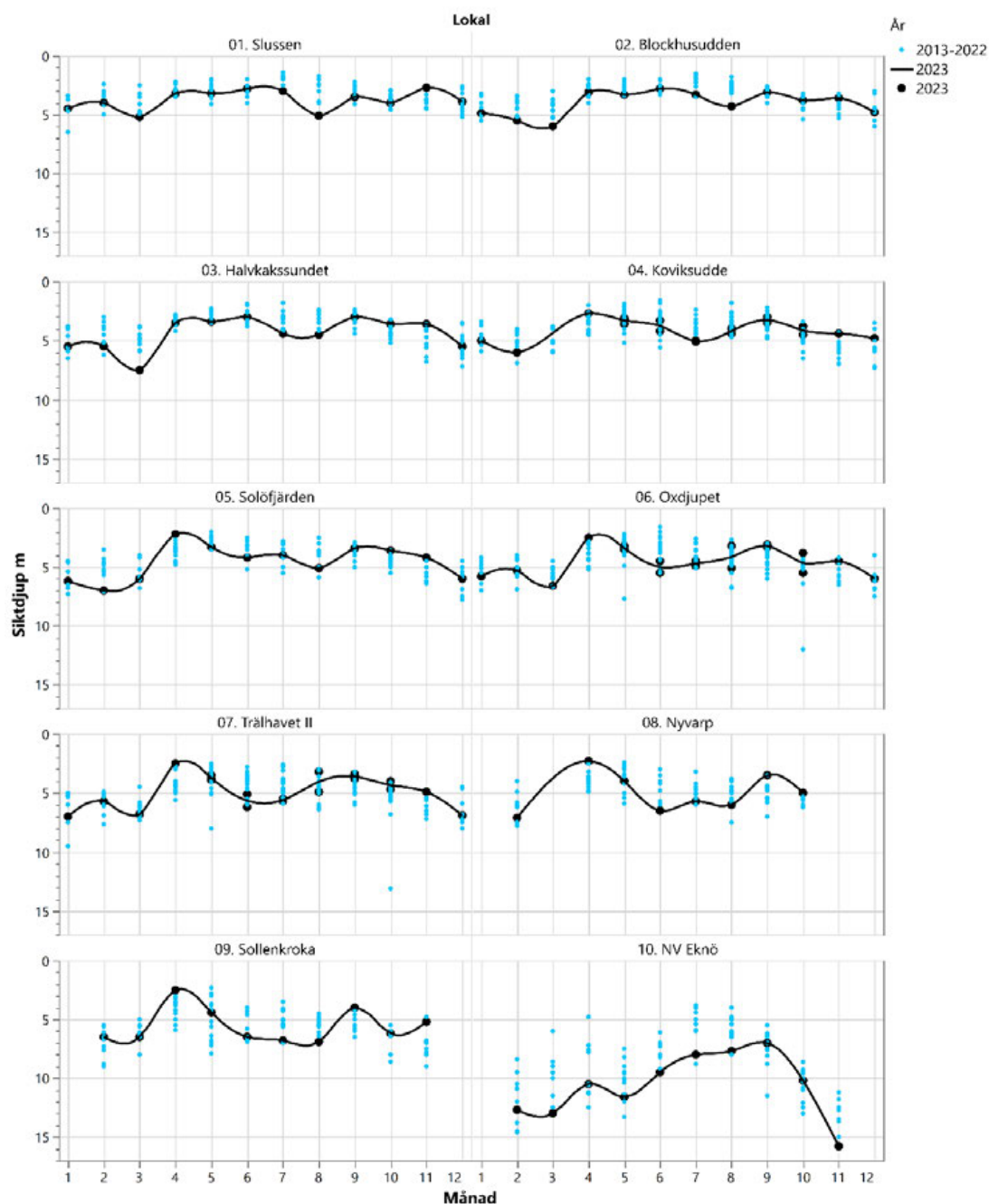
Figur 31. Ammoniumkvävehalten under året i segelledens innerskärgårdslokaler (Slussen–Solöfjärden) under 2023 (större svarta prickar) och 2013–2022 (mindre orange prickar).



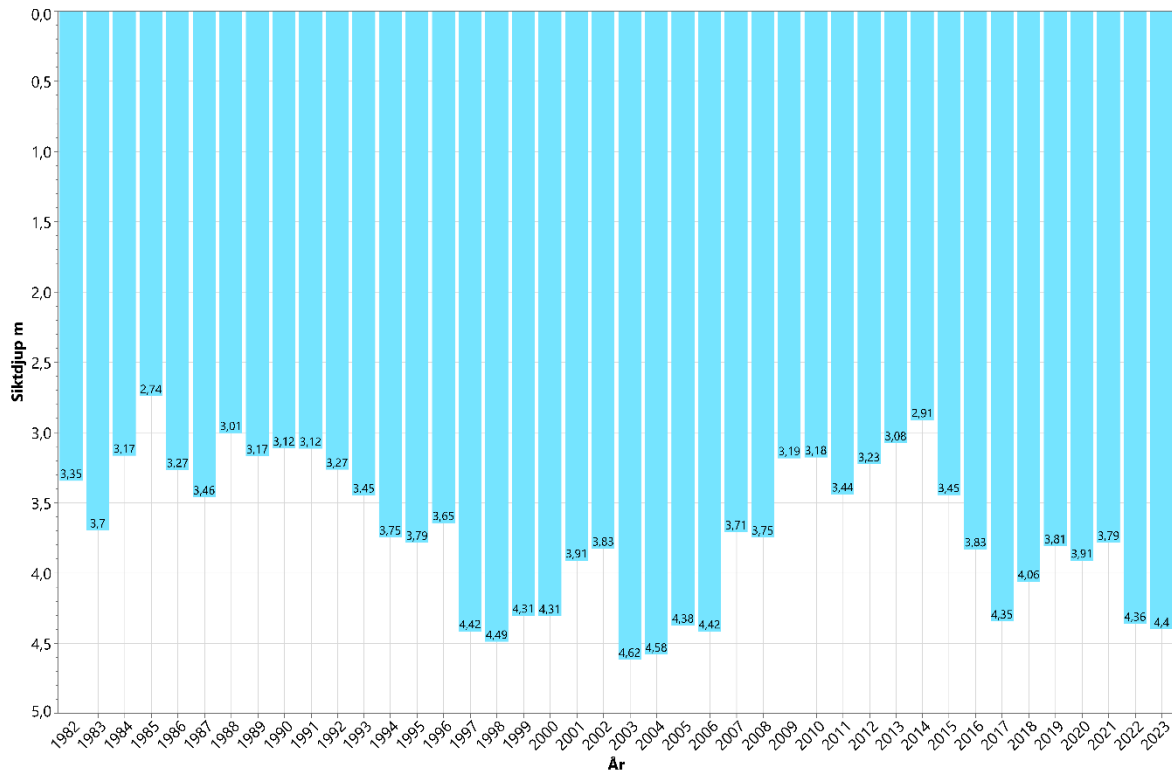
Figur 32. Nitrit+nitratkvävehalten under året i segelledens innerskärgårdslokaler (Slussen–Solöfjärden) under 2023 (större svarta prickar) och 2013–2022 (mindre orange prickar).



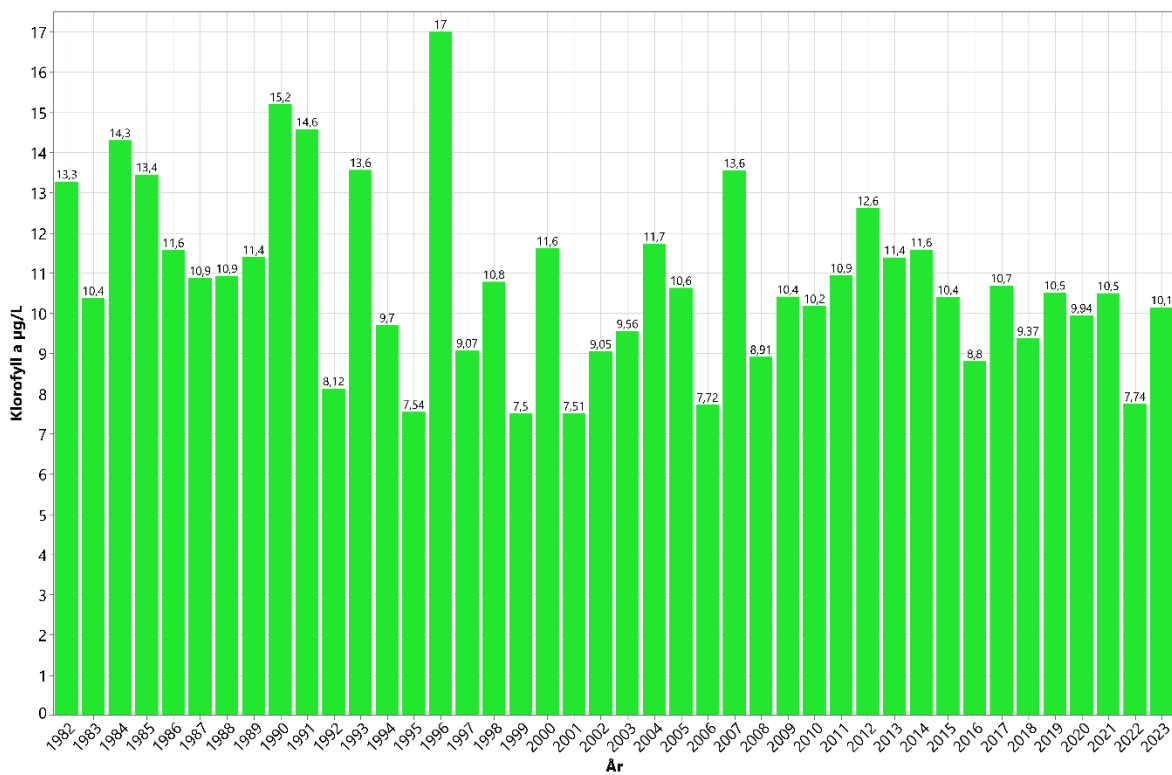
Figur 33. Total kvävemängd i innerskärgården april–november 2015–2023.



Figur 34. Variation av medelsiktdjupet längs med segelleden (Slussen–NV Eknö) under 2023 (svart linje) samt observerade värden under 2013–2022 (blåa punkter). De svarta prickarna visar de faktiska observationerna under 2023.

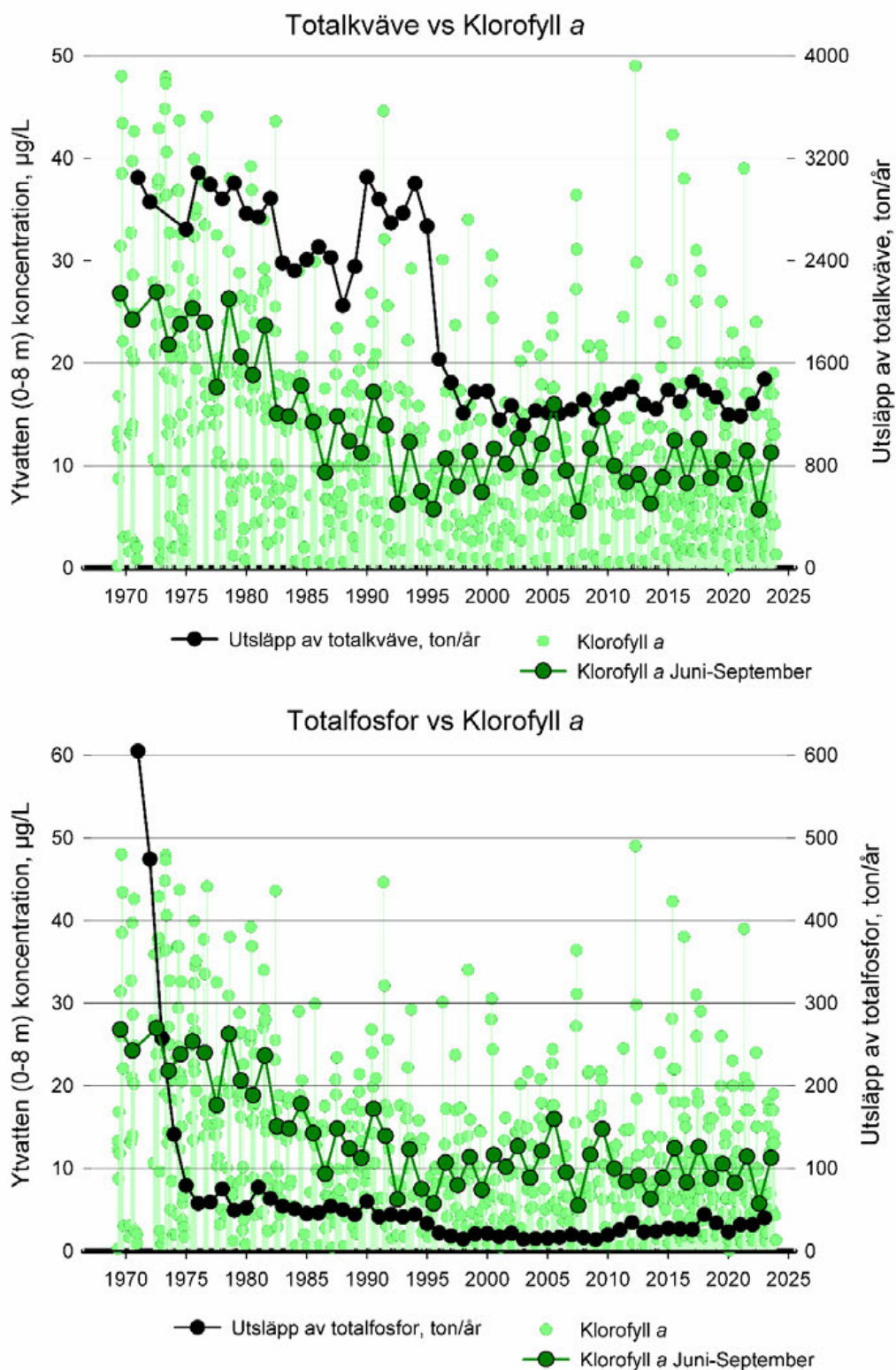


Figur 35. Siktdjup – medelvärden i innerskärgården under åren 1982–2023.

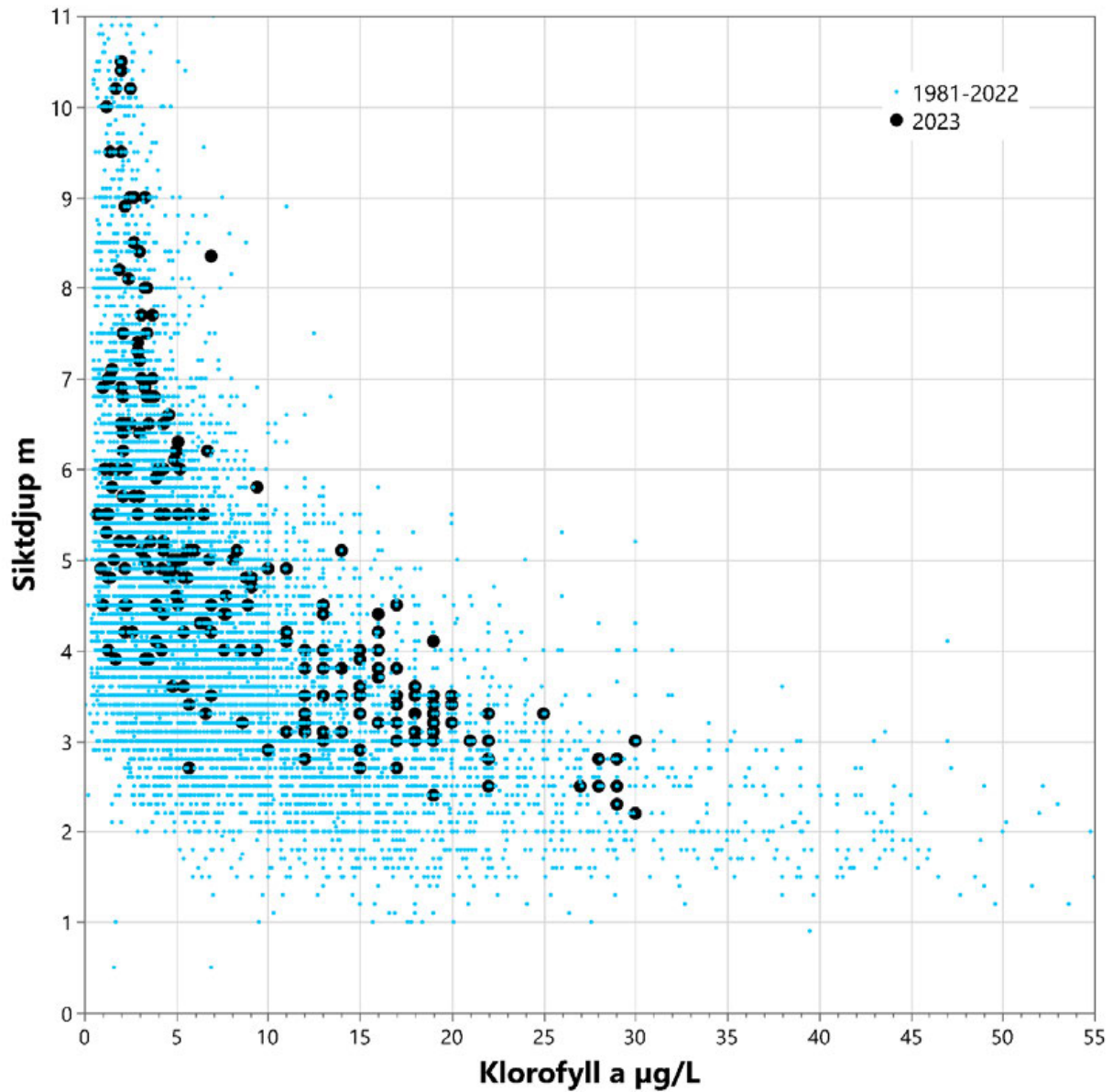


Figur 36. Klorofyll a – medelhalter i innerskärgården under åren 1982–2023.

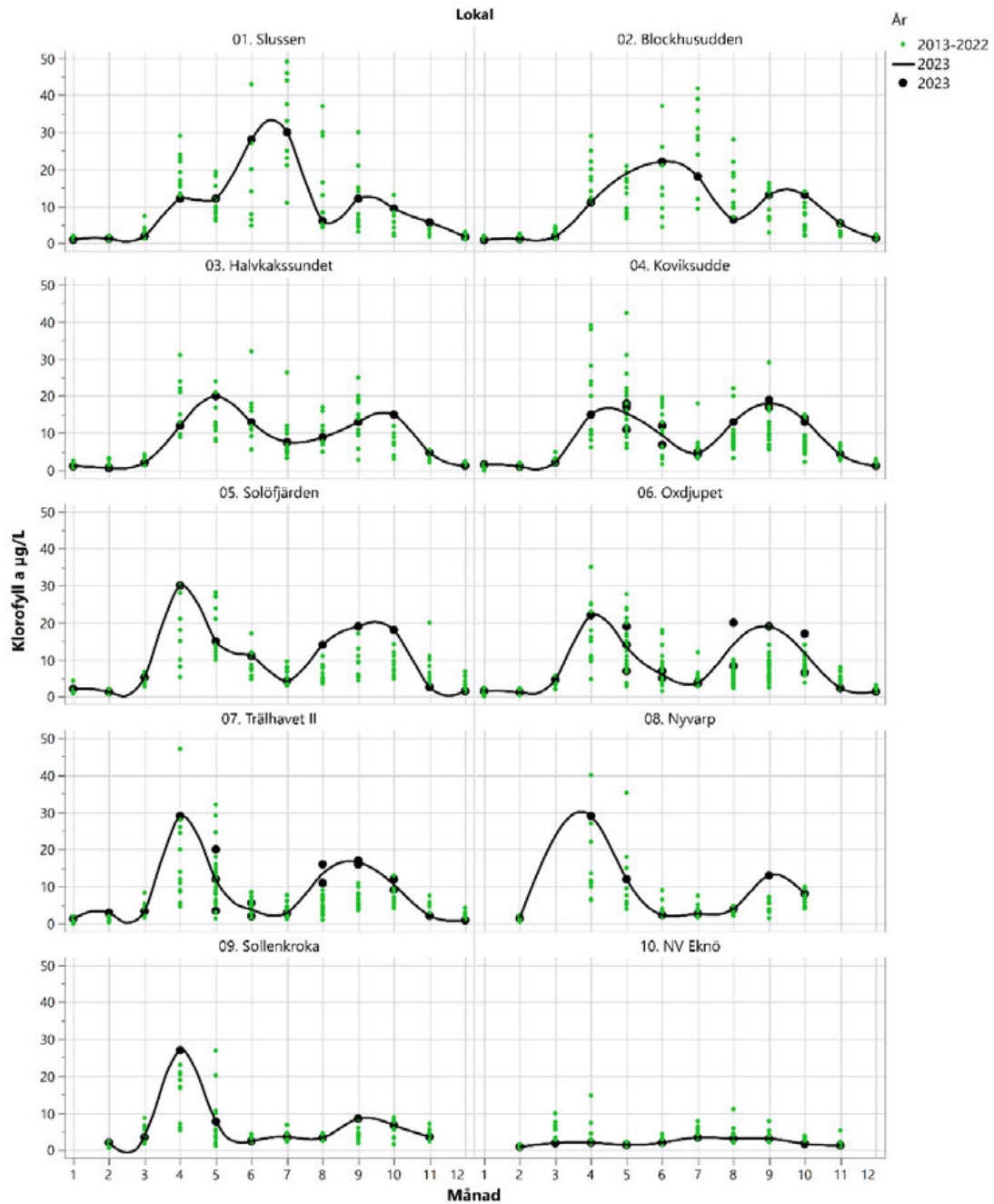
Koviksudde



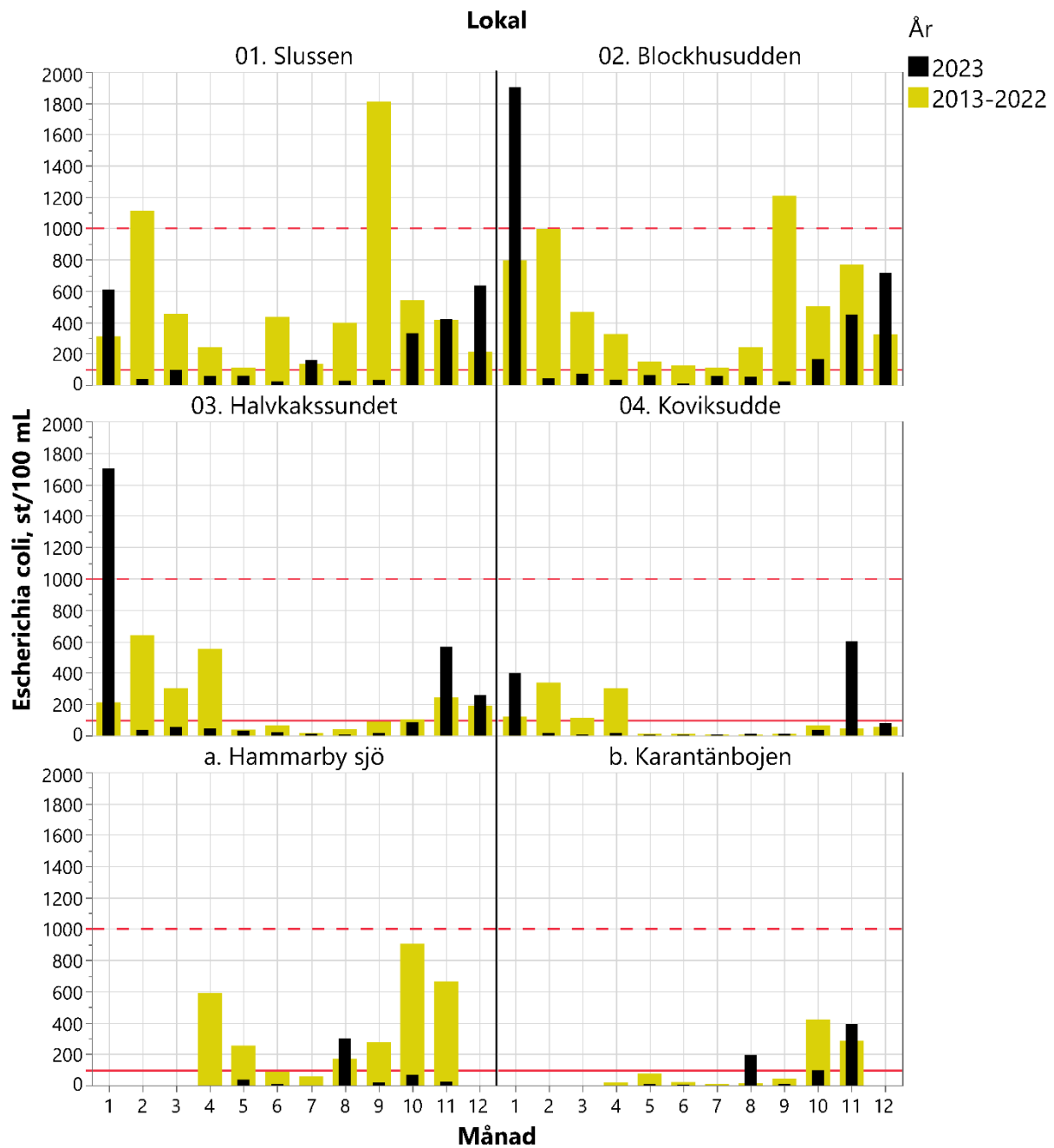
Figur 37. Utsläpp av kväve och fosfor i det reade avloppsvattnet från Stockholm Vatten och Avfalls avloppsreningsverk 1968–2023 jämfört med halten av klorofyll *a* i ytvattnet (0–8 m) vid Koviksudde. Ett årsmedelvärde av halten klorofyll *a* under perioden juni–september visas också.



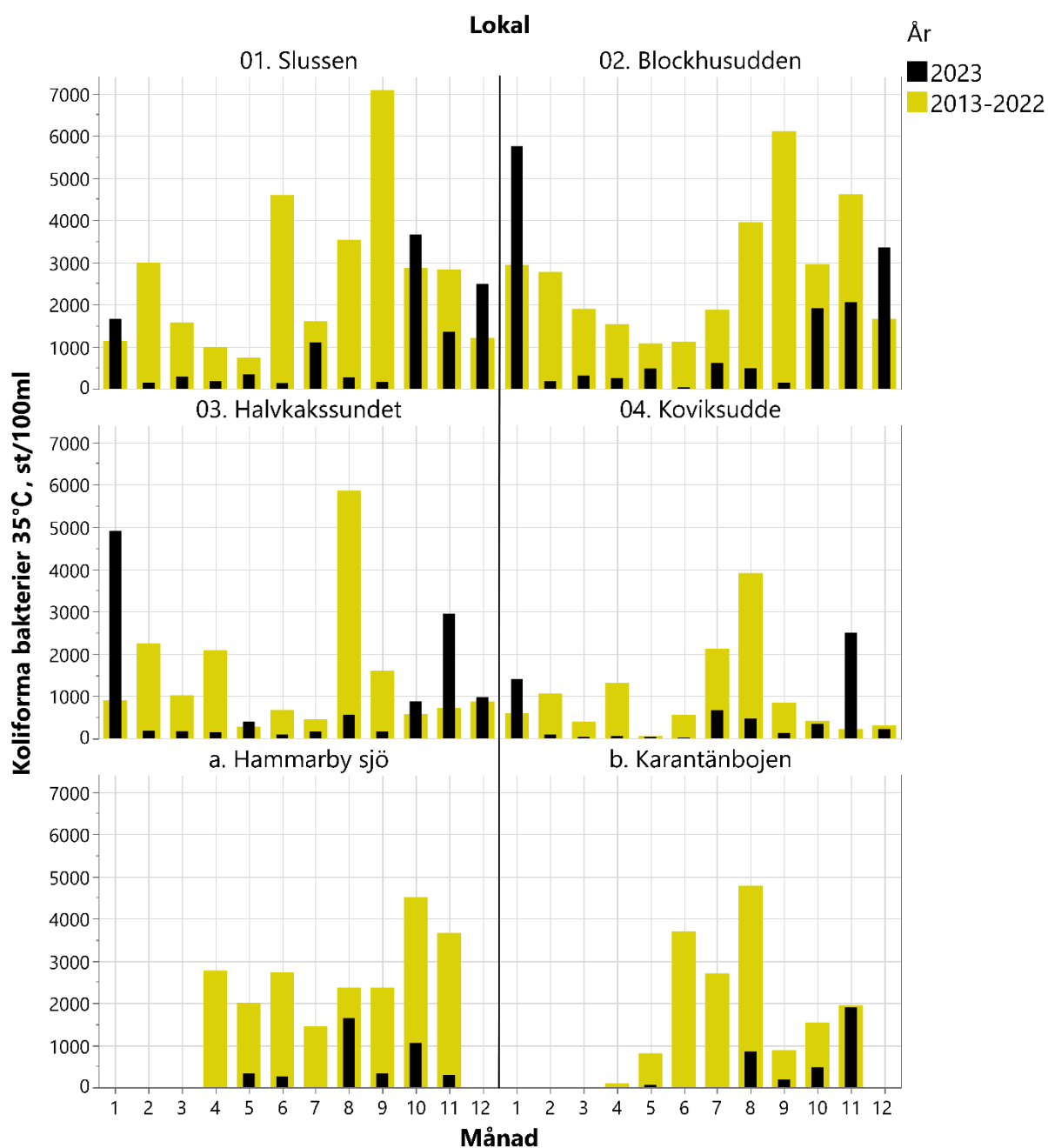
Figur 38. Omvänd korrelation mellan siktdjup och klorofyll. Figuren innehåller all siktdjups- och klorofylldata från innerskärgården framtagna inom ramen för detta skärgårdsprogram under perioden 1982–2023, varav de blå prickarna illustrerar 1982–2022 och de svarta prickarna illustrerar 2023.



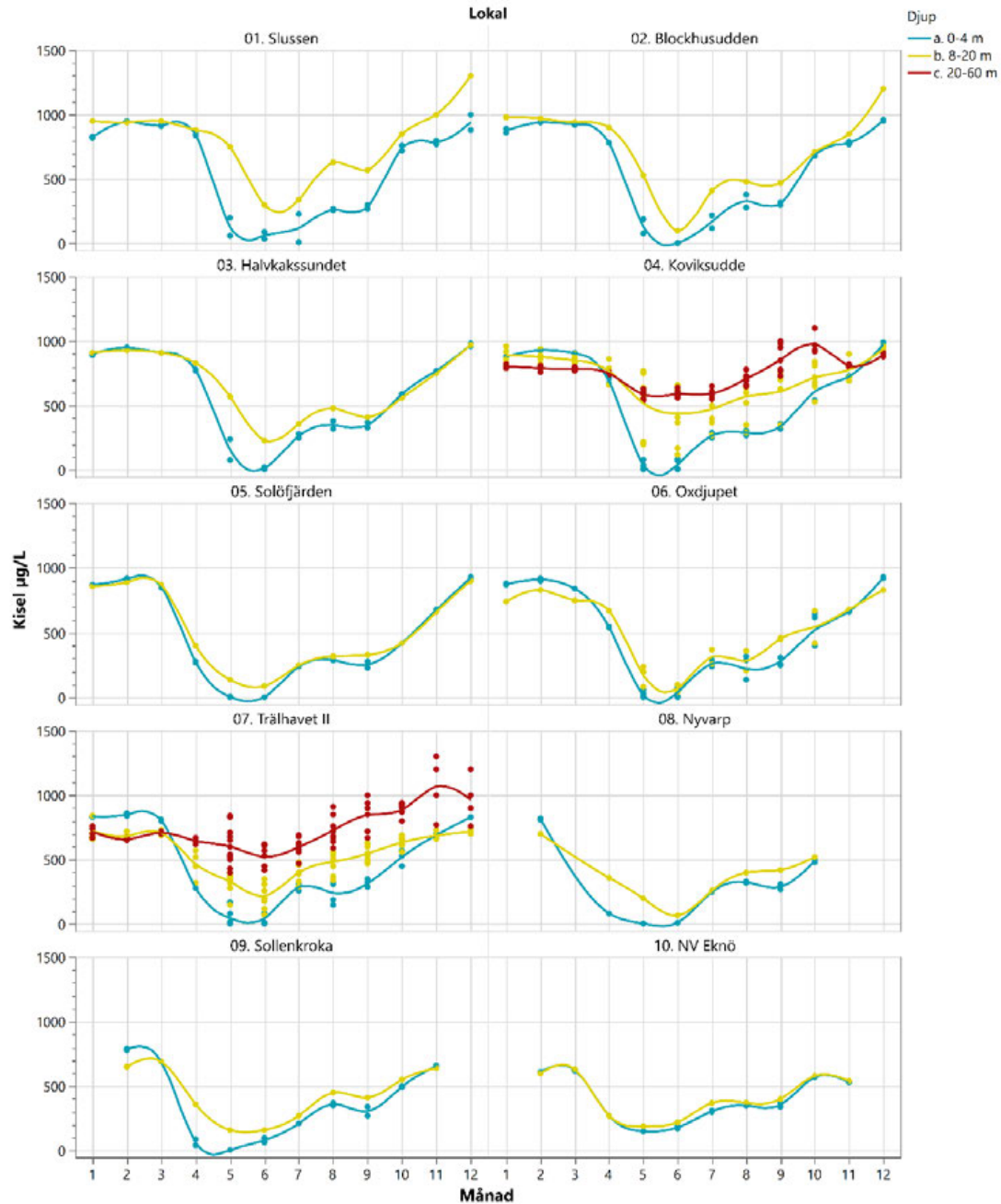
Figur 39. Variation av medelklorofyllhalten längs med segelleden (Slussen–NV Eknö) under 2023 (svart linje) samt uppmätta värden under 2013–2022 (gröna punkter). De svarta prickarna visar de faktiska analysresultaten under 2023.



Figur 40. Förekomst av *Escherichia coli* i ytvattnet (0–4 m) – Medelvärden per månad av bakterietal för åren 2023 (svart) och 2013–2022 (gul) för de lokaler i innerskärgården där förhöjda värden är vanligt återkommande.



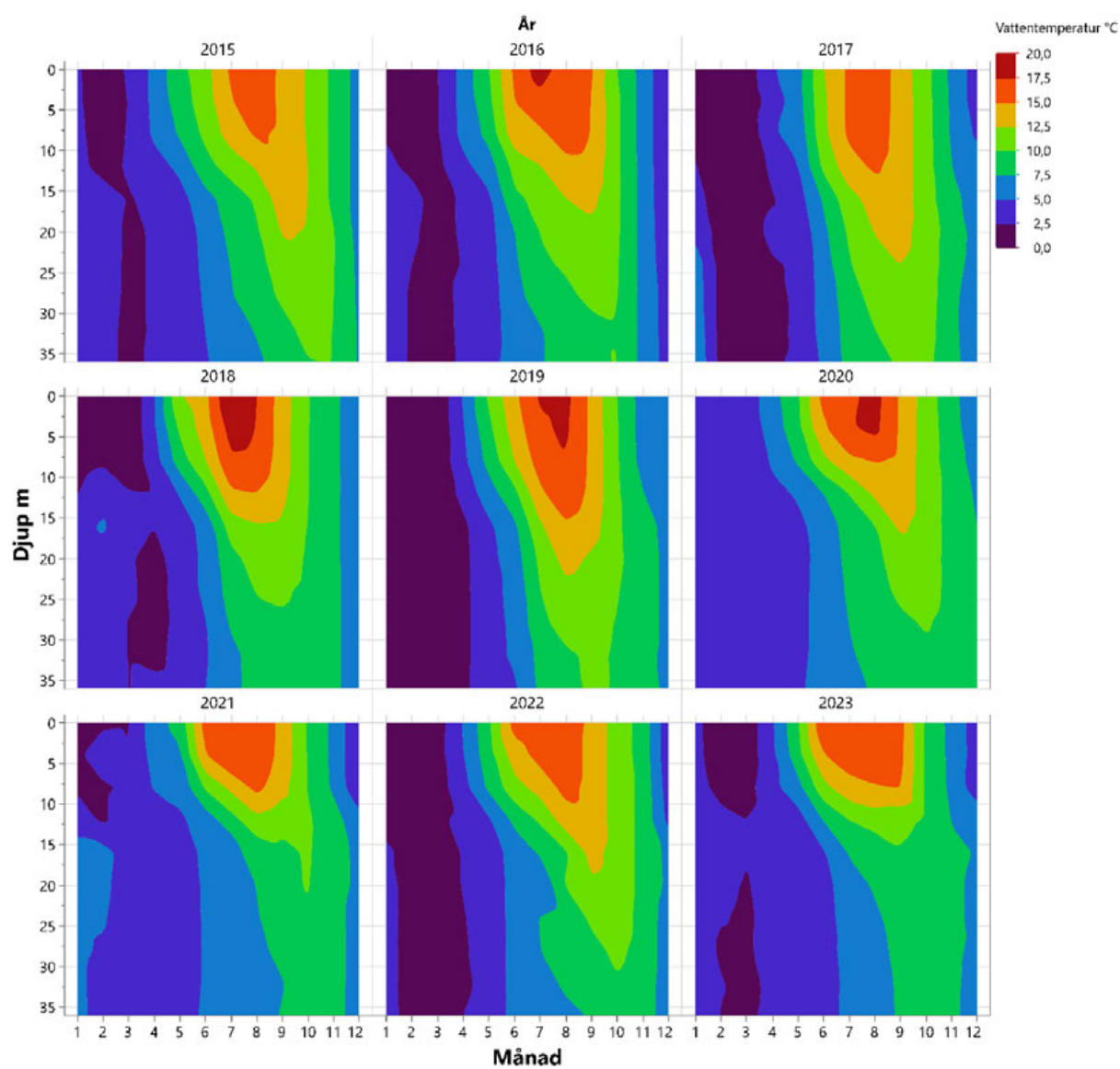
Figur 41. Förekomst av koliforma bakterier i ytvattnet (0–4 m) – Medelvärden per månad av bakterietal för åren 2023 (svart) och 2013–2022 (gul) för de lokaler i innerskärgården där förhöjda värden är vanligt återkommande.



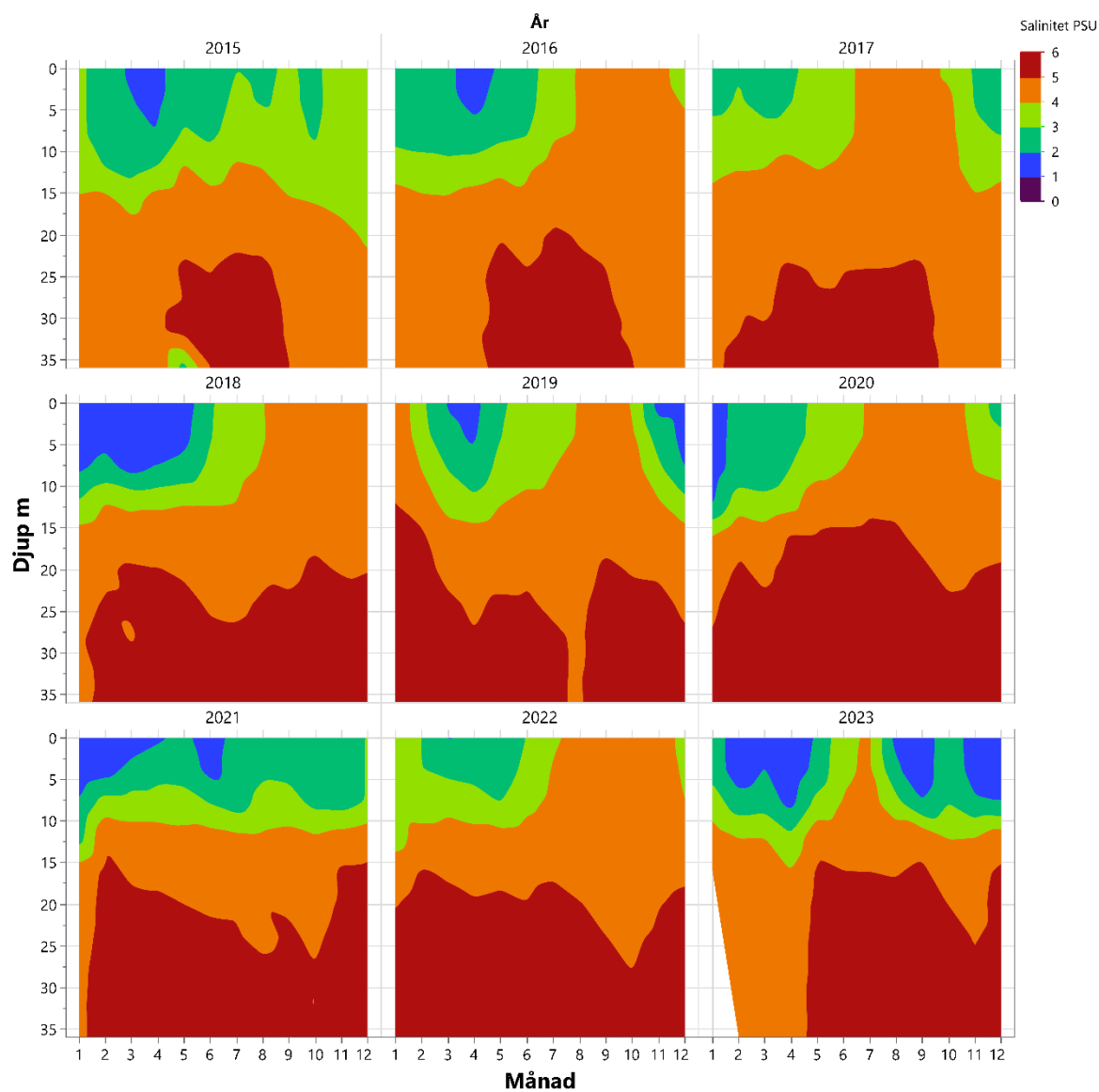
Figur 42. Variation av kiselhalten i ytvattnet (0–4 m; blå), en bit ner (8–20 m; gul), och i bottenvattnet (20–60 m; röd) under året 2023 längs med segelleden. Linjerna anger medelvärden, och prickarna visar de faktiska analysresultaten. Observera att endast vid Koviksudde och Trälhavet har analyser av kiselhalten gjorts för bottenvattnet.



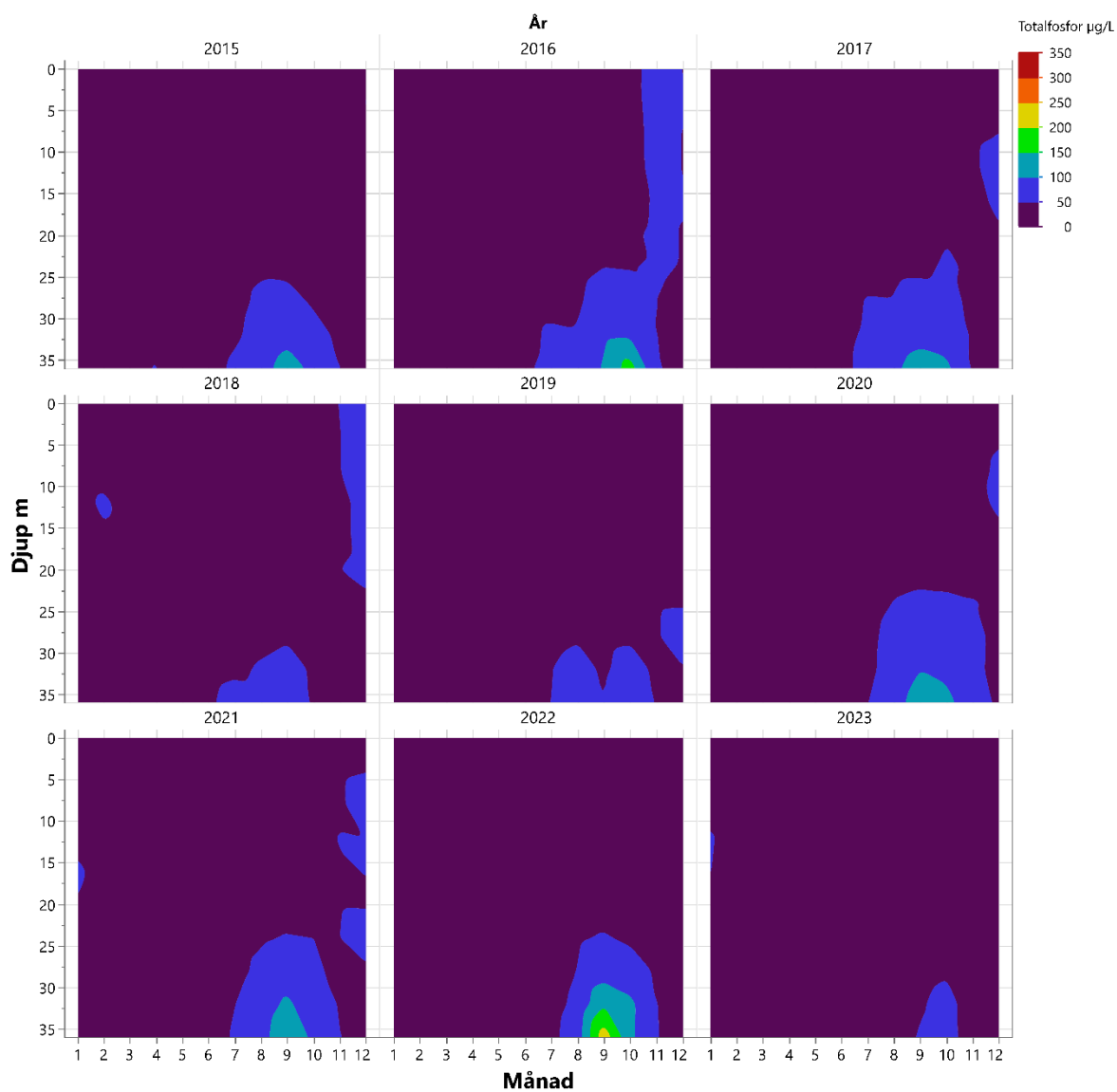
Figur 43. Variation av medelkiselhalten i ytvattnet (0-8 meter) längs med segelleden (Slussen–NV Eknö) under 2023 (grön) och 2013–2022 (gul). För Koviksudde och Trälhavet ingår data från provtagningar och analyser av kisel även för vattnet på mer än 8 meters djup.



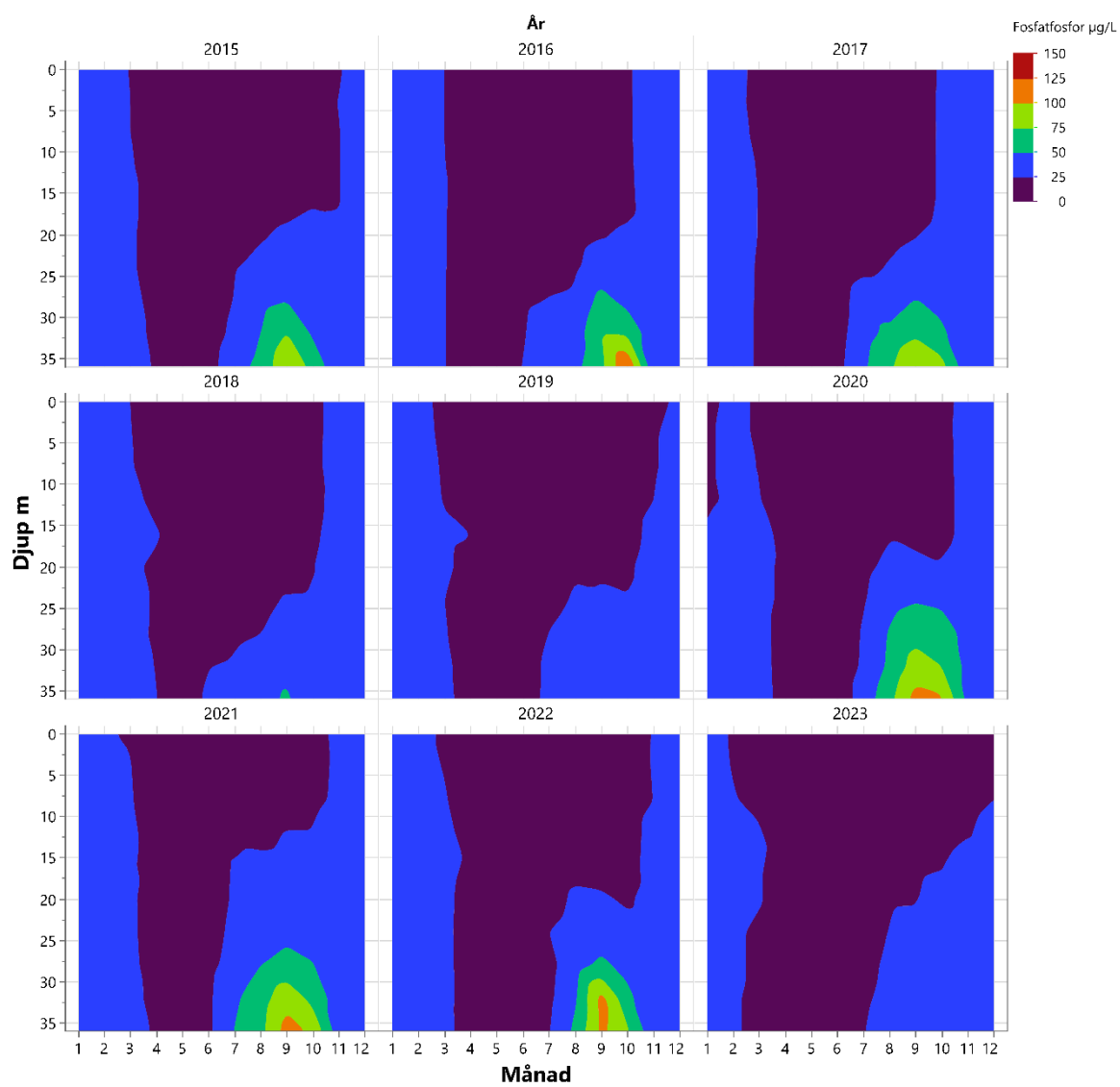
Figur 44. Vattentemperatur på 0–36 m djup för åren 2015–2023 vid Koviksudde.



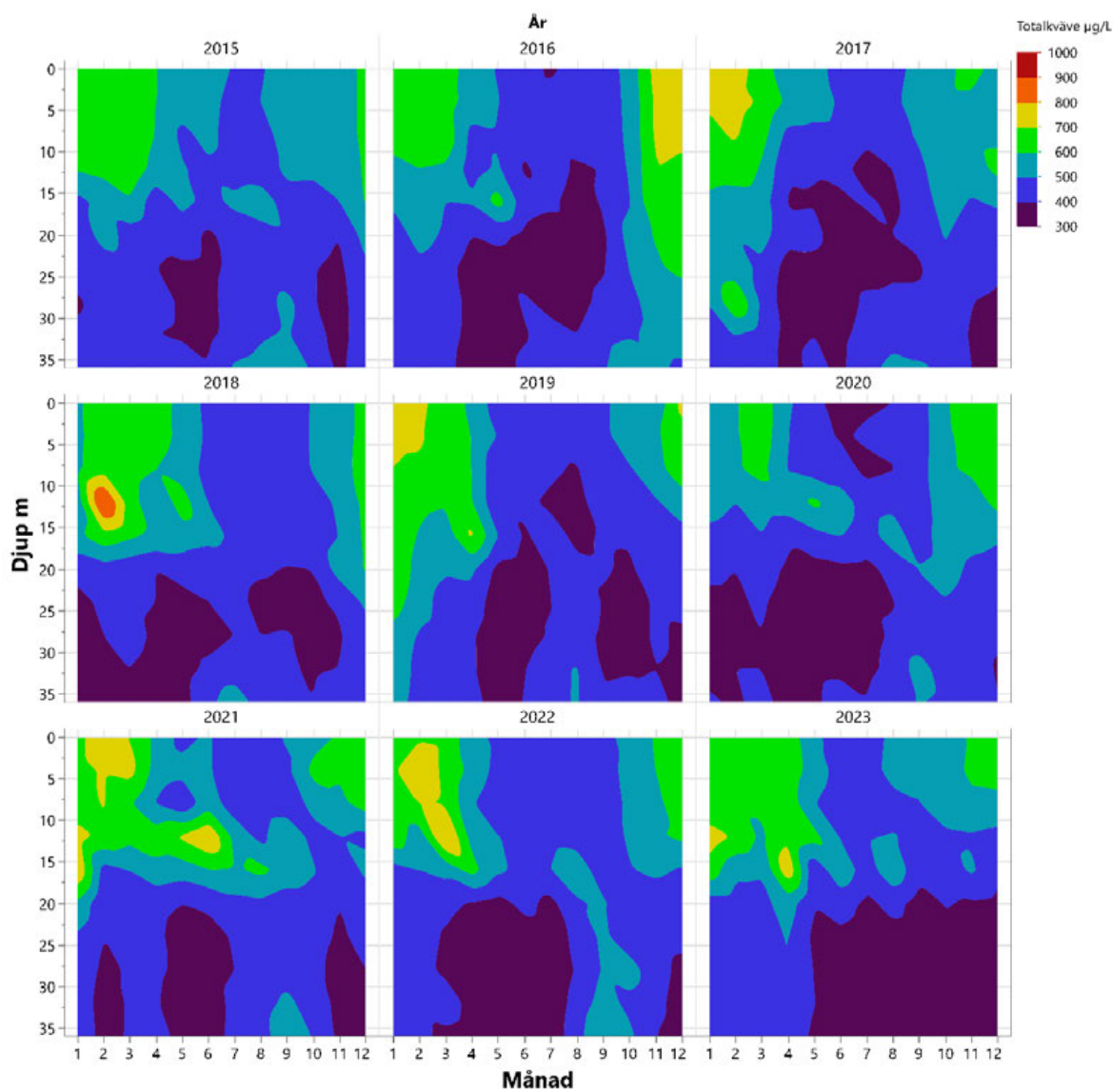
Figur 45. Salinitet på 0–36 m djup för åren 2015–2023 vid Koviksudde. Ett antal bottenprover uteblev i början på 2023, vilket förklarar avsaknad av data för salinitet för den perioden i figuren.



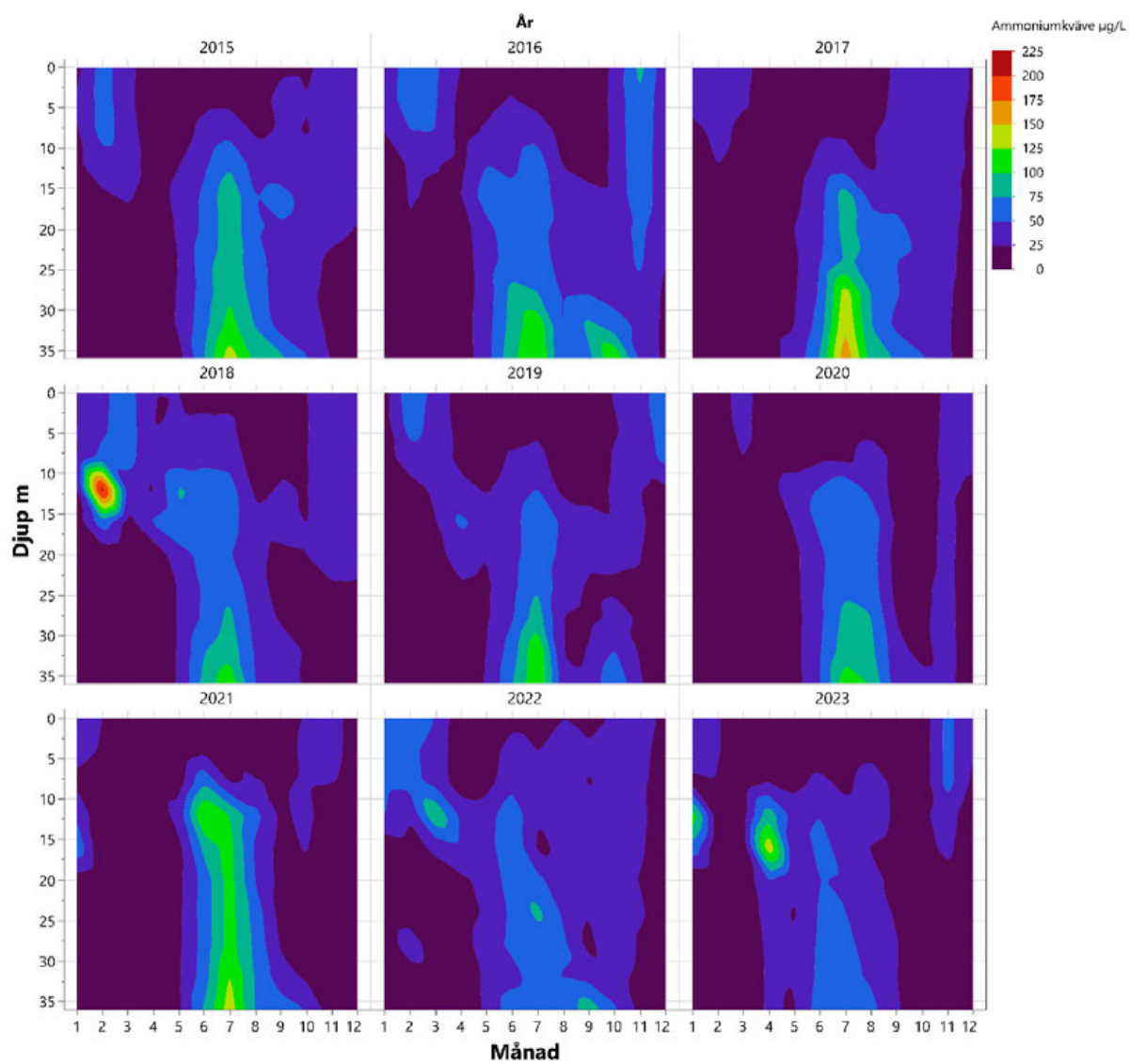
Figur 46. Totalfosforhalt på 0–36 m djup för åren 2015–2023 vid Koviksudde.



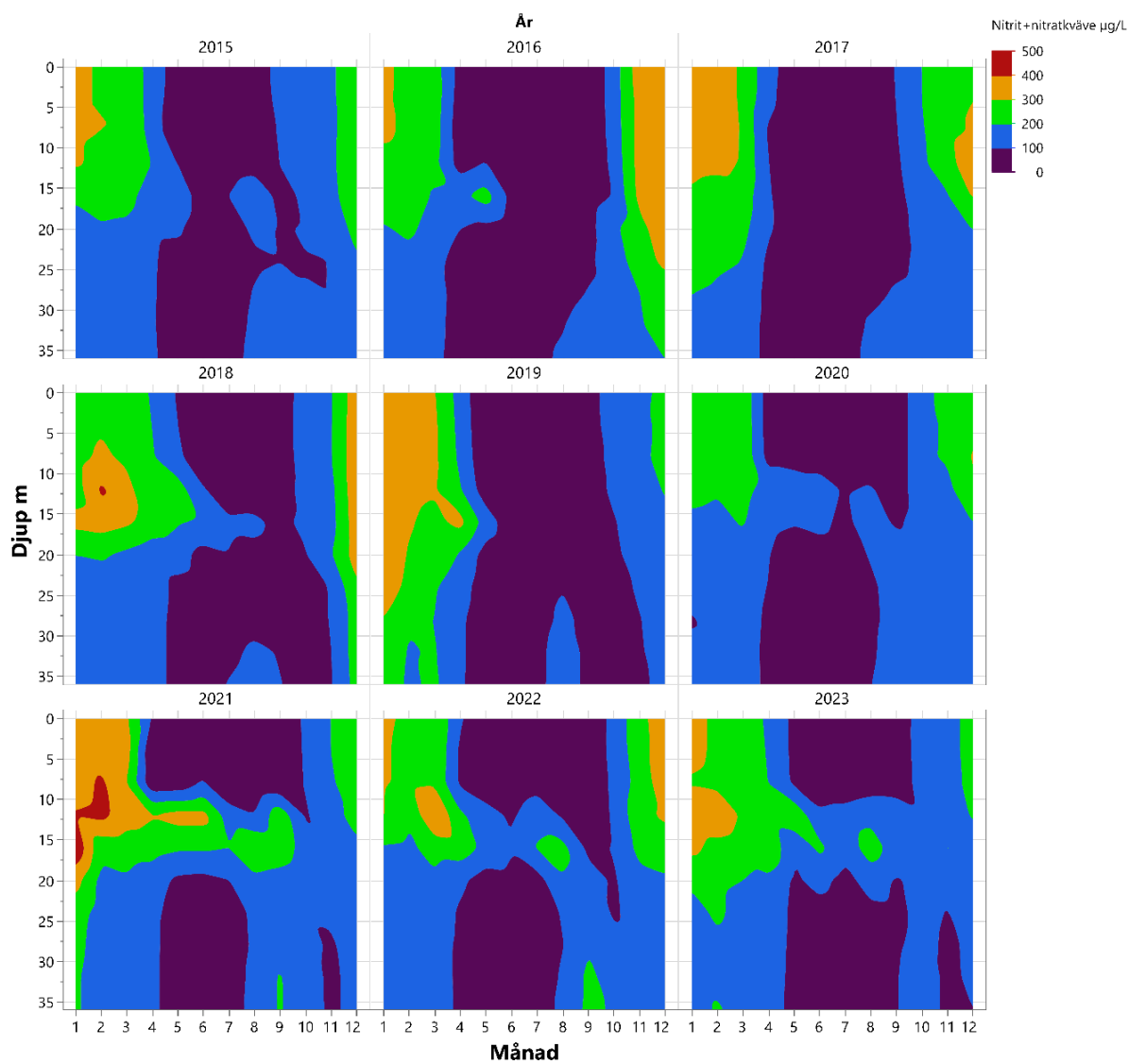
Figur 47. Fosfatfosforhalt på 0–36 m djup för åren 2015–2023 vid Koviksudde.



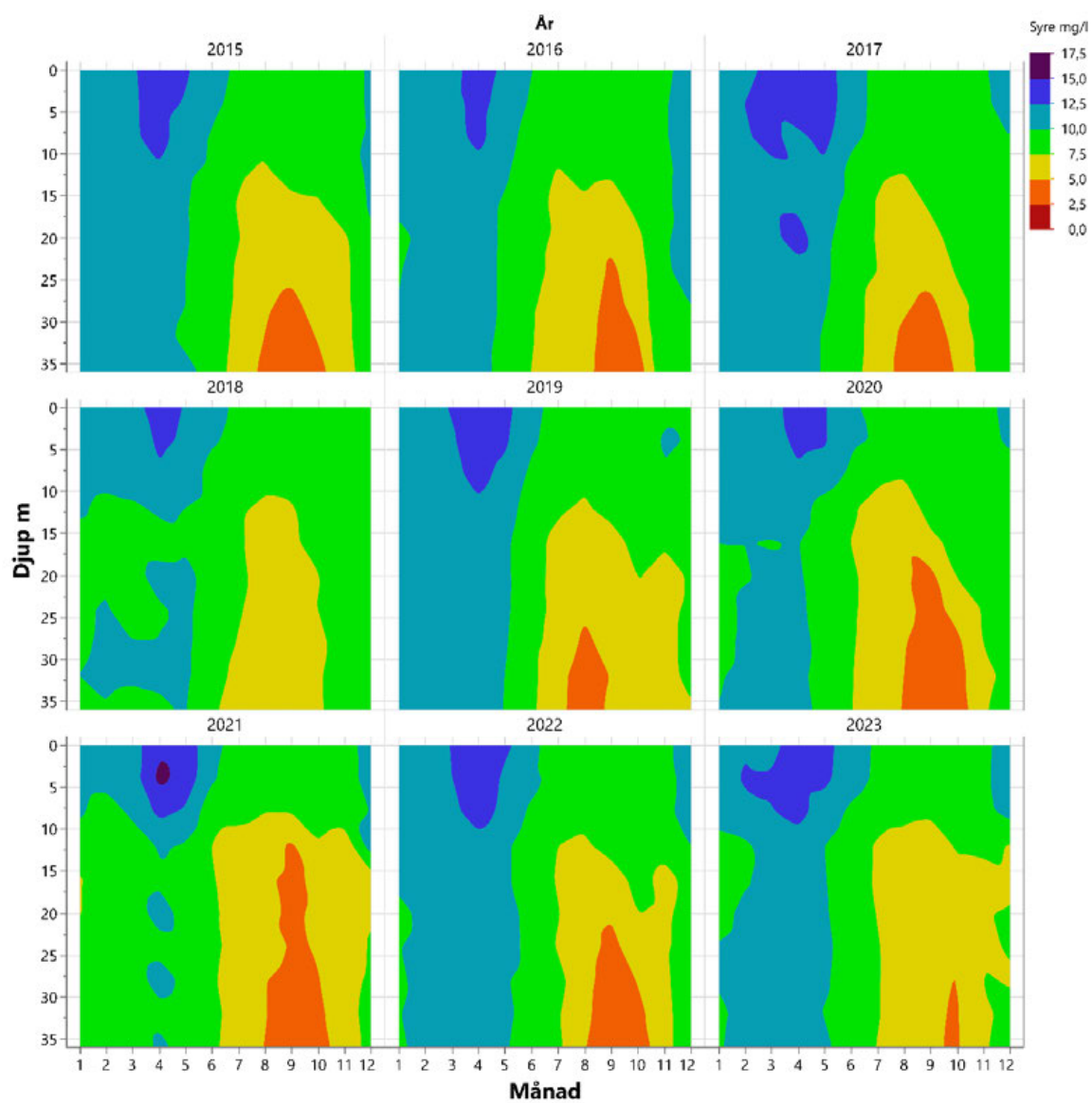
Figur 48. Totalkvävehalt på 0–36 m djup för åren 2015–2023 vid Koviksudde.



Figur 49. Ammoniumkvävehalt på 0–36 m djup för åren 2015–2023 vid Koviksudde.

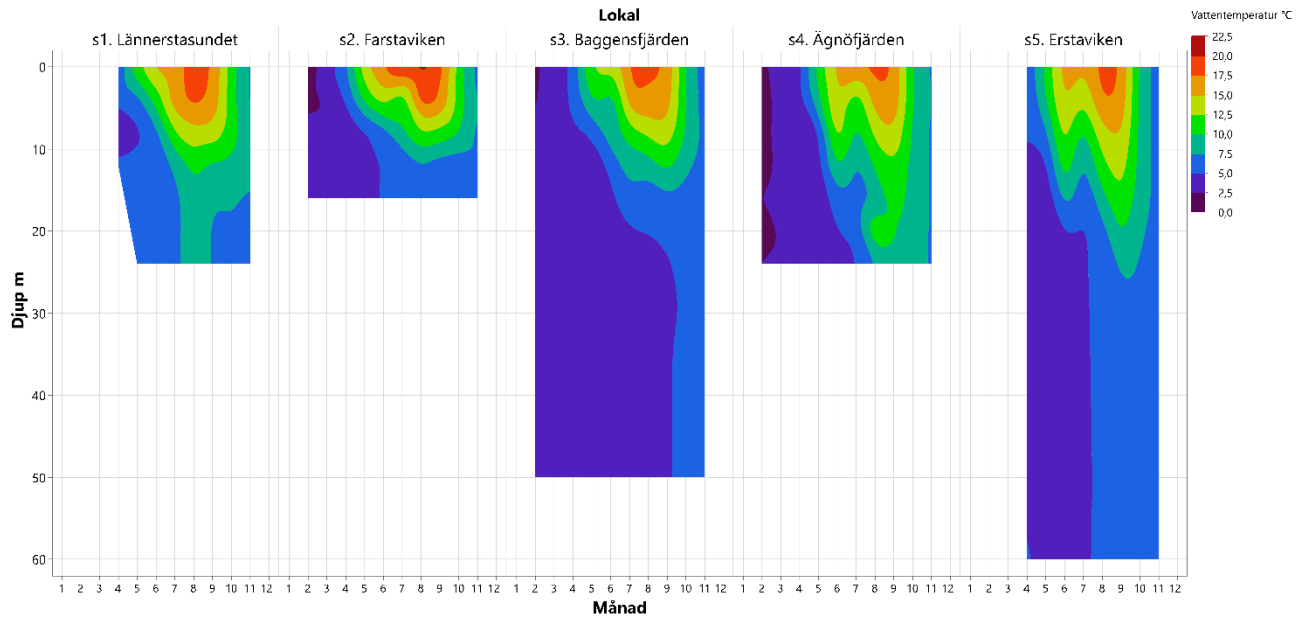


Figur 50. Nitrit+nitratkvävehalt på 0–36 m djup för åren 2015–2023 vid Koviksudde.

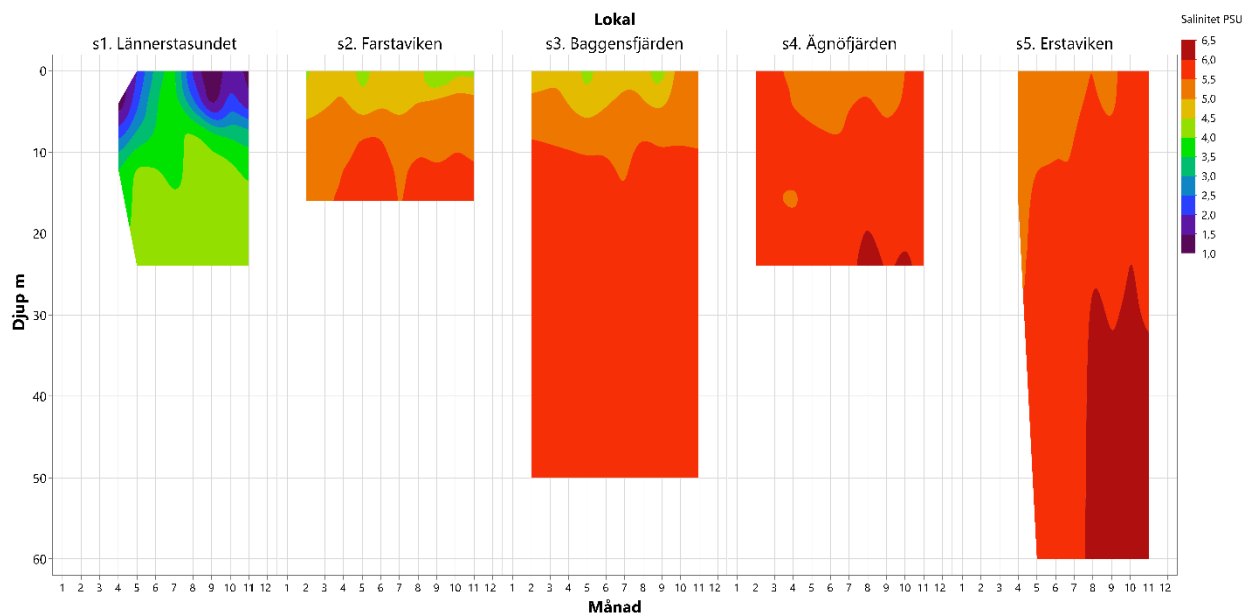


Figur 51. Syrehalt på 0–36 m djup för åren 2015–2023 vid Koviksudde.

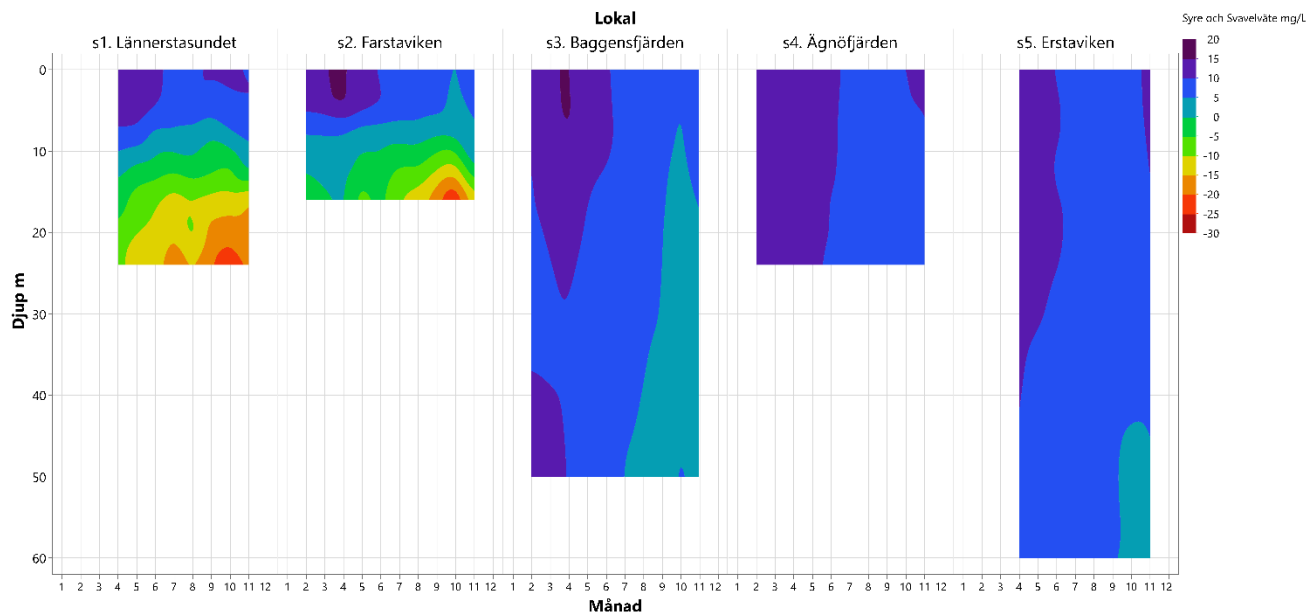
Södra delen av skärgården



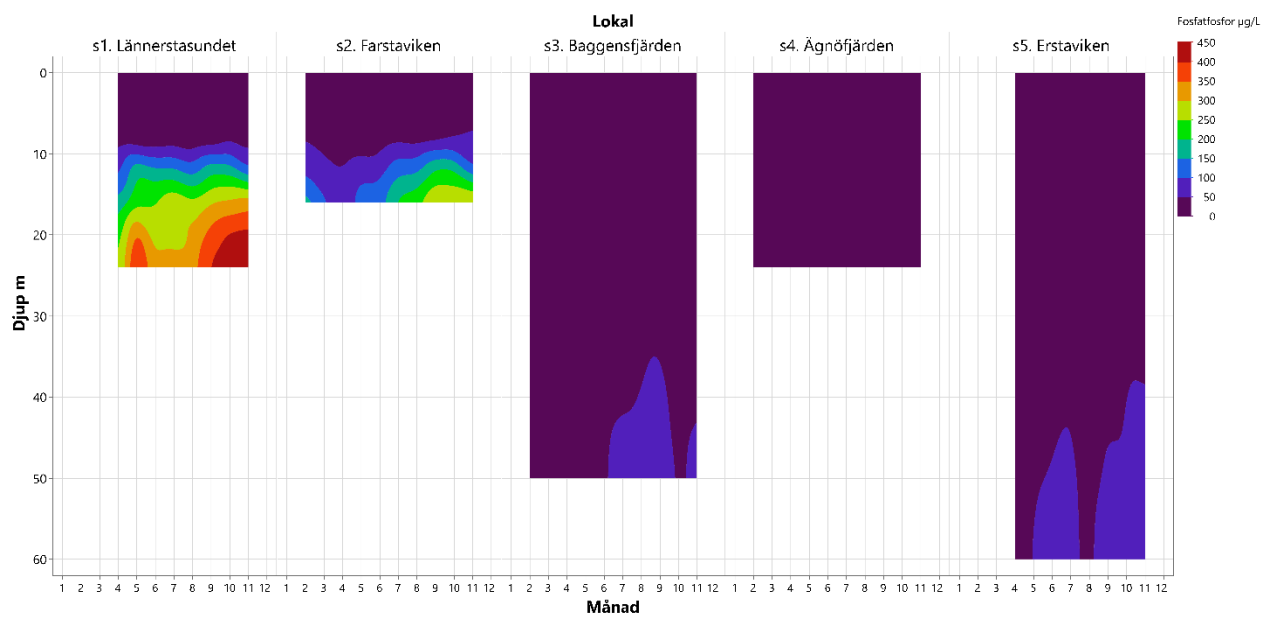
Figur 52. Södra delen av skärgården – Fördelningen av temperatur i vattenmassan under 2023 i Lännerstasundet, Farstaviken, Baggensfjärden, Ägnöfjärden och Erstaviken.



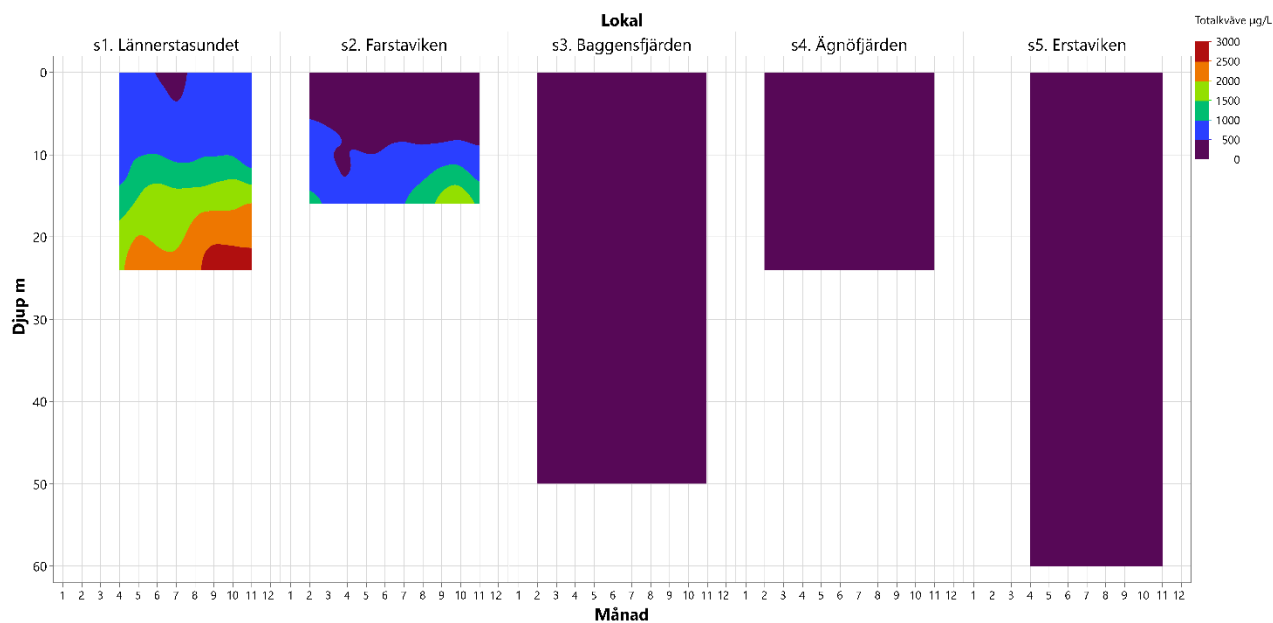
Figur 53. Södra delen av skärgården – Fördelningen av salinitet i vattenmassan under 2023 i Lännerstasundet, Farstaviken, Baggensfjärden, Ägnöfjärden och Erstaviken.



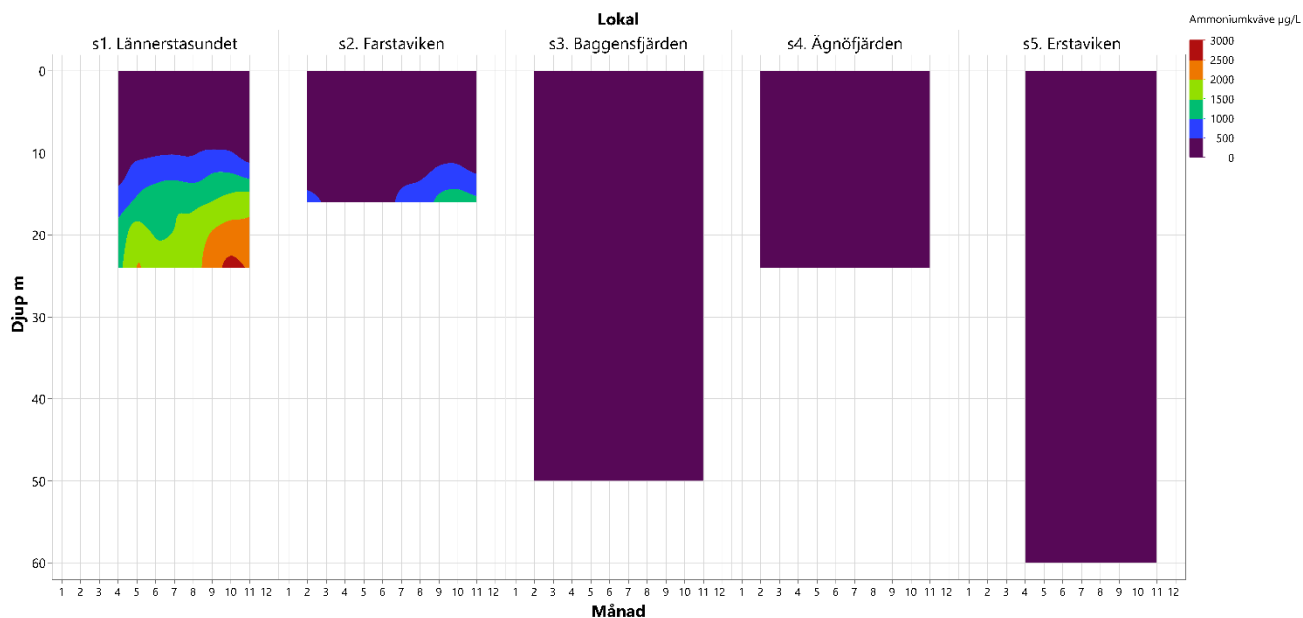
Figur 54. Södra delen av skärgården – Fördelningen av syre (positiva värden) och svavelväte (negativa värden) i vattenmassan under 2023 i Lännerstasundet, Farstaviken, Baggensfjärden, Ägnöfjärden och Erstaviken.



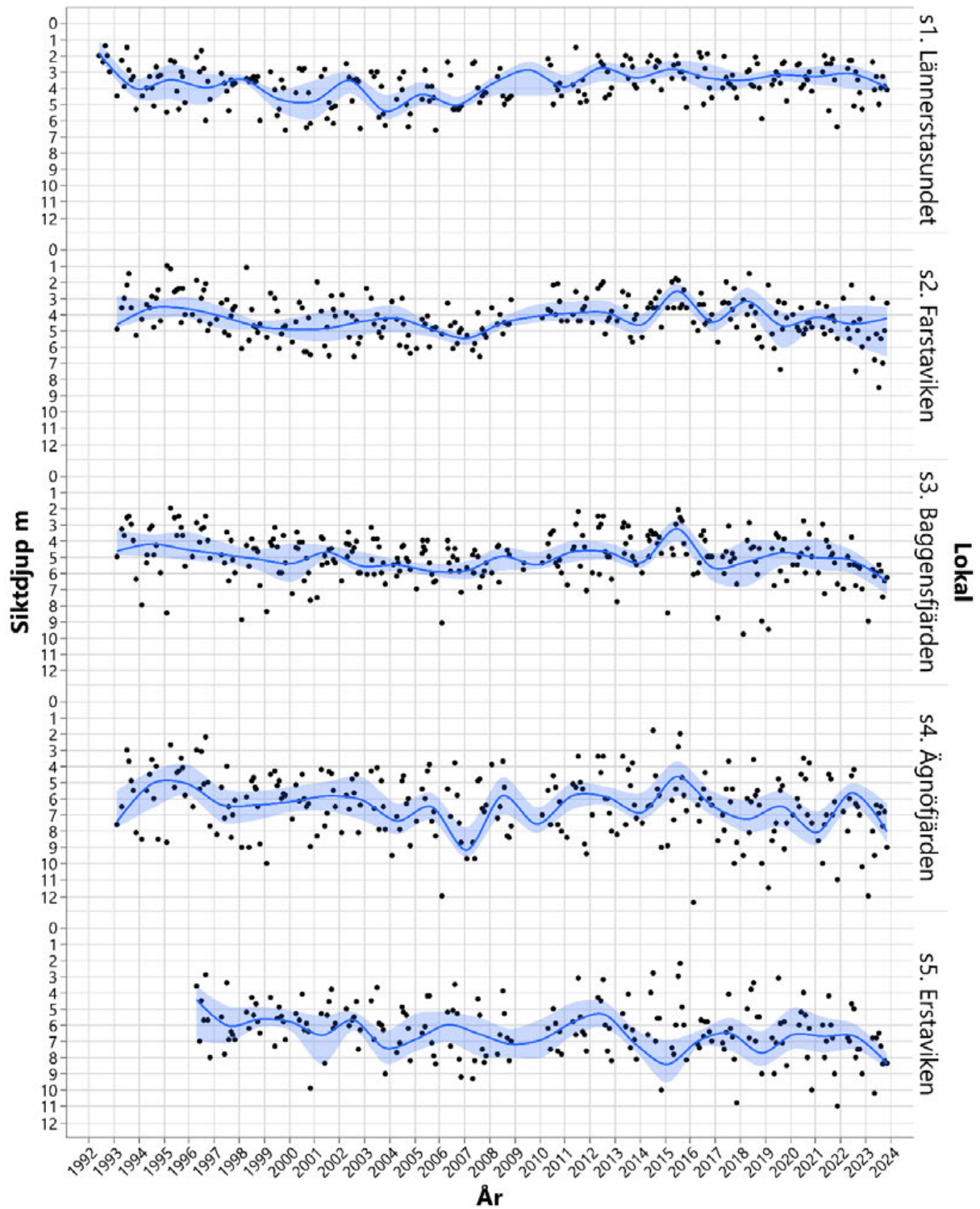
Figur 55. Södra delen av skärgården – Fördelningen av fosfatfosfor i vattenmassan under 2023 i Lännerstasundet, Farstaviken, Baggensfjärden, Ägnöfjärden och Erstaviken.



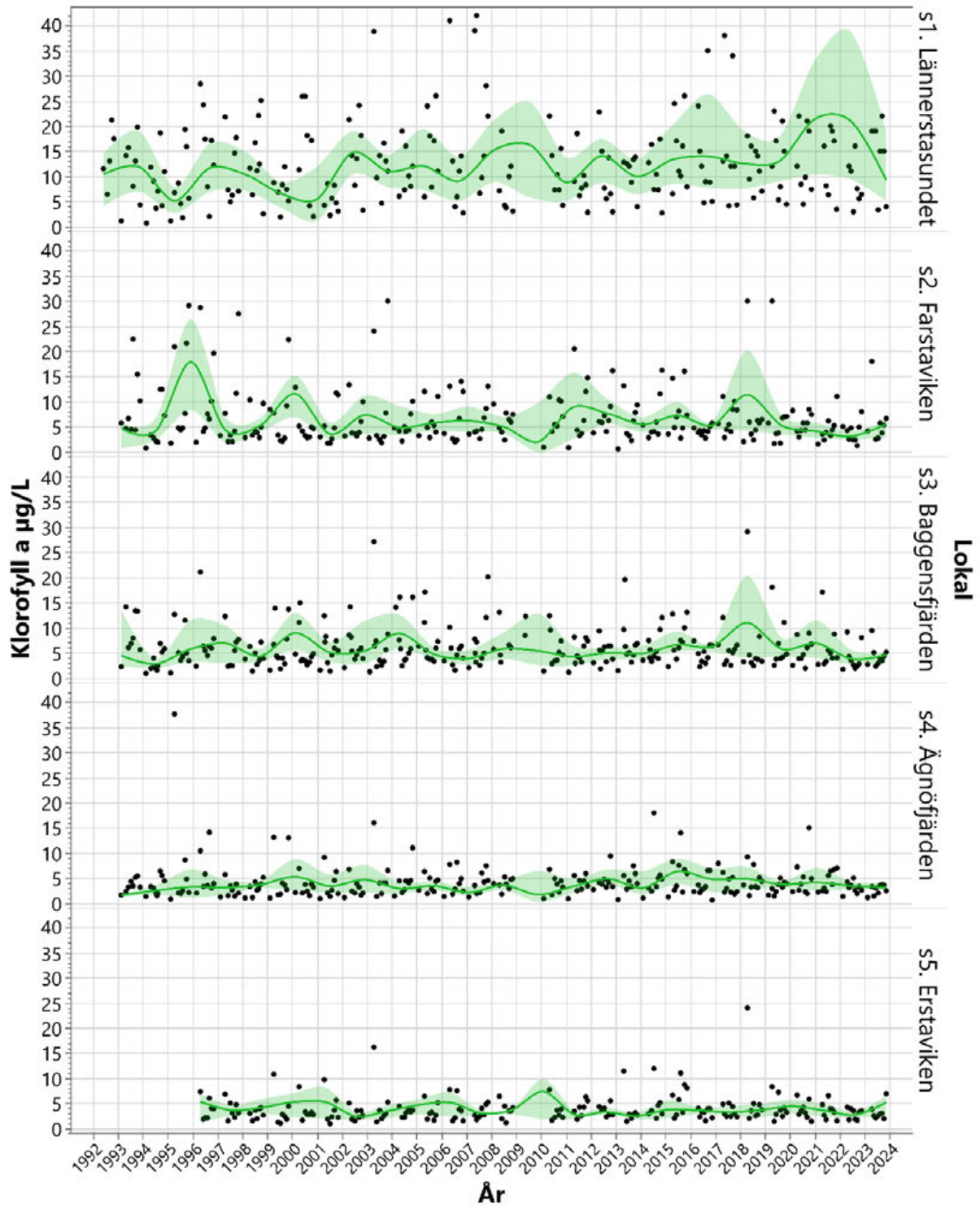
Figur 56. Södra delen av skärgården – Fördelningen av totalkväve i vattenmassan under 2023 i Lännerstasundet, Farstaviken, Baggensfjärden, Ägnöfjärden och Erstaviken.



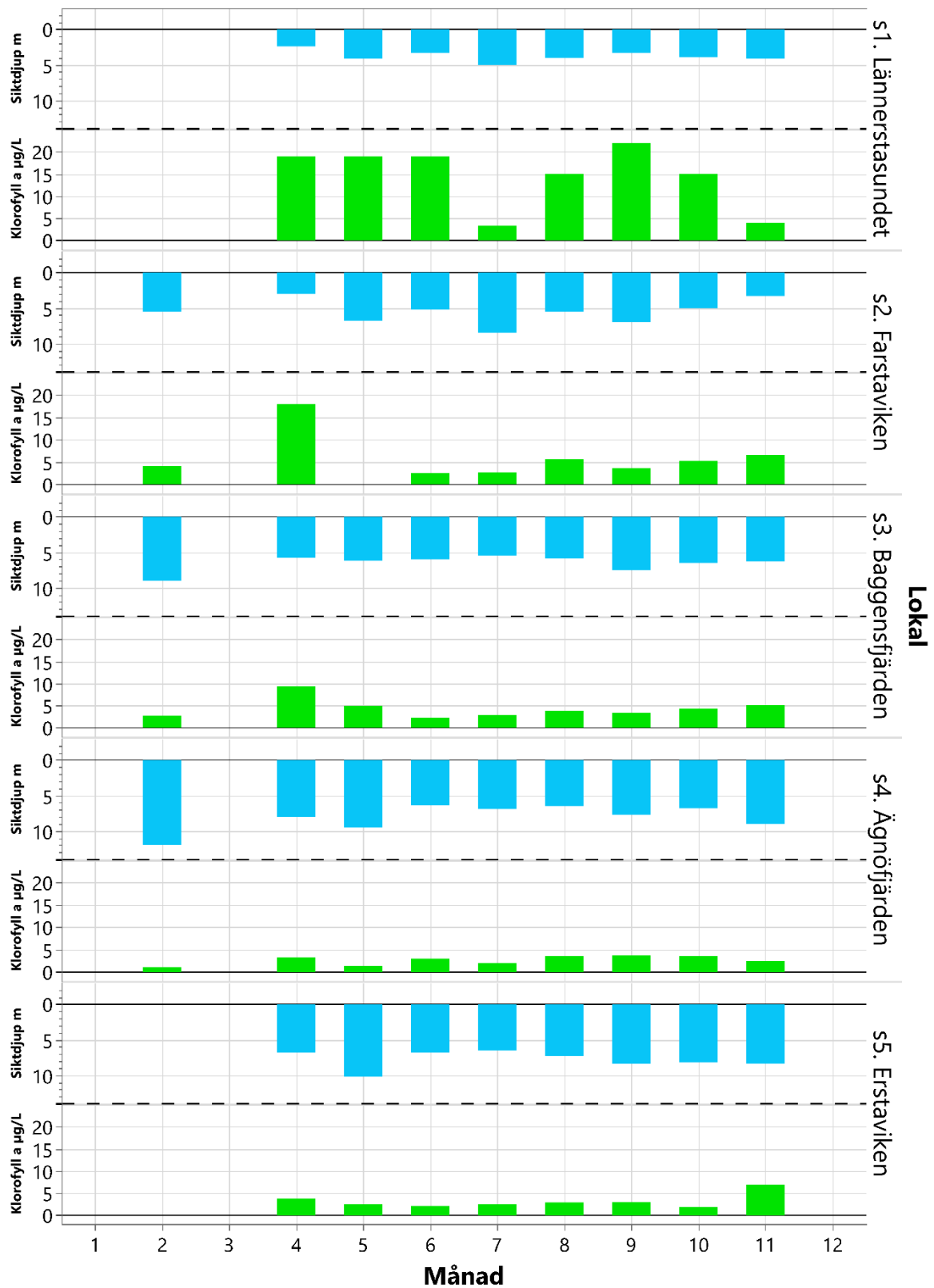
Figur 57. Södra delen av skärgården – Fördelningen av ammoniumkväve i vattenmassan under 2023 i Lännerstasundet, Farstaviken, Baggensfjärden, Ägnöfjärden och Erstaviken.



Figur 58. Södra delen av skärgården – Interpolerat medelsiktdjup under åren 1992–2023 (blå linje) och faktiska mätvärden (svarta punkter) i Lännerstasundet, Farstaviken, Baggensfjärden, Ägnöfjärden och Erstaviken. Det blåskuggade fältet motsvarar ett 95 % konfidensintervall kring medelvärdet.



Figur 59. Södra delen av skärgården – Interpolerad medelklorofyllhalt under åren 1992–2023 (grön linje) och faktiska mätvärden (svarta punkter) i Lännerstasundet, Farstaviken, Baggensfjärden, Ägnöfjärden och Erstaviken. Det grönskuggade fältet motsvarar ett 95 % konfidensintervall kring medelvärdet.



Figur 60. Södra delen av skärgården – Uppmätta siktdjup och klorofyllhalter under 2023.

Bilagor

(med separata innehållsförteckningar)

Bilaga A. Provtagningsprogram och datasammanställning

Bilaga B. Plankton