

ÅRSSKRIFT 2019



- Årsskrift 2019

Titel	Årsskrift 2019
Rapport	139
År	2020
Författare	Se kapitel
Kontakt	vatternvardsforbundet@lansstyrelsen.se
Webbplats	www.vattern.org
ISSN	1102-3791
Upplaga	Digital publicering
Omslagsbild	Vätternvårdsförbundet

© Vätternvårdsförbundet 2020

Förord

Vätternvårdsförbundet har pekat ut tre stora utmaningar för Vättern inför framtiden: miljögifter, naturlighet i ekosystemet och klimatförändring. Medan 2018 stod i klimatförändringens tecken (med den varmaste sommaren sedan mätningar började) flyttades allmänhetens fokus under 2019 till miljögifter när de nya föroreningarna – bl.a. PFOS och mikroplast – uppmärksammades på nytt.

Behovet av fakta och kunskap är stort, och det är Vätternvårdsförbundets uppgift att bidra till att dessa finns. Miljöövervakningens syfte är att kunna svara på den alltid återkommande frågan: ”Hur mår Vättern egentligen?” Utöver att beskriva Vättern tillstånd är målet att bedöma (eventuella) hotbilder och kunna föreslå och följa upp åtgärder.

Den löpande miljöövervakningen som redovisas här utgör grunden i vår kunskap om Vättern. Många av dessa undersökningar har gjorts i decennier och alla genomförs av ”de som kan” och följer standarder inom svensk miljöövervakning.

Vätternvårdsförbundet följer ständigt forskningen och utvecklingen. När nya problem och frågeställningar dyker upp tillkommer nya undersökningar, nya ämnen att mäta och nya metoder att använda. Den löpande miljöövervakningen kompletteras då med specialundersökningar som vid behov kan övergå till att bli en del av den löpande miljöövervakningen.

Så publicerades 2019 en undersökning om mikroplast i vatten, och en undersökning av mikroplast i sediment inleddes. Dessutom påbörjades en stor studie om organiska mikroföroreningar (som bl.a. läkemedelsrester och PFAS). Dessa undersökningar görs i samverkan med forskningsinstitut, de andra svenska stora sjöar och medlemmar i förbundet.

Vätternvårdsförbundet fortsätter jobba med att göra så mycket information som möjligt tillgänglig till alla som forskar med, jobbar för, engagerar sig i eller är intresserade av Vättern: i förbundets rapportserie, på hemsidan vattern.org eller som rådata via de s.k. nationella datavärddar.

Många olika aktörer deltar och bidrar aktivt och/eller genom finansieringen till dessa undersökningar: Medlemmar i förbundet, Havs- och Vattenmyndigheten, Länsstyrelser, frivilliga och fiskeföreningar mfl. Stort tack till alla!

Friederike Ermold
Sakkunnig vatten
Vätternvårdsförbundet

Malin Setzer
Sakkunnig Fiske
Vätternvårdsförbundet

Måns Lindell
Särskilt sakkunnig
Vätternvårdsförbundet

Innehållsförteckning

Klimat och vattenstånd	8
Sammanfattning	8
Nederbörd	9
Vattenstånd	10
Vattenföring	11
Temperatur	12
Vattenkvalitet i Vätterns tillflöden och utlopp	14
Sammanfattning	14
Inledning	16
Metodik	17
Resultat och diskussion	18
Presentation av några tillflöden	24
Tidsserier och trender	25
Vattenkvalitet i Vättern	31
Sammanfattning	31
Inledning	32
Metodik	32
Resultat och diskussion	33
Ämnestransport och arealspecifik förlust	42
Sammanfattning	42
Inledning	43
Metodik	43
Resultat och diskussion	44
Vattenföring	45
Ämnestransport	47
Arelspecifik förlust	51
Växtplankton	53
Sammanfattning	53
Inledning	53
Provtagnings- och analysmetoder	53
Resultat och diskussion	54
Djurplankton	57
Sammanfattning	57
Inledning	57
Provtagnings- och analysmetoder	58
Resultat och diskussion	58
Bottendjur	63
Sammanfattning	63
Provtagnings- och analysmetoder	63

Resultat.....	64
Referenser	69
Inventering av makrofyter i Vättern	70
Referenser	74
Vätterns pelagiska fiskbestånd	75
Sammanfattning	75
Det pelagiska fisksamhället – viktigast i sjön	75
Övervakningsmetod	76
Övriga arter	81
Diskussion.....	83
Referenser	85
Inventering av sjöfåglar på fågelskär i Vättern 2019.....	86
Bakgrund.....	86
Syfte	87
Metodik	87
Resultat.....	89
Tack!.....	103
Referenser/Litteratur.....	103
Nederbördskemiska undersökningar av försurande och övergödande ämnen på Visingsö 2018	104
Sammanfattning	104
Inledning	105
Månadsvisa mätresultat vid Visingsö 2018	105
Månadsvis jämförelse av mätresultat vid Visingsö med tidigare års mätningar	108
Jämförelse med omkringliggande platser för 2018 och tidigare års mätningar	108
Metoder.....	114
Referenser	116
Nederbördskemisk undersökning av tungmetaller på Visingsö	117
Sammanfattning	117
Inledning	118
Resultat 2018 och jämförelse med tidigare mätningar	118
Jämförelse med övriga lokaler i Sverige	122
Metoder.....	125
Referenser	126
Publiceringar under 2019.....	127

Klimat och vattenstånd

Ann-Charlotte Norborg Carlsson, SYNLAB

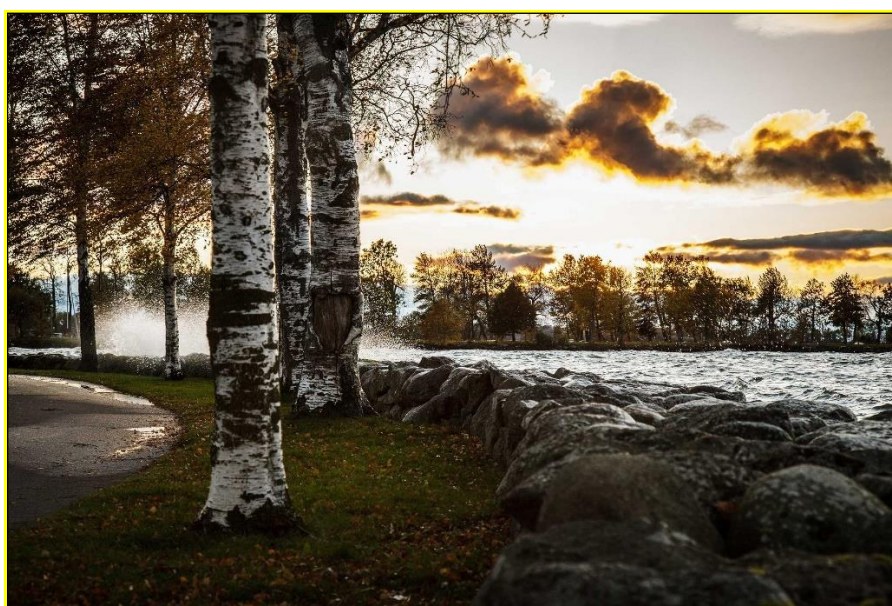
Sammanfattning

År 2018 var årsnederbörden över Vättern (Visingsö) 365 mm, vilket var 27 % mindre än medelvärdet för perioden 1990-2017. De enda månader som nederbördsmängderna var större än normalt var januari, april och augusti.

Medelvattenståndet i Vätterns utlopp var 88,35 meter över havet år 2018, vilket var 15 cm lägre än medelvärdet för perioden 1967-2017, och det sjunde lägsta vattenståndet i tidsserien. Medelvattenståndet var lägre än långtidsmedelvärdet samtliga månader utom februari.

Årsmedelvattenföringen i Vätterns utlopp var 31,1 m³/s år 2017, vilket var 21 % lägre än medelvärdet för perioden 1960-2017 (39,4 m³/s). De enda månader som medelvattenföringen var högre än långtidsmedelvärdet var februari, mars och april.

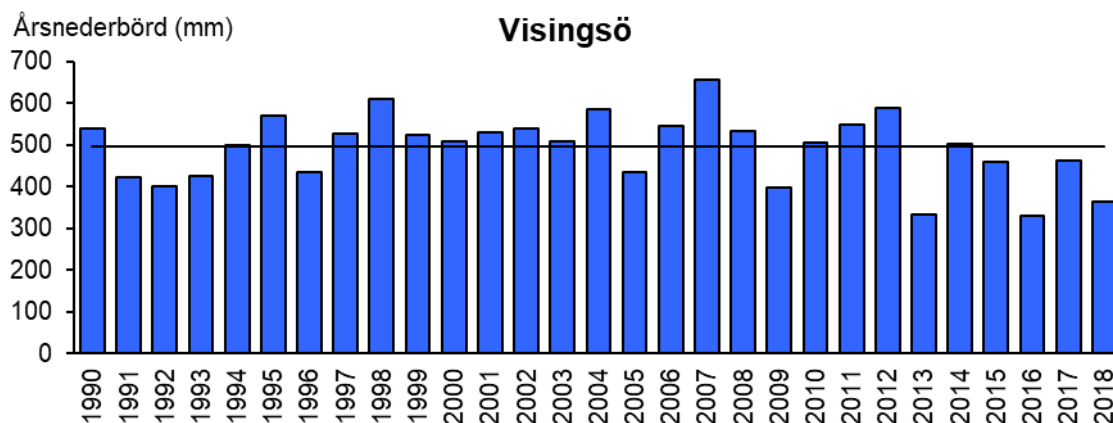
År 2018 var medeltemperaturen på Visingsö 1,6 °C högre än normalvärdet för perioden 1961-1990 (8,2 jämfört med 6,6 °C). Alla månader utom februari och mars var mildare än vanligt. I slutet av maj förekom ett temperatursprångskikt (termoklin) vid Edeskvärna och Jungfrun på 3-6 respektive 6-8 meters djup. I slutet av juli låg språngskiktet vid Edeskvärna på 6-9 meter och vid Jungfrun på 17-20 meter. Det syns en svag ökning av årsmedeltemperaturen vid vattenintag på 5 meters djup och 2018 års värde var ett av de tre högsta. Ökningen är statistiskt säker för större delen av perioden 1955-2018.



Figur 1. Vågskvalp vid Vadstena (foto: SYNLAB).

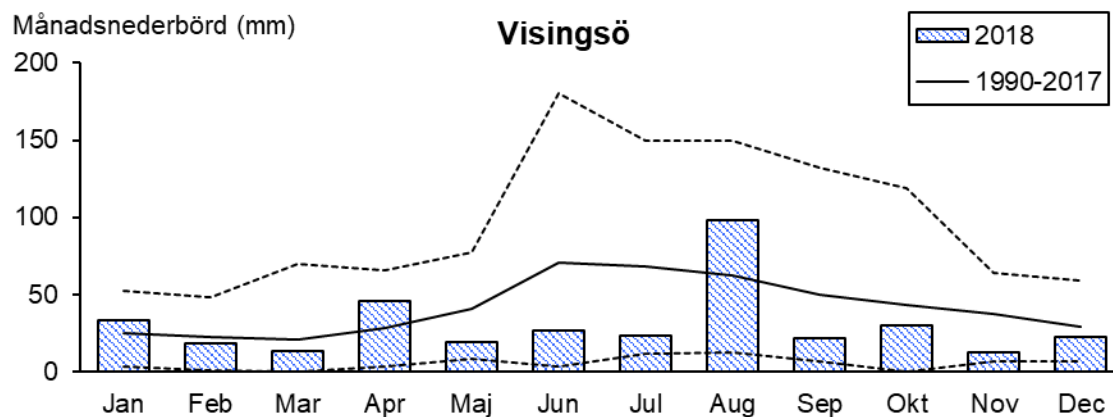
Nederbörd

År 2018 var den totala nederbördsmängden 365 mm vid SMHI:s väderstation på Visingsö (8405). Detta var 133 mm (27 %) mindre än medelvärdet för perioden 1990-2017 (Figur 2).



Figur 2. Årsnederbörd vid SMHI:s väderstation på Visingsö för åren 1990-2018 (staplar) samt medelvärde för perioden 1990-2017 (heldragen linje). För åren 1990-2007 avser värdena station 8406 och för åren därefter station 8405.

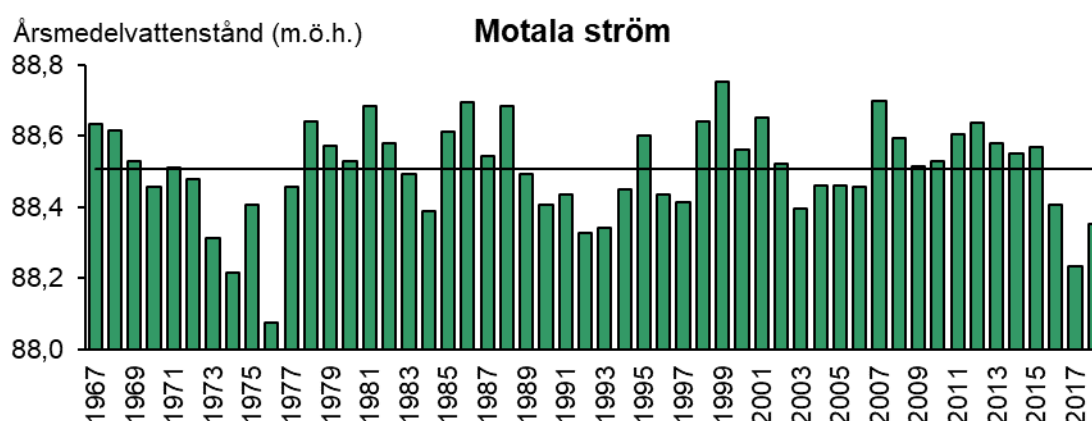
Jämfört med månadsmedelvärden för perioden 1990-2017 föll det mer nederbörd i främst april och augusti 2018, men även januari 2018 (+61, +58 respektive +36 %, Figur 3). Övriga månader var nederbördsmängderna mindre än vanligt, vilket var särskilt tydligt i maj till och med juli, september och november (Figur 3).



Figur 3. Månadsnederbörd vid SMHI:s väderstation på Visingsö år 2018 (staplar) samt månadsmedelvärden för perioden 1990-2017 (heldragen linje). Streckade linjer avser minimum- respektive maximumvärden för åren 1990-2017. För åren 1990-2007 avser värdena station 8406 och för åren därefter station 8405.

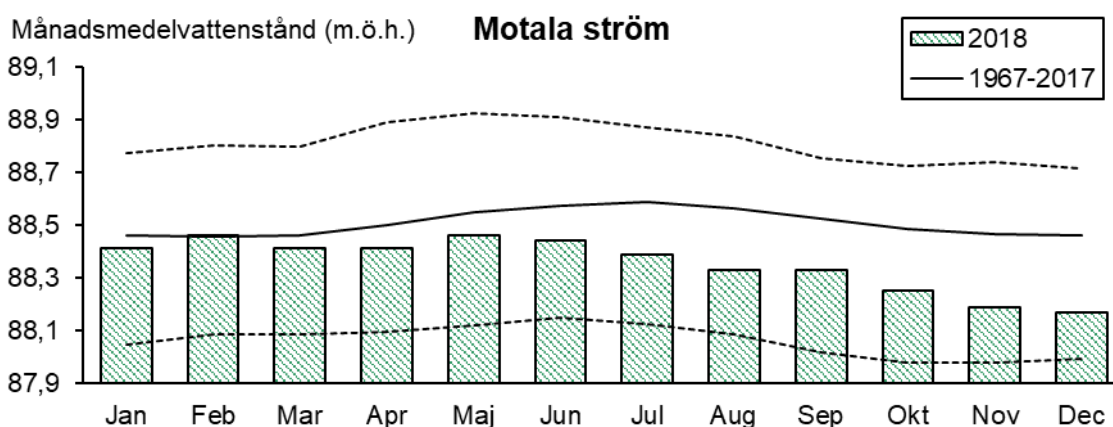
Vattenstånd

Sedan år 1858 görs dagliga mätningar av vattenståndet i Vätterns utlopp vid Motala. År 2018 var medelvattenståndet i Vätterns utlopp (SMHI:s station 154 i Motala ström) 88,35 meter över havet, vilket var 15 cm lägre än medelvärdet för perioden 1967-2017, och det sjunde lägsta medelvattenståndet i tidsserien med startår 1967 (Figur 4). Det allra lägsta medelvattenståndet (88,07 m.ö.h.) under perioden noterades år 1976 och det högsta (88,75 m.ö.h.) år 1999. Variationen under åren 1967-2018 var således nästan sju decimeter.



Figur 4. Årsmedelvattenstånd i Vätterns utlopp vid Motala ström (SMHI:s station 154) för åren 1967-2018 (staplar) samt medelvärde för perioden 1967-2017 (heldragen linje).

Jämfört med månadsmedelvärden under åren 1967-2017 var medelvattenståndet år 2018 lägre än dessa samtliga månader utom en (Figur 5). I februari 2018 var medelvattenståndet detsamma som medelvattenståndet för februari 1967-2017. Skillnaden jämfört med medelvattenståndet ökade mot slutet av året.

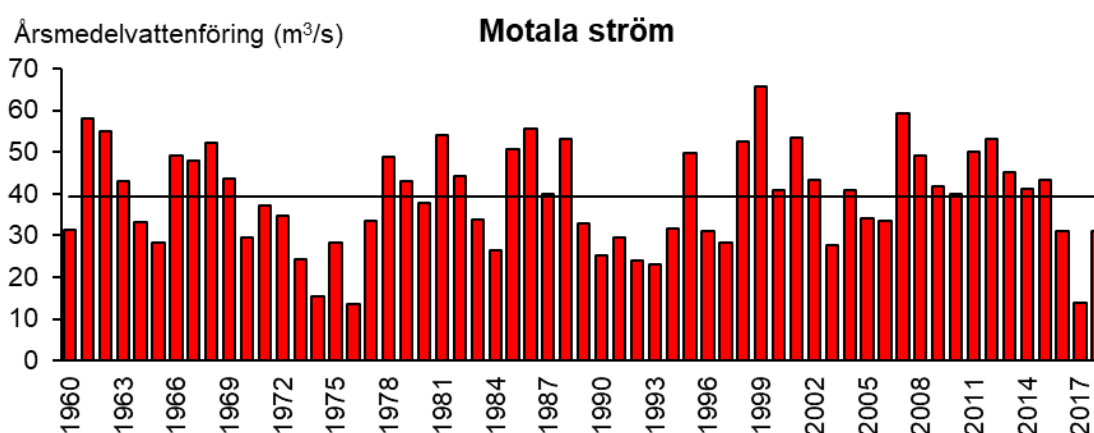


Figur 5. Månadsmedelvattenstånd i Vätterns utlopp vid Motala ström (SMHI:s station 154) år 2018 (staplar) samt månadsmedelvärden för perioden 1967-2017 (heldragen linje). Streckade linjer avser minimum- respektive maximumvärden för åren 1967-2017.

De ovanligt låga vattenstånden kan kopplas till mindre nederbörds mängder än normalt (Figur 3), men även vindförhållanden har betydelse för vattenståndets förändringar i Vättern. Skillnaden mellan årets lägsta och högsta månadsmedelvattenstånd var 29 centimeter.

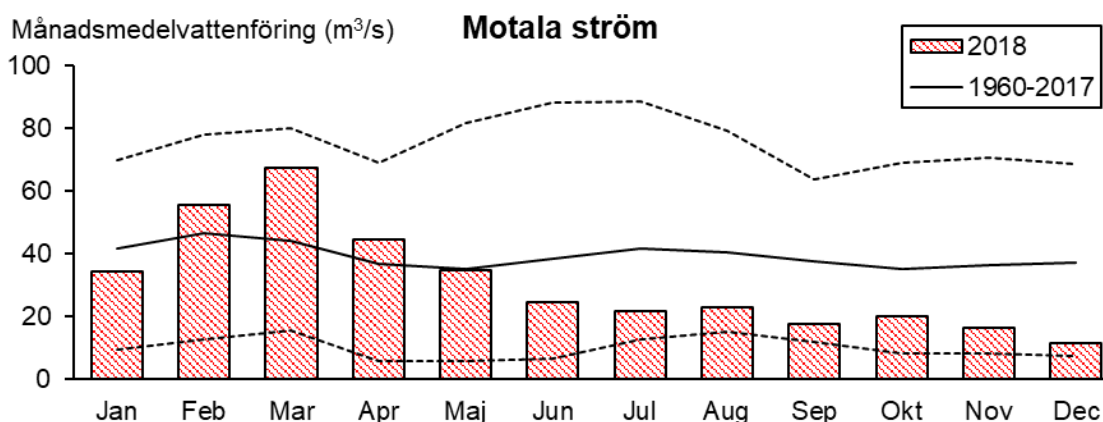
Vattenföring

Årsmedelvattenföringen i Vätterns utlopp (SMHI-station 1950) var 31,1 m³/s år 2018, vilket var 21 % lägre än medelvärdet för perioden 1960-2017 på 39,4 m³/s (Figur 6). I likhet med vattenståndet noterades den lägsta årsmedelvattenföringen (13,6 m³/s) år 1976 och den högsta (65,8 m³/s) år 1999.



Figur 6. Årsmedelvattenföring i Vätterns utlopp vid Motala ström (SMHI:s station 1950) för åren 1960-2018 (staplar) samt medelvärde för perioden 1960-2017 (heldragen linje).

Jämfört med medelvärden för perioden 1960-2017 var månadsmedelvattenföringen år 2018 lägre, dessutom minskande, under större delen av året (Figur 7). I februari, mars och april var dock vattenföringen högre än långtidsmedelvärdet. Medelvattenföringen varierade mellan 67,5 m³/s i mars och 11,7 m³/s i december (Figur 7).



Figur 7. Månadsmedelvattenföring i Vätterns utlopp vid Motala ström (SMHI:s station 1950) år 2018 (staplar) samt månadsmedelvärden för perioden 1960-2017 (heldragen linje). Streckade linjer avser minimum- respektive maximumvärden för åren 1960-2017.

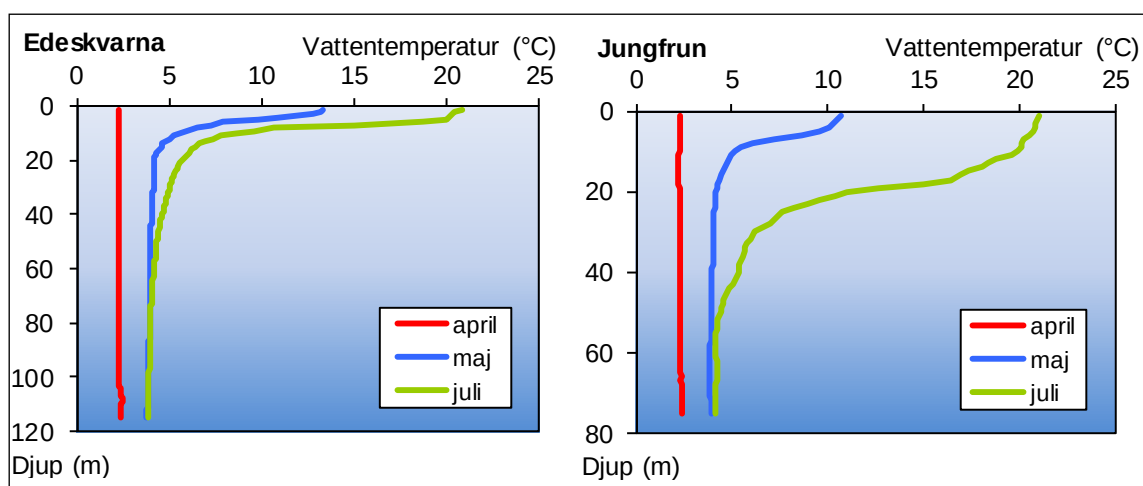
Att vattenföringen var mindre än vanligt förklaras delvis av att nederbördsmängderna var under de normala under större delen av året (Figur 3).

Temperatur

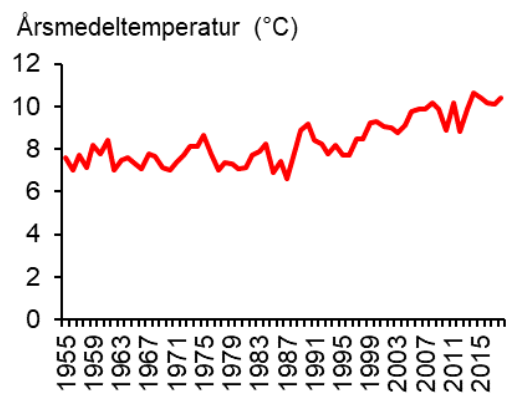
År 2018 var medeltemperaturen vid SMHI:s väderstation på Visingsö (8405) 8,2 °C, vilket var 1,6 °C varmare än normalvärdet för perioden 1961-1990 (6,6 °C). Alla månader utom februari och mars var mildare än vanligt. Särskilt mildt var det i januari, maj och juli med cirka 3-5 °C högre medeltemperaturer än normalt.

Vattentemperaturen vid de båda stationerna i Vättern vid Edeskvarna och Jungfrun varierade under säsongen (Figur 8). I slutet av april var temperaturen i det närmaste identisk på en meters djup jämfört med 115 respektive 75 meters djup, varför vattenmassan cirkulerade. I slutet av maj hade det ytliga vattnet börjat värmas upp jämfört med det djupare, och ett temperatursprångskikt (termoklin) förekom på 3-6 respektive 6-8 meters djup. I slutet av juli låg språngskiktet vid Edeskvarna på 6-9 meter och vid Jungfrun på 17-20 meter. Vid provtagningen i början av september upprättades inga temperaturprofiler, varför det endast finns värden från de nivåer där vattenprover togs.

Vid råvattenintagen till Motala, Vadstena respektive Råsnäs vattenverk, har det gjorts dagliga mätningar av vattentemperaturen. Under den dryga 60-årsperioden 1955-2018 syns en svagt ökande årsmedeltemperatur och jämfört med 2018 års värde (10,4 °C) har temperaturen bara varit högre åren 2014 och 2015 (Figur 9). Det högsta medelvärdet (10,6 °C) noterades år 2014. Ökningen var statistiskt signifikant, oftast på trestjärnig nivå ($p < 0,001$), hela perioden 1955-2018 till och med 2003-2018.



Figur 8. Temperaturprofiler från 2018 års provtagningar vid stationerna Edeskvarna (1) och Jungfrun (2).



Figur 9. Årsmedeltemperatur vid råvattenintagen till Motala (1955-01-01--1997-12-31), Vadstena (1998-01-01--1999-06-24), Råsnäs (1999-06-25--2012-12-31) och Vadstena (2013-01-01--2018-12-31) vattenverk (fem meters djup).

Vattenkvalitet i Vätterns tillflöden och utlopp

Ann-Charlotte Norborg Carlsson, SYNLAB

Sammanfattning

År 2018 uppmättes extremt hög respektive mycket hög medelhalt av näringsämnet fosfor i de starkt jordbrukspåverkade vattendragen Ålebäcken och Lillån (Bankeryd). Tidigare år förekom ofta mycket höga fosforhalter även i Malmabäcken och Röttleån. I de fyra nämnda vattendragen klassades även näringsstatusen som otillfredsställande (2016-2018).

Lillån och Ålebäcken var de enda stationerna med extremt höga medelhalter av kväve år 2018. Mycket höga kvävehalter förekom i Mjölnaån, Röttleån, Munksjöns utlopp, Huskvarnaån, Malmabäcken, Hjoån och Orrnäsaån. I Lillån, Munksjöns utlopp och Huskvarnaån bidrar utsläpp från reningsverk i Bankeryd, Jönköping (Simsholmen) respektive Huskvarna till främst haltförhöjningen av kväve.

Avloppsvatten från reningsverk innehåller ofta höga halter av ammoniumkväve. Ammonium kan omvandlas till ammoniak, som båda är giftiga för fisk och dessutom syreförbrukande. Årsmedelhalterna av ammoniakkväve gav sämre än god status i Lillån, Ålebäcken och Munksjöns utlopp (i Lillån överskred även flera enskilda värden gränsen för god status).

Trots huvudsakligen måttligt höga till höga halter av syreförbrukande organiskt material (analyserat som TOC) i alla tillflöden förekom ingen syrebrist år 2018. Som lägst noterades svagt syretillstånd i Lillån och Orrnäsaån samt måttligt syrerikt tillstånd i Huskvarnaån, Malmabäcken och Domneån, medan det var syrerikt i övrigt.

Medelhalterna av metaller var oftast mycket låga eller låga år 2018. I Kärrafjärdens utlopp uppmättes dock höga medelhalter av zink och bly till följd av verksamheten vid Zinkgruvan. Även i Alsens utlopp förekom strax över gränsen till måttligt hög medelhalt av zink och tillfälligt måttligt höga blyhalter. I Malmabäcken noterades måttligt hög medelhalt av koppar samt tillfälligt måttligt höga zinkhalter. Årsmedelvärdena för zink (biotillgänglig halt) och arsenik överskred gränsen för god status i Kärrafjärdens utlopp.



Figur 10. Vattenprovtagning med käpphämtare (foto: SYNLAB)

Vid studier av tidsserier för 2000-talet var den statistiskt mest signifikanta trenden för organiskt material (TOC) minskande årsmedelhalter i Röttleån och Hjoån (från måttligt höga till på gränsen mellan låga och måttligt höga halter respektive från höga till måttligt höga halter). Även Vätterns utlopp, Motala ström, uppvisar minskade TOC-halter (inom klassen låga halter), liksom Huskvarnaån (från höga till måttligt höga halter) och Kärrafjärdens utlopp (från måttligt höga till låga halter). Den enda statistiskt säkra ökande trenden gäller Mjölnaån, där TOC-halterna ökade från måttligt höga till höga.

Statistiskt signifikant minskande trender för årsmedelhalter av fosfor under 2000-talet gällde Ålebäcken, Röttleån och Malmabäcken samt utloppen ur Kärrafjärden och Alsen. I Malmabäcken minskade fosforhalterna från extremt höga till höga, i Röttleån från mycket höga till höga och i Kärrafjärdens utlopp från måttligt höga till låga, medan de i Ålebäcken och Alsens utlopp bedömdes som fortsatt extremt höga respektive oftast måttligt höga. I Malmabäcken och Kärrafjärdens utlopp var 2018 års medelhalter de lägsta under 2000-talet. De statistiskt mest säkra ökande trenderna förekom i Munksjöns utlopp och Hjoån, där fosformedelhalterna var höga vid 2000-talets början, men minskade till måttligt höga vid 2000-talets mitt, för att därefter åter öka till höga halter.

De mest signifikanta minskande trenderna för totalkväve under 2000-talet noterades för utloppen av Kärrafjärden och Alsen, där medelhalterna minskade från höga till måttligt höga respektive från höga till på gränsen mellan höga och måttligt höga. Trenderna mot ökande kvävehalter var tydligast i Hjoån och Lillån (Bankeryd), där de var mycket höga respektive höga i början och slutet av 2000-talet, men höga respektive måttligt höga däremellan.

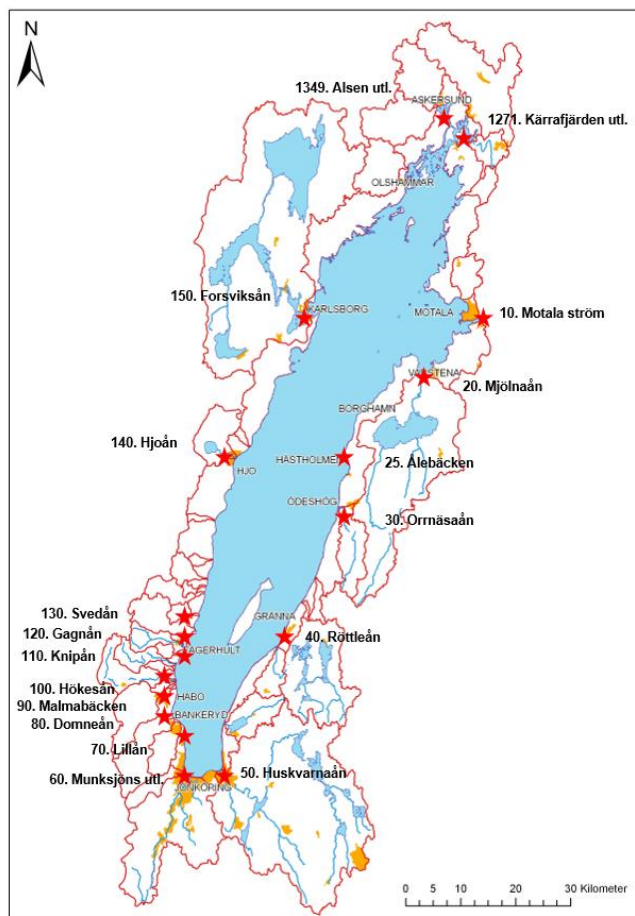
För cirka hälften av stationerna syns signifikant minskande medelhalter av ammoniumkväve under 2000-talet, men tydligast i Hökesån och Knipån. Minskande ammoniumkvävehalter kan bland annat bero på minskade

utsläpp från reningsverk eller minskad gödselanvändning. I Hökesån klassades medelhalterna av ammoniumkväve som höga i början av 2000-talet, men minskade därefter drastiskt till låga eller mycket låga halter på grund av att utsläppspunkten för Habo reningsverk flyttades till en våtmark med avrinning direkt till Vättern. I Knipån, liksom vid flertalet övriga provplatser, var medelhalterna av ammoniumkväve mycket låga eller låga under hela 2000-talet. Måttligt höga medelhalter förekom främst i Huskvarnaån, Mjölnaån och Ålebäcken. I Munksjöns utlopp klassades medelhalterna av ammoniumkväve oftast som höga, men 2018 års halt var måttligt hög och den lägsta noterade under 2000-talet. Även i Munksjöns utlopp och Huskvarnaån bidrar utsläpp från reningsverk till förhöjda halter av ammoniumkväve, medan det i Mjölnaån och Ålebäcken troligen främst handlar om tillskott från gödsel.

De statistiskt mest säkra minskande trenderna avseende metaller under 2000-talet gäller Malmabäcken (koppar och nickel), Kärrafjärdens utlopp (koppar och krom), Motala ström (arsenik och zink), Lillån vid Bankeryd (koppar) samt Huskvarnaån (bly). I Malmabäcken minskade årsmedelhalterna av koppar från höga till måttligt höga, medan nickelhalterna hela tiden klassades som låga. I Kärrafjärdens utlopp var kopparhalterna hela tiden låga, medan kromhalterna minskade från låga till mycket låga halter. I Motala ström var halterna av arsenik och zink oftast mycket låga. Kopparhalterna i Lillån minskade från måttligt höga till låga, medan blyhalterna i Huskvarnaån bedömdes som låga under hela 2000-talet. I sex fall var 2018 års medelhalter de lägsta noterade under 2000-talet. Ökande halter syns främst för nickel i Huskvarnaån och Kärrafjärdens utlopp, men medelhalterna var som mest låga. De högsta metallhalterna noterades i Kärrafjärdens utlopp, där halterna av zink och bly oftast varit höga beroende på nuvarande och tidigare verksamhet vid Zinkgruvan Mining.

Inledning

På uppdrag av Vätternvårdsförbundet utförde SYNLAB i samarbete med Medins Havs- och Vattenkonsulter AB 2018 års fysikalisk-kemiska vattenundersökningar vid 17 stationer i tillflöden till Vättern samt vid en station i utloppet, Motala ström (Figur 11). Vid utloppet samt hälften av stationerna i tillflöden påbörjades undersökningarna redan år 1966/1967 och har pågått sedan dess. Vid stationerna i Ornäsaån, Hökesån och Hjoån gjordes dock ingen provtagning under perioden 1979-1985. Tidsserierna för övriga stationer har oftast startår 1986 eller 1996, medan en station (Ålebäcken) började undersökas så sent som 2000.



Figur 11. Karta över Vätterns avrinningsområde med de 17 stationerna i tillföden till Vättern samt stationen i utloppet vid Motala ström.

Metodik

Vid utloppet och flertalet provplatser i tillflödena togs vattenproverna av personal från Länsstyrelsen i Jönköpings län. I Lillån (Bankeryd) och Malmabäcken utfördes provtagningen av provtagare från Calluna AB, medan proverna från utloppen av Alsen och Kärrafjärden togs av provtagare från Medins Havs- och Vattenkonsulter AB. Vattentemperatur, syrgashalt och -mättnad mättes i fält med elektrod, medan övriga analyser huvudsakligen utfördes vid SYNLAB. Kvikksilver analyserades vid IVL Svenska Miljöinstitutet AB och vissa andra metaller vid ALS Scandinavia AB. Prover från Lillån och Malmabäcken analyserades vid Eurofins AB, medan analys av prover från de nationella referensvattendragen Svedån och Domneån gjordes vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU).

För tidsseriestudier hämtades data från Institutionen för vatten och miljö, SLU, som är datavärd (www.slu.se/vatten-miljo). För organiskt material (analyserat som TOC), totalfosfor, totalkväve och kvävefraktioner (ammoniumkväve, nitrit- och nitratkväve samt organiskt kväve) beräknades årsvisa min-, medel- och maxvärden som sammanställdes i diagram för

varje station. För stationer där metaller analyserats, beräknades min-, medel- och maxvärden för arsenik, bly, kadmium, koppar, krom, kvicksilver, nickel och zink. Statistisk analys av tidsserier gjordes med Mann-Kendall-test.

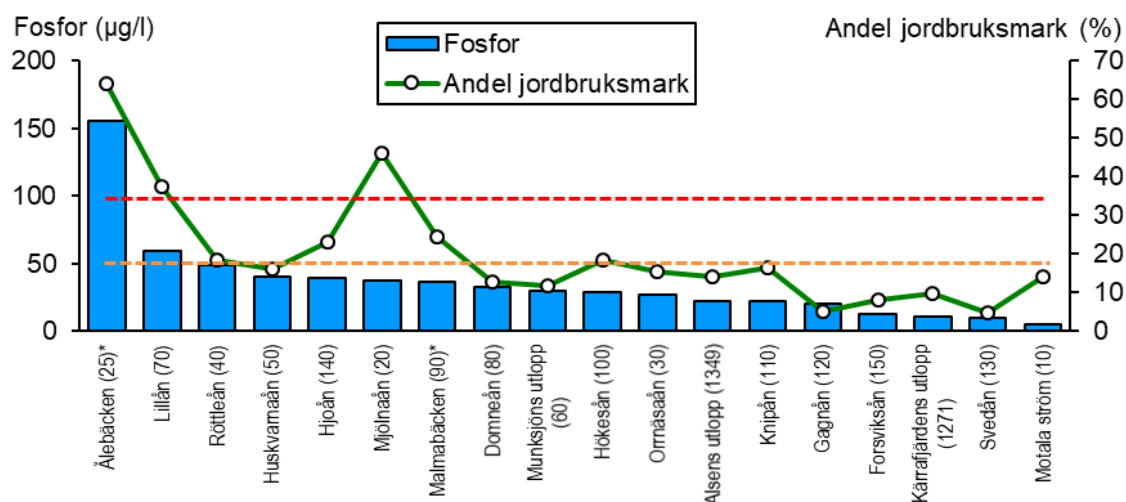
I prover från stationer där analys skett vid SLU, utfördes analys av Kjeldahlkväve t.o.m. mars 2004. Analys av totalkväve (persulfatmetoden) påbörjades i juli 1987. För perioden från tidsseriernas startår t.o.m. mars 2004 beräknades därför totalkvävehalten som summan av halten Kjeldahlkväve (organiskt kväve+ammoniumkväve) och nitrit-+nitratkvävehalten. För perioden juli 1987 t.o.m. mars 2004 beräknades förhållandet mellan totalkvävehalten beräknad som summan av Kjeldahlkväve och nitrit-+nitratkväve samt parallella analyser av totalkväve (persulfatmetoden) som en faktor för varje station (medelvärde 1,05-1,11). För perioden april 2004 t.o.m. 2018 beräknades totalkvävehalten som totalkvävehalten (persulfatmetoden) multiplicerad med denna faktor. Halten organiskt material analyserades som permanganattal (KMnO_4) t.o.m. år 2000. Under perioden 1996 (oftast fr.o.m. april) t.o.m. 2000 gjordes parallella analyser av permanganattal och totalt organiskt kol (TOC). Sedan år 2001 analyseras endast TOC. Permanganattalet dividerat med 3,95 ger halten COD_{Mn} som ungefär motsvarar TOC-halten. För en bättre överensstämmelse beräknades förhållandet mellan TOC och COD_{Mn} under perioden 1996-2000 som en faktor för varje station (medelvärde 0,72-1,09). För år före 1996 beräknades TOC som COD_{Mn} gånger denna faktor.

Resultaten från 2018 års undersökning utvärderades i enlighet med Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (Rapport 4913, 1999). Dessutom gjordes statusklassning av kvalitetsfaktorn ”Näringsämnen i vattendrag” för treårsperioden 2016-2018 i enlighet med Havs- och Vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2013:19). Fosfor och kväve i vattendrag klassas enligt bedömningsgrunderna från 1999 utifrån så kallade arealspecifika förluster (se kapitlet ”Ämnestransporter och arealspecifika förluster”), men för överskådlighetens skull bedöms nedan även halter. Bedömning av halterna av metallerna arsenik, bly, kadmium, koppar, krom, kvicksilver, nickel och zink gjordes även i enlighet med Havs- och Vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2015:4). För bly samt koppar, nickel och zink beräknades biotillgängliga halter via ”Bio-met Bioavailability Tool” (version 4.0). Vid beräkningarna, som här avser ofiltrerade prov, sattes DOC lika med TOC och bakgrundshalten av zink sattes till 2,0 µg/l, vilket var 2018 års medelhalt i Vätterns utlopp vid Motala ström.

Resultat och diskussion

TILLSTÅNDSBEDÖMNING OCH STATUSKLASSNING ÅR 2018

År 2018 uppmättes extremt hög medelhalt av näringsämnet fosfor i Ålebäcken (Figur 12), vilket var fallet även åren 2010-2017. Ålebäcken avvattnar jordbruksområden söder om Tåkern. I Ålebäckens avrinningsområde är andelen jordbruksmark troligen 60-70 % (området finns inte som egen



Figur 12. Årsmedelhalter för fosfor samt andel jordbruksmark i respektive avrinningsområde vid de 17 stationerna i tillflöden till Vättern samt stationen i utloppet vid Motala ström år 2018 sorterade efter minskande fosforhalt. Orange, streckad linje anger gränsen mellan höga och mycket höga fosforhalter. Röd, streckad linje markerar övergången till extremt höga fosforhalter. Bedömningar enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (Rapport 4913, 1999). Asterisk (*) anger att avrinningsområdet inte finns som egen vattenförekomst i SMHI:s Vattenwebb, varför uppgiften om andelen jordbruksmark avser ett något större område.

vattenförekomst i SMHI:s Vattenwebb). Mycket hög årsmedelhalt av fosfor noterades i år endast i Lillån vid Bankeryd (Figur 12), vilket tidigare är ofta även gällt Malmabäcken och Röttleån. Även dessa vattendrag är kraftigt påverkade av jordbruk. Lillåns avrinningsområde omfattar 38 % jordbruksmark och Lillån tillförs även avloppsvatten från reningsverket i Bankeryd. Flera tidigare år har även Mjölneån (45 % jordbruksmark) haft mycket höga årsmedelhalter av fosfor, men under treårsperioden 2016-2018 klassades de som höga. I flertalet övriga vattendrag uppmättes höga eller måttligt höga medelhalter av fosfor år 2018.

I Kärrafjärdens utlopp, Svedån (nationellt referensvattendrag) och Vätterns utlopp, Motala ström, klassades emellertid fosforhalterna som låga (Figur 12). Detta förklaras av att både Kärrafjärdens utlopp och Svedån har relativt små andelar jordbruksmark i avrinningsområdet (10 respektive 5 %). Svedån har dessutom ovanligt stor andel skogsmark (88 %). I Motala ström har vattnet passerat Vättern, där lång uppehållstid (ca 60 år) ger goda möjligheter till "självrening" av fosfor genom sedimentation och nedbrytning.

Samma resonemang kan gälla för Forsviksån, som har den klart största andelen sjö i avrinningsområdet (21 %) av de undersökta tillflödena, eftersom vattnet passerar sjön Viken. I Mjölneån, som har den näst högsta andelen jordbruksmark bland tillflödena (46 %), var fosforhalten förvånansvärt låg (Figur 12), vilket åtminstone delvis kan förklaras av den relativt höga andelen sjö (11 %).

Statusklassning av kvalitetsfaktorn "Näringsämnen i vattendrag" för treårsperioden 2016-2018 gav hög status för Mjölneån, Orrnäsaån, Svedån, Forsviksån och utloppen ur Alsen och Kärrafjärden samt Vätterns

utlopp, Motala ström (tabell 1). God näringsstatus noterades för Munksjöns utlopp, Domneån, Hökesån, Knipån och Gagnån. Huskvarnaån och Hjoån hade måttlig status. De kraftigt jordbrukspåverkade vattendragen, Ålebäcken, Röttleån, Lillån (Bankeryd) och Malmabäcken bedömdes ha otillfredsställande näringsstatus (tabell 1). Jämfört med närmast föregående treårsperiod (2015-2017) var statusen en klass bättre i Mjölnaån (från god till hög) och en klass sämre i Hjoån (från god till måttlig).

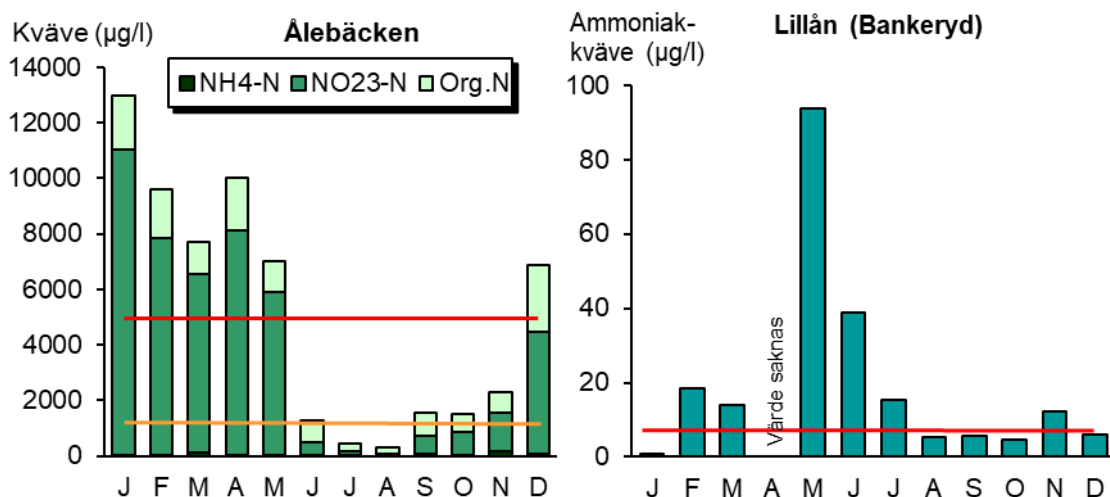
Tabell 1. Klassning av kvalitetsfaktorn "Näringsämnen i vattendrag" i enlighet med Havs- och Vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2013:19) för de 17 stationerna i tillflöden till Vättern samt stationen i utloppet vid Motala ström (treårsmedelvärde 2016-2018). Koordinater är angivna i RT90, 2,5 gon V. Inom parentes står status utan hänsyn till andelen jordbruksmark i de fall denna ändrats jämfört med statusen beräknad utan hänsyn till andelen jordbruksmark.

Provtagningsplats	X-koordinat	X-koordinat	Näringsstatus
20. Mjölnaån	6479170	1444800	Hög (måttlig)
25. Ålebäcken	6463350	1431840	Otillfredsställande (dålig)*
30. Orrnäsaån	6456250	1431050	Hög (god)
40. Röttleån	6430920	1418750	Otillfredsställande
50. Huskvarnaån	6408810	1408420	Måttlig
60. Munksjöns utlopp	6407500	1402300	God
70. Lillån	6417320	1400960	Otillfredsställande
80. Domneån	6418270	1399900	God
90. Malmabäcken	6422600	1400400	Otillfredsställande*
100. Hökesån	6422600	1398760	God
110. Knipån	6425170	1398950	God
120. Gagnån	6431670	1401190	God
130. Svedån	6434510	1401750	Hög
140. Hjoån	6465460	1411000	Måttlig (otillfredsställande)
150. Forsviksån	6495900	1420250	Hög
1349. Alsens utlopp	6525900	1450050	Hög (god)
1271. Kärrefjärdens utlopp	6524700	1451700	Hög
10. Motala ström	6490320	1455630	Hög

* Uppgift om andelen jordbruksmark avser ett något större område, varför statusklassningen är osäker.

Liksom förra året var Lillån (Bankeryd) och Ålebäcken de enda stationerna med extremt höga medelhalter av kväve år 2018. Förutom jordbruk påverkas Lillån av utsläpp från Bankeryds reningsverk. Mycket höga medelhalter av kväve förekom i Mjölnaån, Röttleån, Munksjöns utlopp, Huskvarnaån, Malmabäcken, Hjoån och Orrnäsaån. Ålebäcken och Lillån hade även extremt hög respektive mycket hög medelhalt av fosfor främst på grund av jordbrukspåverkan (Figur 12). Samtliga provplatser med mycket höga kvävehalter hade höga fosforhalter.

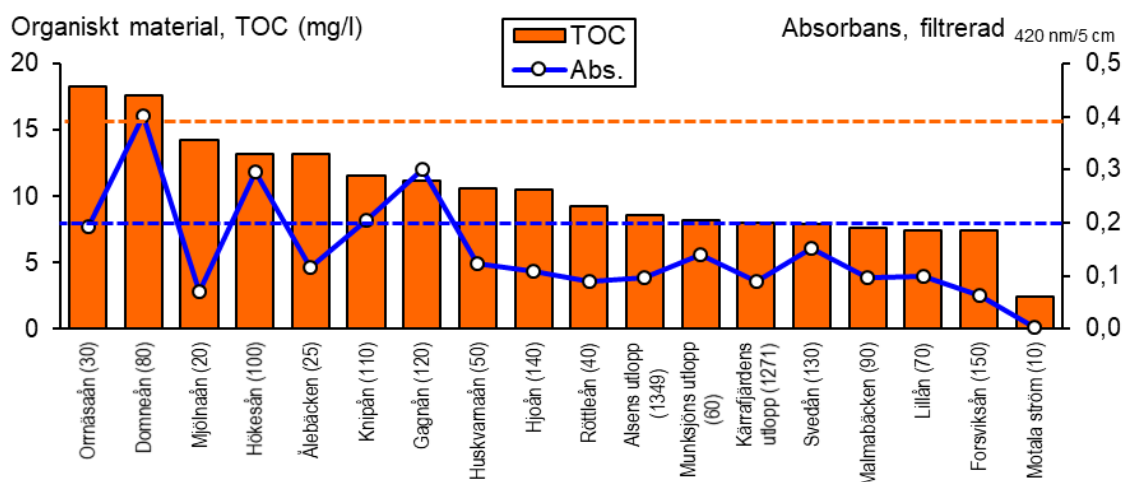
Till de mycket höga kvävehalterna i Munksjöns utlopp bidrar utsläpp från det kommunala reningsverket i Jönköping. Övriga vattendrag med mycket höga kvävehalter, Mjölnaån, Röttleån, Huskvarnaån, Malmabäcken, Hjoån och Orrnäsaån, påverkas förutom av jordbruk troligen av dagvatten i främst de nedre delarna, och Huskvarnaån även av utsläpp från Huskvarna reningsverk. Övriga stationer hade höga eller måttligt höga



Figur 13. Vänster diagram: Halter av olika kvävefraktioner i Ålebäcken år 2018 (NH4-N = ammoniumkväve, NO23-N = nitrit- + nitratkväve, Org.N = organiskt bundet kväve). Orange linje anger gränsen mellan höga och mycket höga kvävehalter. Över röd linje är kvävehalterna extremt höga vid bedömning enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (Rapport 4913, 1999). Höger diagram: Halter av ammoniakkväve i Lillån vid Bankeryd år 2018. Röd linje anger gränsen för god status som maximalt enskilt värde enligt Havs- och Vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2015:4).

kvävehalter (Svedån strax under gränsen till låga). I de mest jordbrukspåverkade vattendragen fanns en tydlig säsongsvariation med lägre halter av främst nitrat- och nitritkväve under sommarhalvåret (se exemplet Ålebäcken i Figur 13). Den viktigaste orsaken torde vara större upptag i vegetation under sommaren. Även gödselspridning kan bidra till förhöjda halter.

Avloppsvatten från reningsverk innehåller ofta höga halter av ammoniumkväve. Enligt ”Bedömningsgrunder för svenska ytvatten” (Statens Naturvårdsverk, Publikationer 1969:1) är gränsvärdet för känsliga fiskar, t.ex. öring, 200 µg/l och för fisk i allmänhet, t.ex. abborre och gädda, 1500 µg/l. År 2018 noterades halter över 1500 µg/l endast i Lillån, som påverkas av reningsverket i Bankeryd. Halter över 200 µg/l förekom år 2018 i Domneån (mars), Ålebäcken (februari, mars och december) och Gagnån (mars, augusti, september, oktober och december) samt i Huskvarnaån (mars, juni, augusti, oktober och november) och vid flertalet provtillfällen i Munksjöns utlopp (nedströms reningsverken i Huskvarna respektive Jönköping). I jordbruksbygd kan även gödsling ge förhöjda halter av ammoniumkväve, vilket Ålebäcken är ett exempel på. I Hjoån och Forsviksån, vilka är särskilt intressanta ur fiskesynpunkt, uppmättes inga halter över 200 µg/l. Ammonium kan under vissa betingelser omvandlas till ammoniak. Både ammonium och ammoniak är giftigt för fisk och dessutom syreförbrukande. Vid bedömning av ammoniakkväve i enlighet med Havs- och Vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2015:4) överskreds gränsen för god status både som årsmedelvärde (1 µg/l) och maximalt enskilt värde (6,8 µg/l) i Lillån vid Bankeryd (årsmedelvärde: 20 µg/l, maximalt enskilt värde: 12-94 µg/l, Figur 13). I Ålebäcken och Munksjöns utlopp överskreds gränsen för god status som årsmedelvärde (i båda fallen 1,1 µg/l).



Figur 14. Årsmedelvärden för halter av organiskt material (analyserat som TOC) samt vattenfärg (mätt som absorbans) vid de 17 stationerna i tillflöden till Vättern samt stationen i utloppet vid Motala ström år 2018 sorterade efter minskande TOC-halt. Orange, streckad linje anger gränsen mellan höga och mycket höga halter av organiskt material. Blå, streckad linje markerar övergången mellan betydligt och starkt färgat vatten. Bedömningar enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (Rapport 4913, 1999).

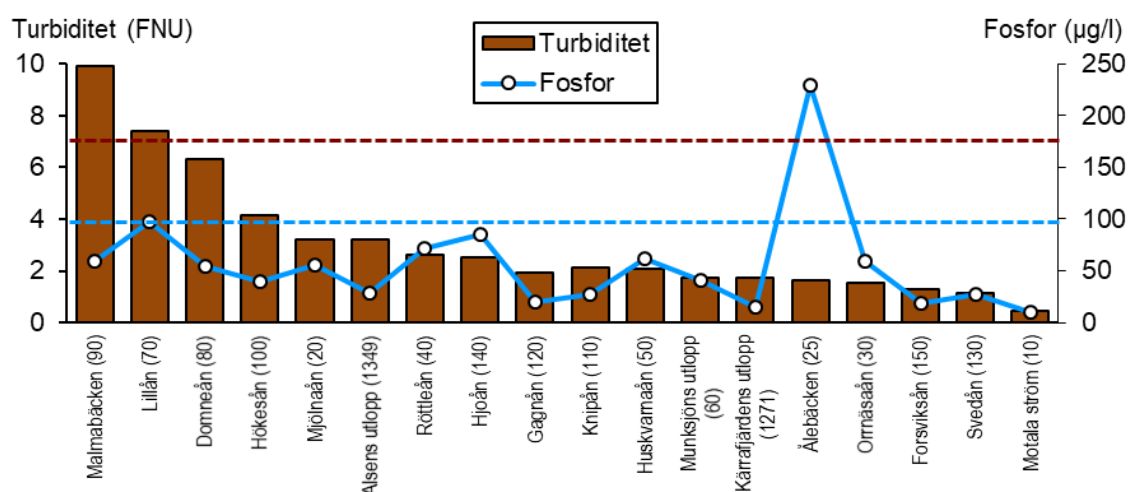
Halten av organiskt material analyseras här som TOC (totalt organiskt kol). I vattendrag utgörs det organiska materialet främst av humus som härrör från nedbrytningsprocesser i omgivande mark. Under år 2018 var TOC-halterna allra högst i Orrnäsaån och Domneån, där medelhalterna bedömdes som mycket höga (Figur 14). Domneån är det av vattendragen med den största andelen sankmark i avrinningsområdet (14 % enligt SMHI:s Vattenwebb), vilket även förklarar det starkt färgade vattnet vid denna provplats (Figur 14). Däremot har Orrnäsaån bara cirka en procent sankmark i avrinningsområdet, varför förklaringen till de mycket höga halterna av organiskt material i dessa vattendrag måste vara en annan. I Mjölneån, Hökesån och Ålebäcken uppmättes höga medelhalter av TOC (Figur 14). Med ett undantag uppmättes måttligt höga eller låga halter av organiskt material i samtliga övriga vattendrag. I Vätterns utlopp, Motala ström, var alla TOC-halter under året mycket låga beroende på ”självrening” genom sedimentation och nedbrytning i Vättern med dess cirka 60 år långa uppehållstid. Vid nedbrytning av organiskt material åtgår syre, men år 2018 påvisades ingen syrebrist. Som lägst noterades svagt syretillstånd i Lillån (Bankeryd) i juni och juli samt på gränsen mellan svagt och måttligt syrerikt tillstånd i Orrnäsaån i november. I Huskvarnaån, Malmbäcken och Domneån rådde måttligt syrerikt tillstånd, medan det var syrerikt i övrigt.

Som medianvärde för år 2018 hade samtliga stationer mycket god buffertkapacitet (motståndskraft mot försurning, analyserad som alkalinitet) och pH-värdena påvisade nära neutralt, eller i fallet Domneån svagt surt, vatten. Inga surstötter noterades under året. Kalkning sker i de övre delarna av några avrinningsområden på främst Vätterns västra sida.

Ljusförhållanden påverkar livsbetingelserna direkt för många organismer. Förekomsten av löst och partikulärt material påverkar också den

biologiska tillgängligheten av till exempel metaller. Ljusförhållanden kan mätas med flera olika metoder. Färgtal är främst ett mått på vattnets innehåll av humus och järn. Vattenfärg har historiskt oftast mätts visuellt i en så kallad färgkomparator, men det blir allt vanligare att den istället mäts som absorbans i en fotometer vid 420 nm våglängd i en 5 cm kyvett på filtrerat vatten, eftersom den metoden har större precision. Starkt färgat vatten förekom i Domneån (Figur 14), vilket står i överensstämmelse med att andelen sankmark i Domneåns avrinningsområde är jämförelsevis hög (14 % enligt SMHI:s Vattenwebb). Även i Gagnån, Hökesån och Knipån klassades emellertid vattnet som starkt färgat (Figur 14), trots att andelarna sankmark i dessa avrinningsområden bara är en eller ett par procent. Gemensamt för dessa avrinningsområden är stor andel skogsmark (cirka 70-90 %) och liten andel sjöar (cirka 1-2 %), vilket ger stor tillförsel av humusämnen och dåliga förutsättningar för "självrening" genom sedimentation och nedbrytning. Med ett undantag hade alla övriga provplatser betydligt eller måttligt färgat vatten. I Vätterns utlopp, Motala ström, bedömdes vattnet som ej eller obetydligt färgat (Figur 14).

Turbiditeten, eller grumligheten, är ett mått på vattnets innehåll av partiklar. I rinnande naturvatten orsakas grumlingen främst av oorganiska partiklar, till exempel lera, där den största källan är erosion. I sjöar är det oftast organiska partiklar, till exempel alger, som bidrar till grumligheten. Turbiditeten mäts som ljusspridning i en turbidimeter. Starkt grumligt vatten noterades endast i Malmabäcken och Lillån (Figur 15). Särskilt Lillån tillhörde även vattendragen med de högsta fosforhalterna (Figur 12 och Figur 15), vilket påvisar att grumlingen orsakades av erosion från jordbruksmark. Av okänd anledning var dock vattnet i Ålebäcken endast måttligt grumligt trots extremt hög fosforhalt (Figur 15). Med ett undantag hade samtliga övriga stationer betydligt eller måttligt grumligt vatten. I Vätterns utlopp, Motala ström, klassades vattnet som ej eller obetydligt grumligt främst på grund av "självrening" genom sedimentation i Vättern.



Figur 15. Årsmedelvärden för turbiditet samt fosforhalter vid de 17 stationerna i tillflöden till Vättern samt stationen i utloppet vid Motala ström år 2018 sorterade efter minskande turbiditet. Brun, streckad linje anger gränsen mellan betydligt och starkt grumligt vatten. Blå, streckad linje markerar övergången mellan mycket höga och extremt höga fosforhalter. Bedömningar enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (Rapport 4913, 1999).

Presentation av några tillflöden

Huskvarnaån

Huskvarnaåns avrinningsområde, som omfattar 662 km² (SMHI:s Vattenwebb, 2019-10-29), ligger inom Jönköpings och Nässjö kommuner. Huskvarnaån har sina källområden cirka tio kilometer söder om Nässjö och mynnar i Vättern inom Huskvarna tätort. Avrinningsområdet domineras av skog och myr (66 %), men i de större dalgångarna samt kring sjön Ylen finns en hel del jordbruksmark (16 %). Andelen vatten är 7 %. Flera av sjöarna och vattendragen är av riksintresse för naturvård (Ryssbysjön, Huluån, Stora Nätaren och Stensjön). Till Huskvarnaån sker utsläpp av syreförbrukande ämnen (organiskt material och ammonium), näringsämnen (fosfor och kväve) samt metaller från flera kommunala reningsverk. Ett visst utsläpp av metaller sker även från Huskvarna AB. Till detta kommer tillförsel från jordbruks- och skogsmark, enskilda avlopp och nedfall från luften samt dagvatten. Den ekologiska statusen i Huskvarnaån vid utloppet i Vättern är måttlig (VISS, 2019-10-29). Bedömningen baseras på att vattenförekomsten är påverkad av morfologiska förändringar, flödesförändringar och övergödning vilket bedöms ha effekt på vattenlevande organismers status och på vattenkvaliteten. Miljökvalitetsnormen är god ekologisk status år 2027.



Huskvarnaån vid Lekeryd (foto: SYNLAB).

Domneån

Domneåns avrinningsområde omfattar 66 km² (SMHI:s Vattenwebb, 2019-10-29) och berör Jönköpings och Habo kommuner. Domneån har sitt källområde vid Dumme mosse och mynnar i Vättern nordväst om Bankeryd. Domneån är meandrande och omges av trädbevuxna kärr och dalgången utfylls av mäktiga torvlager. I avrinningsområdet är andelen skog och myr 78 %, andelen jordbruk 13 % och andelen vatten endast 3 %. Till Domneån sker utsläpp från bland annat metallindustri. Till detta kommer tillförsel från jordbruks- och skogsmark, enskilda avlopp samt nedfall från luften. Domneån bedöms ha måttlig ekologisk status (VISS, 2018-10-29). Bedömningen baseras på att vattenförekomsten är påverkad av konnektivitetsförändringar

(vandringshinder) och flödesförändringar (reglering för produktion av vattenkraft), vilka bedöms ha effekt på vattenlevande organismers status. Miljökvalitetsnormen är god ekologisk status år 2021.



Domneån nära utloppet i Vättern (foto: SYNLAB).

Hökesån

Hökesåns avrinningsområde, som ligger i Habo kommun, är relativt vittförgrenat och omfattar 69 km² (SMHI:s Vattenwebb, 2019-10-29). Andelen skog och myr är 73 %, andelen jordbruksmark 18 % och andelen vatten endast 1 %. Hökesån är en av de större åarna kring Vättern som Vätterns sjölevande öringstammar utnyttjar som lek- och uppväxtområde. Till Hökesån skedde tidigare utsläpp från Habo reningsverk, men avloppsvattnet leds sedan 2000-talets mitt till en våtmark med avrinning direkt till Vättern. Utöver utsläpp från punktkällor tillkommer påverkan från skogs- och jordbruk, enskilda avlopp samt nedfall från luften. Den ekologiska statusen i Hökesån är måttlig (VISS, 2019-10-29). Bedömningen baseras på att vattenförekomsten är påverkad av konnektivitetsförändringar (vandringshinder). Miljökvalitetsnormen är god ekologisk status år 2021.



Hökesån vid Habo (foto: SYNLAB).

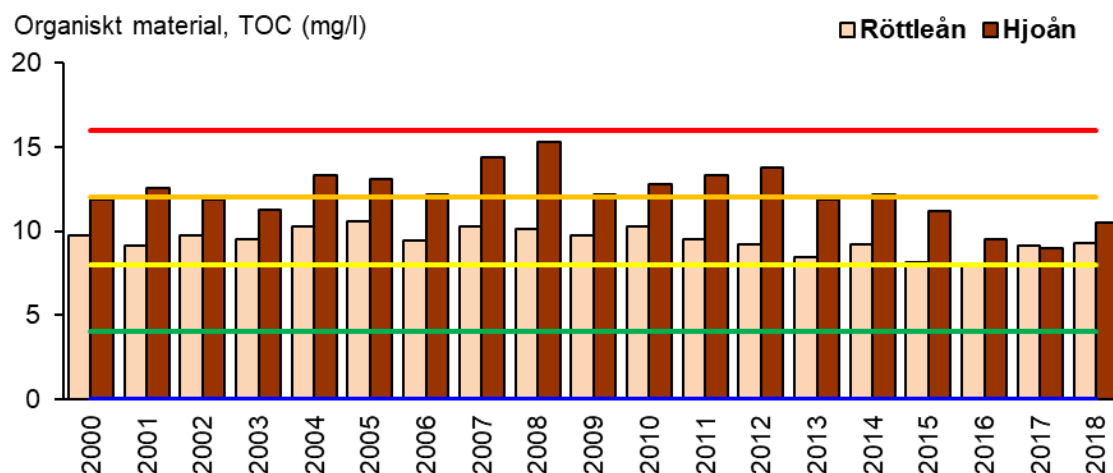
Metaller undersöks vid knappt hälften av stationerna. År 2018 var medelhalterna av arsenik, kadmium, krom och nickel mycket låga eller låga vid samtliga stationer vid bedömning enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (Rapport 4913, 1999). I Kärrafjärdens utlopp uppmättes emellertid höga medelhalter av bly och zink, vilket torde bero på nuvarande och tidigare verksamhet vid Zinkgruvan Mining AB i Askersunds kommun. I gruvan, som öppnades 1857, bryts zink, bly, koppar och silver. Även i Alsens utlopp förekom strax över gränsen till måttligt hög medelhalt av zink och tillfälligt måttligt höga blyhalter. I Malmabäcken noterades måttligt hög medelhalt av koppar samt tillfälligt måttligt höga zinkhalter.

Vid bedömning av metaller enligt Havs- och Vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2015:4) överskred årsmedelvärdena för arsenik gränsen för god status i Kärrafjärdens utlopp ($0,60 \mu\text{g/l}$ jämfört med gränsvärdet $0,50 \mu\text{g/l}$). Samma förhållande gällde årsmedelvärdet för zink i Kärrafjärdens utlopp ($22 \mu\text{g/l}$ jämfört med gränsvärdet $5,5 \mu\text{g/l}$, biotillgänglig halt). Medelhalterna av kadmium, krom och kvicksilver överskred inte gränsen för god status vid någon av provplatserna. Medelhalterna av bly, koppar och nickel överskred inte heller gränsen för god status (biotillgänglig halt) vid någon station. Det ska dock beaktas att bedömning enligt nämnda dokument avser den lösta metallfraktionen, d.v.s. halten i den fas som erhålls efter filtrering genom ett $0,45 \mu\text{m}$ filter. Aktuella prov är ofiltrerade, och avser totalhalter, varför halterna kan ha överskattats.

Tidsserier och trender

Tidsserierna för organiskt material (analyserat som TOC), totalfosfor, totalkväve, ammoniumkväve och metaller (årsmedelhalter) utvärderades statistiskt med Mann-Kendall-test, varvid statistiskt signifikanta trender på en- ($p < 0,05$), två- ($p < 0,01$) och trestjärnig ($p < 0,001$) nivå under 2000-talet erhöles.

För organiskt material (främst humus från omgivande mark) finns signifikant minskande trender för 14 provplatser. Tydligast var detta i Röttleån och Hjoån (Figur 16), där minskningen var på två-, eller enstaka år enstjärnig, nivå under hela perioden 2000-2018 till och med 2009-2018 respektive 2003-2018 till och med 2012-2018, då medelhalterna av TOC minskade från måttligt höga till på gränsen mellan låga och måttligt höga respektive från höga till måttligt höga halter (Figur 16). Också i Vätterns utlopp, Motala ström, minskade TOC-halterna på oftast tvåstjärnig nivå åren 2000-2018 till och med 2008-2018 inom klassen mycket låga halter. Statistiskt säkra trender mot minskande TOC-halter på tvåstjärnig nivå för mer än enstaka år finns även för Huskvarnaån (från höga till måttligt höga halter) och Kärrafjärdens utlopp (från måttligt höga till låga halter). I Mjölnån, Ålebäcken, Orrnäsaån, Malmabäcken, Hökesån, Knipån, Gagnån, Forsviksaån och Alsens utlopp minskade TOC-halterna på oftast enstjärnig nivå ett eller flera år under 2000-talet.

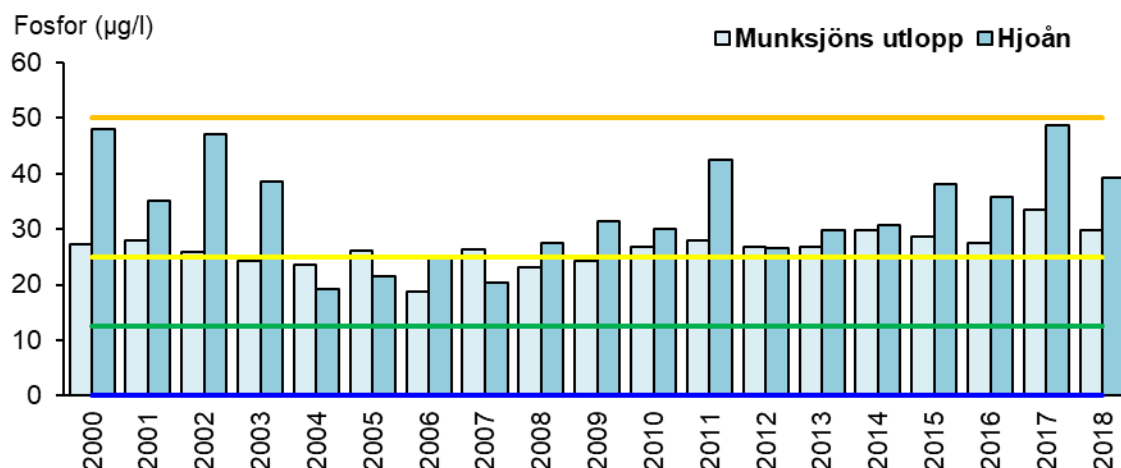


Figur 16. Årsmedelhalter av organiskt material (analyserat som TOC) i Röttleån (station 40) och Hjoån (station 140) under 2000-talet. Över blå linje är halten mycket låg, över grön linje låg, över gul linje måttligt hög, över orange linje hög och över röd linje mycket hög, Bedömningar enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (1999).

Den enda statistiskt säkerställda trenden mot ökande TOC-halter förekom i Mjölnaån åren 2011-2018 och 2012-2018, då medelhalterna ökade från måttligt höga till höga.

I Ålebäcken, Röttleån och Malmabäcken, som är några av de mest jordbrukspåverkade av tillflödena, är fosformedelhalterna signifikant minskande under 2000-talet. Signifikansen är starkast i Ålebäcken och Röttleån, där den var minskande på trestjärnig nivå för åren 2000-2018 respektive 2010-2018. I Ålebäcken var fosforhalten minskande på tvåstjärnig nivå för 2001-2018 och 2002-2018, vilket även gällde Röttleån för åren 2011-2018 och Malmabäcken för 2000-2018. Också i Kärrafjärdens utlopp minskade fosforhalterna på tvåstjärnig nivå under hela perioden 2004-2018 till och med 2008-2018. För de fyra nämnda stationerna samt Alsens utlopp finns även fosforhalter med enstjärnigt minskande signifikans för vissa år. I Malmabäcken minskade fosforhalterna från extremt höga till höga, i Röttleån från mycket höga till höga och i Kärrafjärdens utlopp från måttliga till låga, medan de i Ålebäcken bedömdes som fortsatt extremt höga. I Malmabäcken och Kärrafjärdens utlopp var 2018 års medelhalter de lägsta under 2000-talet.

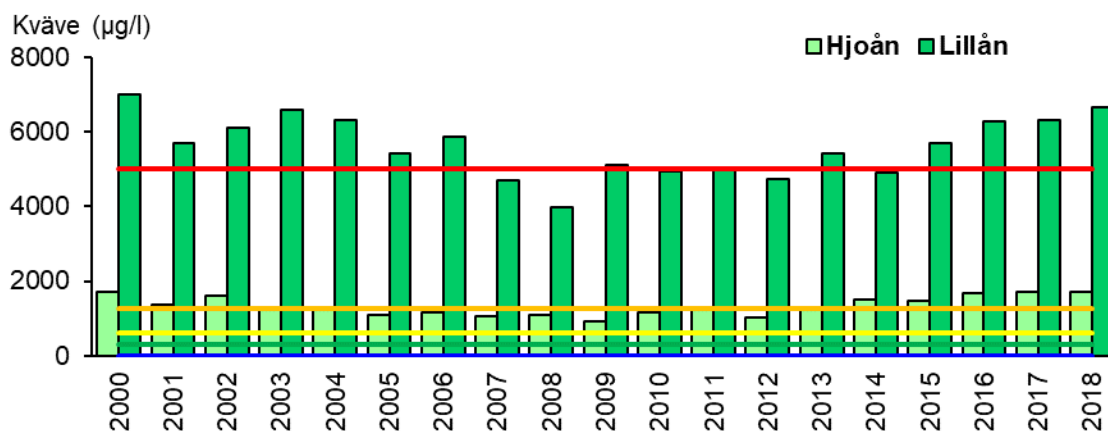
För fem provplatser, Munksjöns utlopp och Hjoån (Figur 17) samt Gagnån, Hökesån och Vätterns utlopp, Motala ström, finns statistiskt signifikant ökande trender för fosfor under 2000-talet på varierande tre-, två- och enstjärnig nivå. Ökning med tre- och tvåstjärnig signifikans förekom bara i Munksjöns utlopp och Hjoån (Figur 17). Vid dessa provplatser samt Hökesån var fosformedelhalterna höga vid 2000-talets början, men minskade till måttligt höga vid 2000-talets mitt, för att därefter åter öka till höga halter. I Gagnån ökade fosforhalterna huvudsakligen inom klassen måttligt höga halter och i Vätterns utlopp, Motala ström, var fosforhalterna låga under hela 2000-talet.



Figur 17. Årsmedelhalter av fosfor i Munksjöns utlopp (station 60) och Hjoån (station 140) på 2000-talet. Över blå linje är halten låg, över grön linje måttligt hög, över gul linje hög och över orange linje mycket hög. Gränsen för extremt hög halt är 100 µg/l, Bedömningar enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (1999).

För totalkväve finns statistiskt signifikant minskande trender under 2000-talet på en- eller tvåstjärnig nivå för sex stationer. Minskande medelhalter av kväve på tvåstjärnig nivå förekom i utloppen av Kärrafjärden och Alsen, där halterna minskade från höga till måttligt höga respektive från höga till på gränsen mellan höga och måttligt höga. Övriga fyra provplatser med minskande trender på enstjärnig nivå var Röttleån, Malmabäcken, Svedån och Forsviksån. I Hökesån halverades kvävehalterna mellan åren 2003 och 2004 beroende på att utsläppspunkten för det kommunala reningsverket i Habo flyttades till en våtmark med avrinning direkt till Vättern.

Statistiskt säkerställda ökande kvävehalter noterades för åtta provplatser, men tydligast i Hjoån (Figur 18), där ökningen var trestjärnigt signifikant för åren 2007-2018, och tvåstjärnigt signifikant under perioden 2004-2018 till och med 2011-2018. Ökning av kvävehalterna på tvåstjärnig nivå förekom även i Lillån vid Bankeryd (Figur 18) under perioden 2007-2018 till och med 2012-2018 samt enstaka år i Ornäsaån och Knipån.

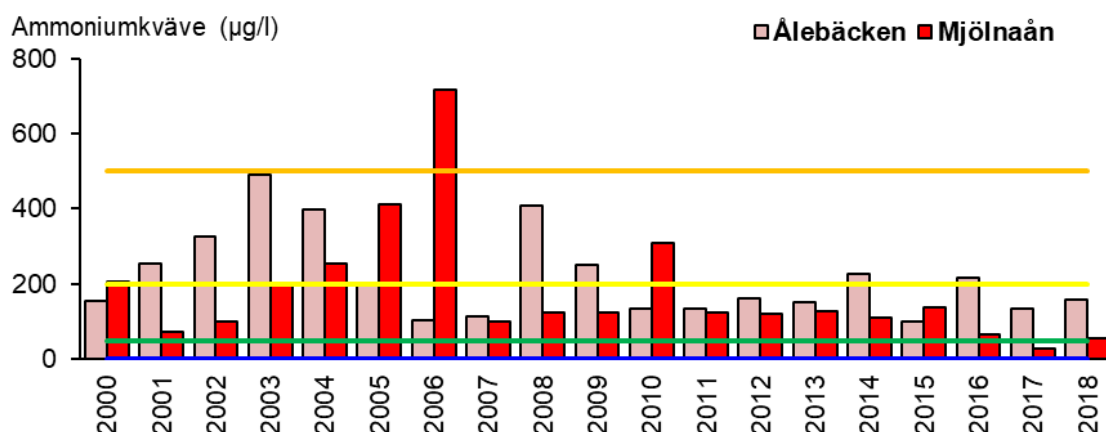


Figur 18. Årsmedelhalter av kväve i Hjoån (station 140) och Lillån (station 70) under 2000-talet. Över blå linje är halten låg, över grön linje måttligt hög, över gul linje hög, över orange linje mycket hög och över röd linje extremt hög, Bedömningar enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (1999).

I Hjoån bedömdes kvävehalterna som mycket höga vid tidsseriens början och slut, men höga däremellan (Figur 18), vilket följde samma mönster som för fosfor. Övriga fyra stationer med ökande trender på enstjärnig nivå var Huskvarnaån, Munksjöns utlopp, Hökesån och Gagnån.

För cirka hälften av de 15 stationer där ammoniumkväve analyseras finns statistiskt signifikant minskande trender under 2000-talet på en-, två- eller trestjärnig nivå. Stationerna med minskande halter av ammoniumkväve på trestjärnig nivå var Hökesån (2000-2018) och Knipån (2003-2018). I Hökesån klassades medelhalterna av ammoniumkväve som höga åren 2000-2003, men minskade därefter drastiskt till låga eller mycket låga halter på grund av att utsläppspunkten för Habo reningsverk flyttades till en våtmark med avrinning direkt till Vättern. I Knipån, liksom vid flertalet övriga provplatser, var medelhalterna av ammoniumkväve mycket låga eller låga under hela 2000-talet. I Huskvarnaån och Mjölnaån (Figur 19) bedömdes emellertid medelhalterna ibland som måttligt höga och enstaka år t.o.m. som höga. Även i Ålebäcken (Figur 19) bedömdes halterna av ammoniumkväve ofta som måttligt höga. I Munksjöns utlopp klassades medelhalterna av ammoniumkväve oftast som höga, men 2018 års halt var måttligt hög och den lägsta noterade under 2000-talet. Även i Munksjöns utlopp och Huskvarnaån bidrar utsläpp från reningsverk till förhöjda ammoniumkvävehalter, medan det i Mjölnaån och Ålebäcken troligen främst handlar om tillskott från gödsel. De enda stationer med statistiskt signifikant ökande halter av ammoniumkväve är Domneån (2014-2018) samt utloppen ur Alsen (2000-2018) och Vättern (2011-2018 och 2012-2018), men bara på enstjärnig nivå, och samtliga medelhalter var mycket låga till låga.

För tungmetaller, som analyseras i sju av tillflödena samt Vätterns utlopp, Motala ström, finns många signifikant minskande trender för årsmedelhalter av metaller under 2000-talet på en-, två- eller till och med trestjärnig

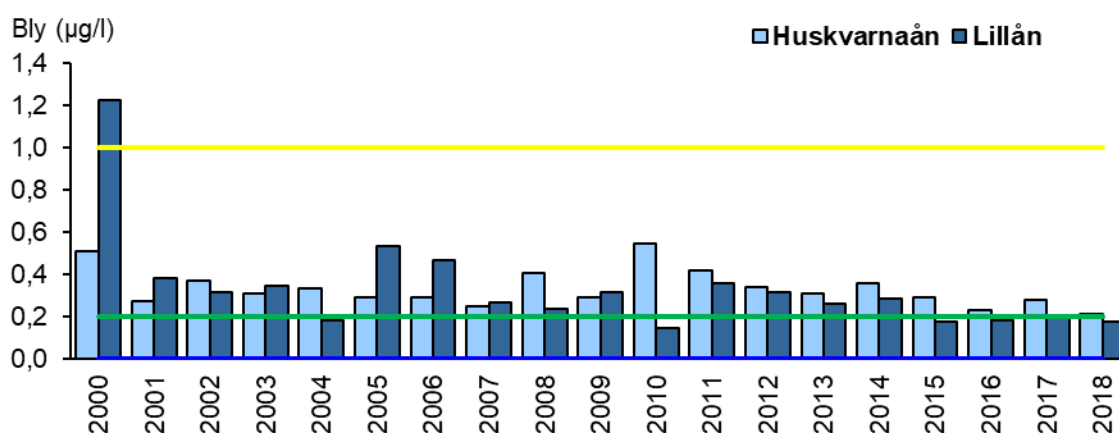


Figur 19. Årsmedelhalter av ammoniumkväve i Ålebäcken (station 25) och Mjölnaån (station 20) under 2000-talet. Över blå linje är halten mycket låg, över grön linje låg, över gul linje måttligt hög och över orange linje hög. Bedömningar enligt KM Lab (skrivelser 2000-02-14).

nivå. På trestjärnig nivå gäller det emellertid bara koppar och nickel i Malmabäcken, koppar och krom i Kärrafjärdens utlopp, arsenik och zink i Vätterns utlopp, Motala ström, koppar i Lillån (Bankeryd) samt bly i Huskvarnaån (Figur 20). I Malmabäcken, utloppen av Kärrafjärden och Vättern samt Lillån och Huskvarnaån är det även flera metaller som minskat på två- och enstjärnig nivå. I Malmabäcken gäller detta arsenik, kadmium, koppar, krom och nickel, i Kärrafjärdens utlopp arsenik, koppar, krom och zink, i Vätterns utlopp arsenik, koppar, krom och zink, i Lillån arsenik, bly (Figur 20), kadmium, koppar, krom, nickel och zink samt i Huskvarnaån arsenik, bly (Figur 20), kadmium, koppar och krom. Minskande halter på tvåstjärnig nivå gäller även arsenik och krom i Munksjöns utlopp, bly och krom i Forsviksån samt krom och zink i Alsens utlopp. I sex fall var 2018 års medelhalter de lägsta noterade under 2000-talet. Det gällde arsenik i utloppen av Munksjön och Kärrafjärden, bly (Figur 20) och krom i Huskvarnaån, koppar i Lillån samt nickel i Malmabäcken.

Ökande halter med tvåstjärnig signifikans finns bara för nickel i Huskvarnaån och Kärrafjärdens utlopp. Förutom för nickel i de båda nämnda vattendragen, finns ökande halter på enstjärnig nivå för kadmium i utloppen av Munksjön, Kärrafjärden och Alsen samt för nickel i Vätterns utlopp, Motala ström.

Vid flertalet stationer var årsmedelhalterna av metaller mycket låga eller låga under hela 2000-talet. I Malmabäcken minskade kopparhalterna från höga till måttligt höga, och halterna av bly och zink från måttligt höga till låga. I Lillån (Bankeryd) minskade medelhalterna av koppar och bly (Figur 20) från måttligt höga till låga respektive mycket låga. Orsaker till minskande metallhalter i Malmabäcken och Lillån kan t.ex. vara minskad tillförsel från ytbehandlingsindustri och dagvatten. I Kärrafjärdens utlopp var zinkhalterna minskande, dock höga, under hela 2000-talet. Vid samma provplats var blyhalterna oftast höga. Förhöjda halter av zink och bly i Kärrafjärdens utlopp beror på nuvarande och tidigare verksamhet vid Zinkgruvan Mining AB i Askersunds kommun.



Figur 20. Årsmedelhalter av bly i Huskvarnaån (station 50) och Lillån vid Bankeryd (station 70) under 2000-talet. Över blå linje är halten mycket låg, över grön linje låg och över gul linje måttligt hög. Bedömningar enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (1999).

I Alsens utlopp var blyhalterna under hela 2000-talet på gränsen mellan låga och måttligt höga, medan zinkhalterna minskade från måttligt höga till på gränsen mellan måttligt höga och låga. I Alsens utlopp kan minskande metallhalter eventuellt bero på minskat tillskott från reningsverk och dagvatten.

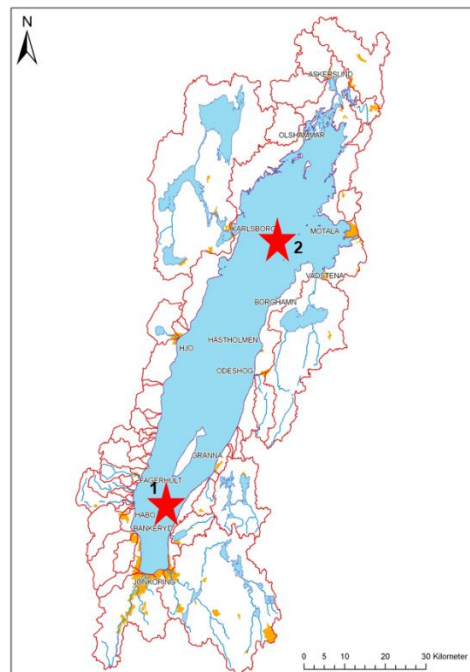
Vattenkvalitet i Vättern

Ann-Charlotte Norborg Carlsson, SYNLAB

Sammanfattning

Generellt var vattenkvaliteten i Vättern mycket bra år 2018 med mycket låga eller låga halter av näringsämnet fosfor, klorofyll (mätt på algmängden), organiskt material (t.ex. humus och alger) samt metaller. Vattnet bedömdes som syrerikt och var obetydligt färgat och oftast obetydligt grumligt samt hade ett mycket stort siktdjup. pH-värdet påvisade nära neutrala förhållanden och buffertkapaciteten klassades som mycket god. Den enda variabel som förekom i något förhöjda halter var kväve, där halterna bedömdes som höga. Statusklassning av "Näringsämnen i sjöar", "Siktdjup i sjöar" och "Klorofyll" gav hög status för både sjöns södra (Edesvarna) och norra (Jungfrun) del.

På 1970-, 1980- och början av 1990-talet minskade fosforhalterna medan kvävehalterna ökade. Följdriktigt ökade även kväveöverskottet. Under 1990-talets senare hälft minskade kvävehalterna svagt. Av okänd anledning uppvisar vattenfärgen (mätt som absorbans) en långsiktigt minskande trend, vilket avspeglas i ökande siktdjup, som dock alltid varit mycket stort. Halterna av organiskt material och klorofyll var stabilt mycket låga respektive låga.



Figur 21. De två stationerna vid Edesvarna (1) och Jungfrun (2) i Vättern.

Inledning

På uppdrag av Vätternvårdsförbundet utförde SYNLAB i samarbete med Medins Havs- och Vattenkonsulter AB, 2018 års fysikalisk-kemiska vattenundersökningar vid två stationer i Vättern (Figur 21). Vid Edeskvärna i sjöns södra del påbörjades undersökningarna år 1966 medan stationen vid Jungfrun i sjöns norra del tillkom år 1978.

Metodik

Provtagningen utfördes av personal från Medins Havs- och Vattenkonsulter AB 23-24 april, 29 maj, 24-25 juli och 5-6 september 2018. Vattenproverna togs med en Limnoshämtare som var kopplad till vinsch eller vanlig handlina. Vattentemperatur, syrgashalt och -mättnad samt siktdjup mättes i fält medan övriga analyser utfördes vid SYNLAB:s laboratorier i Umeå och Linköping (ackrediteringsnummer 1006). Kvicksilver analyserades vid IVL Svenska Miljöinstitutet AB i Göteborg och vissa andra metaller vid ALS Scandinavia AB i Luleå.

Resultaten från 2018 års undersökningar utvärderades i enlighet med Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (1999, rapport 4913). Dessutom gjordes statusklassningar av kvalitetsfaktorerna ”Näringsämnen i sjöar” och ”Siktdjup i sjöar” samt parametern ”Klorofyll” under kvalitetsfaktorn ”Växtplankton i sjöar” för treårsperioden 2016-2018 i enlighet med Havs- och Vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2013:19). Värden från 0,5 och 10 meters provtagningsdjup användes, fränsett för syre där bedömningen avser resultat från en meter över botten. Jämförelse gjordes även med bedömningsgrunder för ”särskilda förorenande ämnen” (ammoniak, arsenik, koppar, krom och zink) samt gränsvärden för ”prioriterade ämnen” (bly, kadmium, kvicksilver och nickel) i Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2015:4). Enligt föreskrifterna ska vattenprover för analys av nämnda metaller filtreras genom ett 0,45 µm filter, vilket inte görs i det aktuella projektet. För koppar, zink, bly och nickel beräknades biotillgängliga halter utifrån värden för pH, DOC (löst organiskt kol) och kalcium med hjälp av ”Bio-met Bioavailability Tool” (version 4.0). I det aktuella projektet analyseras bara TOC (totalt organiskt kol), varför denna variabel användes istället för DOC.

För studier av tidsserier hämtades data för Edeskvärna och Jungfrun från Institutionen för vatten och miljö, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala (www.slu.se/vatten-miljo), som är datavärd. För flertalet analysvariabler beräknades min-, medel- och maxvärden för prover tagna på 0-10 meters djup för respektive år. För variablerna fosfor, kväve, klorofyll, organiskt material (analyserat som TOC) och vattenfärg (mätt som absorbans vid 420 nm med 5 cm kyvett i filtrerat vatten) användes resultat från perioden april till och med september varje år. För kväve/fosfor-kvot utvärderades resultat från juni till och med september respektive år i enlighet med vad som anges i Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (1999). Tidsserierna utvärderades statistiskt med Mann-Kendall-test.

I tidsserierna för fosfor gjordes en korrektion på $-1,2 \mu\text{g/l}$ för alla värden under perioden maj 1991 till och med maj 1996 på grund av ett systematiskt fel vid SLU:s laboratorium (Måns Lindell, muntligen). Analys av Kjeldahlkväve utfördes till och med år 2003. Analys av totalkväve (persulfatmetoden) påbörjades i juli 1987. För perioden från tidsseriernas startår till och med år 2003 beräknades därför totalkvävehalten som summan av halten Kjeldahlkväve (organiskt kväve+ammoniumkväve) och nitrit-+nitratkvävehalten. För perioden juli 1987 till och med år 2003 beräknades förhållandet mellan totalkvävehalten beräknad som summan av Kjeldahlkväve och nitrit-+nitratkväve och de parallella analyserna av totalkväve (persulfatmetoden) som en faktor (1,06 för både Edeskvärna och Jungfrun). För åren 2004-2018 beräknades totalkvävehalten som totalkvävehalten (persulfatmetoden) multiplicerad med denna faktor. Ett fåtal värden för fosfor och kväve bedömdes inte vara representativa (så kallade outliers). Dessa värden sattes inom parentes och ingår därmed inte i beräkningar och utvärdering i denna rapport. Inget av dessa värden var från år 2018. Halten organiskt material analyserades som permanganattal (KMnO_4) till och med år 1995. Under perioden 1996 till och med 2000 gjordes parallella analyser av permanganattal och totalt organiskt kol (TOC). Sedan år 2001 analyseras endast TOC. Permanganattalet dividerat med 3,95 ger halten COD_{Mn} som ungefär motsvarar TOC-halten. För att få en bättre överensstämmelse beräknades förhållandet mellan TOC och COD_{Mn} under perioden 1996-2000 som en faktor (1,48 för Edeskvärna och 1,52 för Jungfrun). För åren före 1996 beräknades TOC-halten som halten COD_{Mn} multiplicerad med denna faktor.

Resultat och diskussion

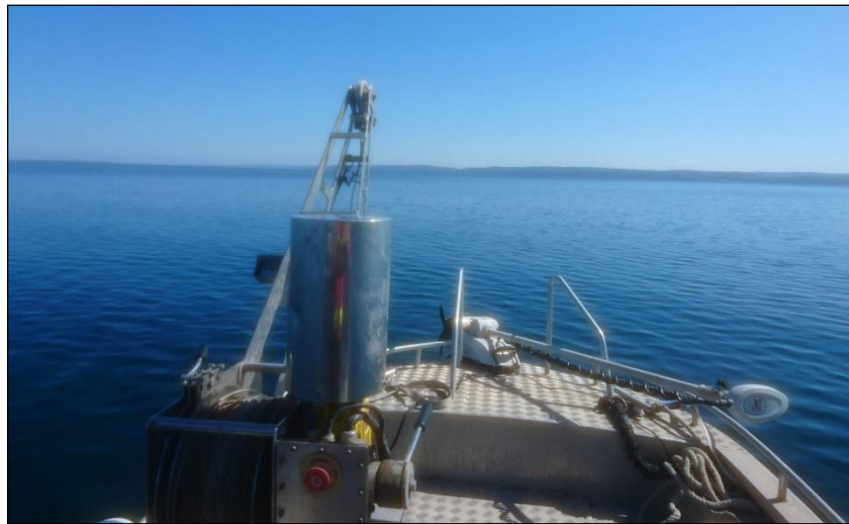
TILLSTÅNDSBEDÖMNING OCH STATUSKLASSNING

Generellt var vattenkvaliteten i Vättern mycket bra år 2018 (tabell 2). Halterna av näringsämnet fosfor, liksom klorofyllhalterna (ett grovt mått på algmängden), bedömdes som låga. Halterna av syreförbrukande organiskt material (t.ex. humus och alger) var mycket låga och syrehalterna påvisade syrerikt tillstånd. De små mängderna humus och alger medförde att vattnet bedömdes som ej eller obetydligt färgat och oftast ej eller obetydligt grumligt med ett mycket stort siktdjup. Vattnets pH-värde påvisade nära neutrala förhållanden och buffertkapaciteten var mycket god. Halterna av flertalet analyserade metaller var mycket låga. Dock klassades samtliga kopparhalter som låga.

Den enda variabel som förekom i något förhöjda halter var kväve, där flertalet halter bedömdes som höga (tabell 2). Orsaken till de höga kvävehalterna är sannolikt att andelen sjöyta inom avrinningsområdet är stor (35 % enligt SMHI:s Vattenwebb), varför en stor kvävekälla är nedfall från luften direkt på sjöytan. Dessutom sker stor tillförsel av kväve från jordbruksmark runt sjön. Höga kvävehalter kombinerat med låga fosforhalter gav kväveöverskott. Kväveöverskott innebär mycket liten risk för

blomning av potentiellt giftbildande cyanobakterier (blågrönalger), vilket även undersökningarna av växtplankton bekräftade.

Statusklassning av kvalitetsfaktorerna ”Näringsämnen i sjöar” och ”Siktdjup i sjöar” samt parametern ”Klorofyll” under kvalitetsfaktorn ”Växtplankton i sjöar” gav överlag hög status vid både Edeskvarna och Jungfrun (tabell 2).



Figur 22. Utrustning för vattenprovtagning (foto: Medins Havs- och Vattenkonsulter AB).

Tabell 2. Lägsta och högsta värde för olika analysvariabler vid 2018 års undersökning av fysikalisk-kemisk vattenkvalitet vid de båda stationerna i Vättern (Edeskvarna och Jungfrun) samt tillstånds- respektive statusklassning enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (1999) och Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2013:19)

Analysvariabel	Min- och max-värde 2018	Tillståndsklass 2018	Statusklass 2016-2018
Totalfosfor, µg/l	2 - 4	Låga halter	Hög
Totalkväve, µg/l	600 - 680	(Måttligt höga) - höga halter	
Kväve/fosfor-kvot	165 - 310	Kväveöverskott	
Klorofyll, µg/l	<1,0 - <1,0	Låga halter	Hög
Organiskt material (TOC), mg/l	1,9 - 2,4	Mycket låga halter	
Syrehalt, mg/l (1 m över botten)	11,7 - 13,9	Syrerikt tillstånd	
Färg (abs. filtr. 420 nm/5 cm)	<0,005 - 0,007	Ej eller obetydligt färgat vatten	
Turbiditet, FNU	0,13 - 0,59	Ej el. obetydligt - (svagt) grumligt	
Siktdjup, m	10,0 - 16,7	Mycket stort siktdjup	Hög
Alkalinitet, mekv/l	0,55 - 0,62	Mycket god buffertkapacitet	
pH-värde	7,5 - 7,8	Nära neutralt	
Koppar, µg/l	0,61 - 0,82	Låga halter	
Zink, µg/l	1,0 - 4,1	Mycket låga halter	
Kadmium, µg/l	0,002 - 0,047	Mycket låga - (låga) halter	
Bly, µg/l	<0,010 - 0,44	Mycket låga - (låga) halter	
Krom, µg/l	0,025 - 0,084	Mycket låga halter	
Nickel, µg/l	0,44 - 0,59	Mycket låga halter	
Arsenik, µg/l	0,12 - 0,17	Mycket låga halter	

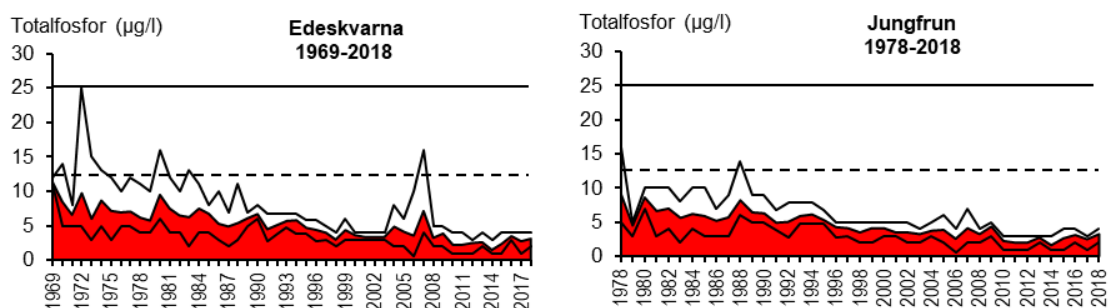
År 2018 överskred varken ammoniak (omräknat från ammoniumkväve), arsenik, koppar, krom och zink eller bly, kadmium, kvicksilver och nickel bedömningsgrunder eller gränsvärden i Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2015:4).



Figur 23. Vy över Vättern från Gränna (foto: Sascha Carlsson).

NÄRINGSÄMNEN

Mellan åren 1969 och 2018 uppvisade årsmedelhalterna av fosfor en minskande trend vid Edeskvärna, vilket även gällde Jungfrun 1978-2018 (Figur 24). Samtliga medelhalter var låga. Vid båda stationerna var 2018 års halter på samma nivå som under den senaste tioårsperioden. Vid Edeskvärna var minskningen statistiskt signifikant på trestjärnig nivå ($p < 0,001$) under hela perioden 1969-2018 till och med 1993-2018, men under åren 1994-2018 till och med 2000-2018 finns mest bara statistiskt säkerställd minskning på enstjärnig nivå ($p < 0,05$). Vid Jungfrun var minskningen statistiskt signifikant på trestjärnig ($p < 0,001$) nivå under perioden 1978-2018 till och med 1995-2018, men under åren 1996-2018 till och med 2000-2018 var minskningen säkerställd bara på två- ($p < 0,01$) eller enstjärnig ($p < 0,05$) nivå.

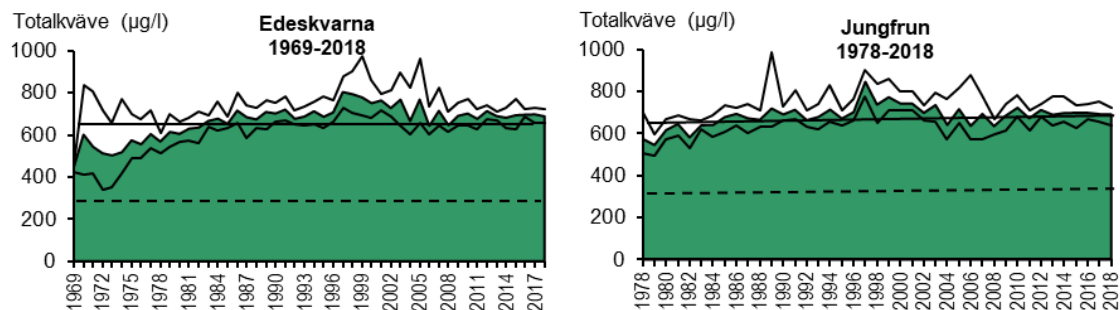


Figur 24. Årsmedelhalter av totalfosfor (röd yta) med min- och maxvärden (linjer) vid stationerna i Vättern vid Edeskvärna (1969-2018) och Jungfrun (1978-2018). Streckad linje anger gränsen mellan låga och måttligt höga halter enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (1999). Över heldragen linje är halterna höga.

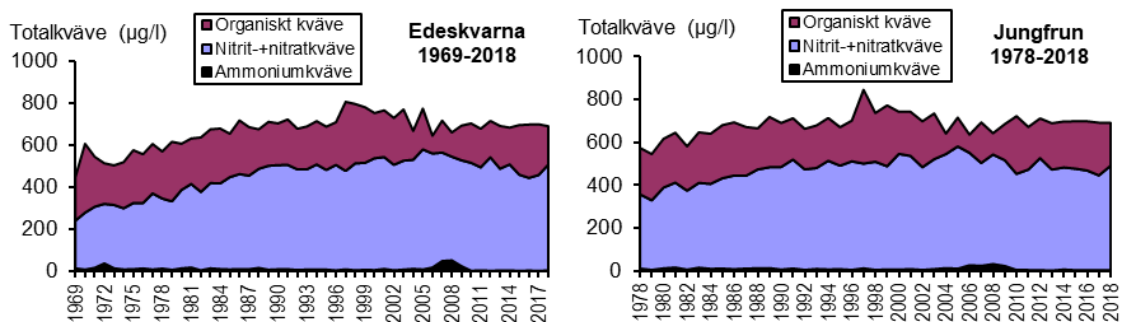
Minskande fosforhalter kan bland annat bero på uppförande av reningsverk, minskad glesbygdsbefolkning, bättre standard på enskilda avlopp och omställning av jordbruk.

Vid Edeskvarna ökade årsmedelhalterna av kväve tydligt från måttligt höga halter under 1970-talet till huvudsakligen höga halter därefter (Figur 25). Ökningen var statistiskt signifikant på trestjärnig nivå ($p < 0,001$) under perioden 1969-2018 till och med 1975-2018, men efter 1980 finns ingen säkerställd ökning ens på enstjärnig nivå ($p < 0,05$). Under perioden 1994-2018 till och med 1998-2018 minskade emellertid kvävehalterna med statistisk signifikans på en- ($p < 0,05$) eller tvästjärnig ($p < 0,01$) nivå. Vid Jungfrun klassades kvävehalterna oftast som höga under perioden 1978-2018 (figur 5). Mellan åren 1978-2018 och 1979-2018 finns en statistiskt säker ökning på två- ($p < 0,01$) respektive enstjärnig ($p < 0,05$) nivå. Åren 1994-2018, 1996-2018, 1997-2018 och 1998-2018 minskade däremot kvävehalterna med enstjärnig signifikans.

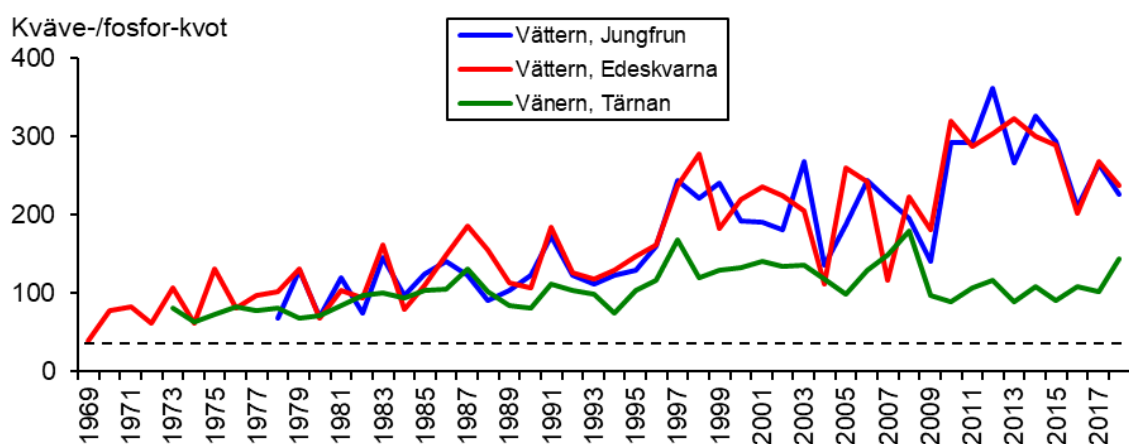
Kvävet fördelas på olika fraktioner, ammoniumkväve, nitrit-+nitratkväve och organiskt kväve, framgår av Figur 26. Dominerande fraktion var nitrit-+nitratkväve. Vid både Edeskvarna och Jungfrun ökade denna andel tydligt till och med år 2005, men uppvisar därefter en huvudsakligen minskande tendens. Halten ammoniumkväve, som under vissa betingelser kan omvandlas till ammoniak som också är skadligt för fisk, var hela tiden mycket låg.



Figur 25. Årsmedelhalter av totalkväve (grön yta) med min- och maxvärden (linjer) vid stationerna i Vättern vid Edeskvarna (1969-2018) och Jungfrun (1978-2018). Streckad linje anger gränsen mellan låga och måttligt höga halter enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (1999). Över heldragen linje är halterna höga.



Figur 26. Årsmedelhalter av kväve och fördelning på olika kvävefraktioner, ammoniumkväve, nitrit- + nitrat-kväve och organiskt kväve, vid stationerna i Vättern vid Edeskvarna (1969-2018) och Jungfrun (1978-2018).

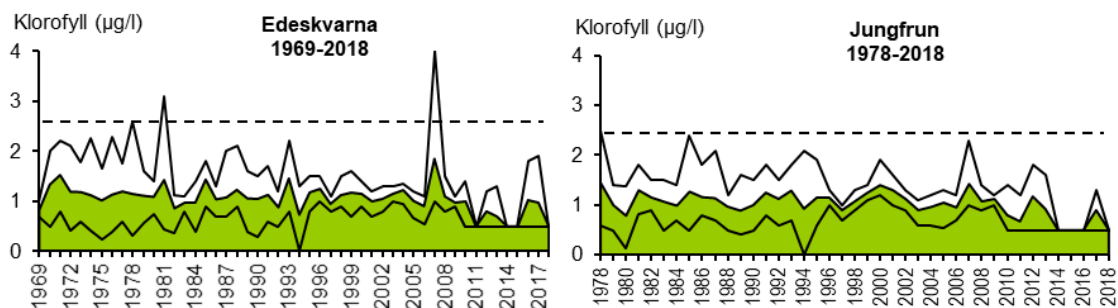


Figur 27. Kväve/fosfor-kvot (årsmedelvärden för juni t.o.m. september) vid stationerna i Vättern vid Edeskvarna (1969-2018) och Jungfrun (1978-2018) samt stationen Tärnan i Vänern (1973-2018). Streckad linje anger gränsen mellan kväve-fosfor-balans och kväveöverskott enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (1999).

Division av halterna av kväve och fosfor ger kväve-/fosfor-kvoten, vilken säger något om risken för blomning av potentiellt giftbildande blågrönalger. Vid stationerna i Vättern var medelkvoten undantagslöst avsevärt högre än 30, vilket även gällde Tärnan i Vänern (Figur 27). Detta innebär mycket liten risk för giftalgblooming. Beroende på minskande fosforhalter och ökande, eller huvudsakligen stabila, kvävehalter uppvisar kvoten en ökande trend. Ökningen är mycket tydligare för Vättern än för Vänern, men i båda sjöarna har kväve/fosfor-kvoten minskat under senare år.

KLOROFYLL

Klorofyll ger ett grovt mått på algmängden (främst växtplankton). Vid båda stationerna i Vättern bedömdes samtliga årsmedelhalter som låga och endast vid några enstaka provtagningar vid Edeskvarna var halterna måttligt höga (Figur 28). Vid Edeskvarna var medelhalterna under perioden 2011-2018 bland de lägsta i tidsserien, medan de vid Jungfrun främst var lägre åren 2014-2016 och 2018. De låga klorofyllhalterna står i överensstämmelse med de låga fosforhalterna, eftersom fosfor är det begränsande ämnet för biologisk produktion i Vättern.



Figur 28. Årsmedelhalter av klorofyll (ljusgrön yta) med min- och maxvärden (linjer) vid stationerna i Vättern vid Edeskvarna (1969-2018) och Jungfrun (1978-2018). Streckad linje anger gränsen mellan låga och måttligt höga klorofyllhalter enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (1999).

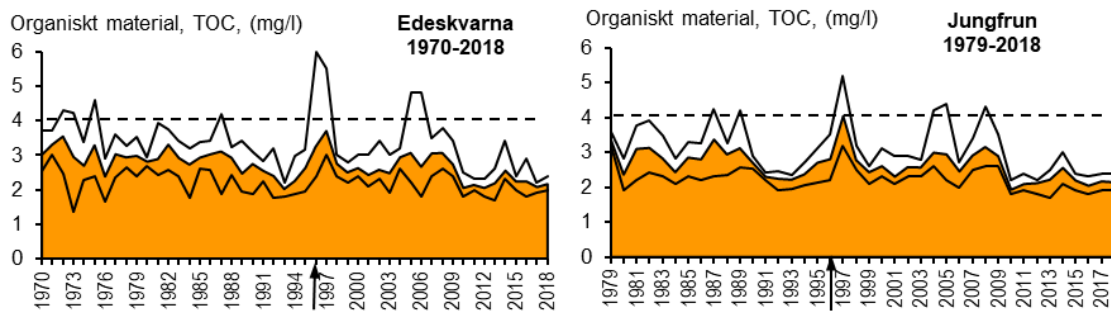


Figur 29. Håv för kvalitativ provtagning av växtplankton (foto: Ann-Charlotte Norborg Carlsson, SYNLAB).

För både Edeskvärna och Jungfrun finns en statistiskt säkerställd minskande trend på främst tvåstjärnig ($p < 0,01$) nivå under hela perioden 1969-2018 till och med 2004-2018 respektive 1978-2018 till och med 2007-2018.

ORGANISKT MATERIAL OCH SYRE

Det organiska materialet har sitt ursprung antingen i sjön, till exempel alger, eller omgivande mark, främst humus. I näringsfattiga sjöar som Vättern är det främst humus som bidrar till halten av organiskt material. Vid nedbrytning av det organiska materialet förbrukas syre. Det finns flera analysvariabler som mäter halten av organiskt material. I vatten från sjöar och vattendrag är det numera vanligast med analys av TOC (totalt organiskt kol). Tidigare analyserades COD_{Mn} (kemisk syreförbrukning) eller KMnO_4 (permanganattal). Permanganattalet dividerat med 3,95 är lika med COD_{Mn} . Vid de båda stationerna i Vättern var årsmedelhalterna av organiskt material mycket låga (Figur 30) under hela perioden 1970-2018 (Edeskvärna) respektive 1979-2018 (Jungfrun). Vid båda stationerna var medelhalterna åren 2010-2018 några av de lägsta i tidsserierna, fränsett 2014 års halter som var aningen högre. För Edeskvärna finns en statistiskt signifikant minskande trend på varierande tre- ($p < 0,001$), två- ($p < 0,01$) och enstjärnig ($p < 0,05$) nivå under hela perioden 1970-2018 till och med 1987-2018 samt 1994-2018 till och med 1998-2018 och 2002-2018 till och med 2005-2018. För Jungfrun saknas trend på trestjärnig nivå, medan den är varierande två- och enstjärnig för flertalet år under perioden 1979-2018 till och med 2004-2018. Syretillgången räcker väl till för nedbrytningen av de mycket låga halterna av organiskt material och syretillståndet i bottenvattnet bedömdes som syrerikt vid alla mätningar.



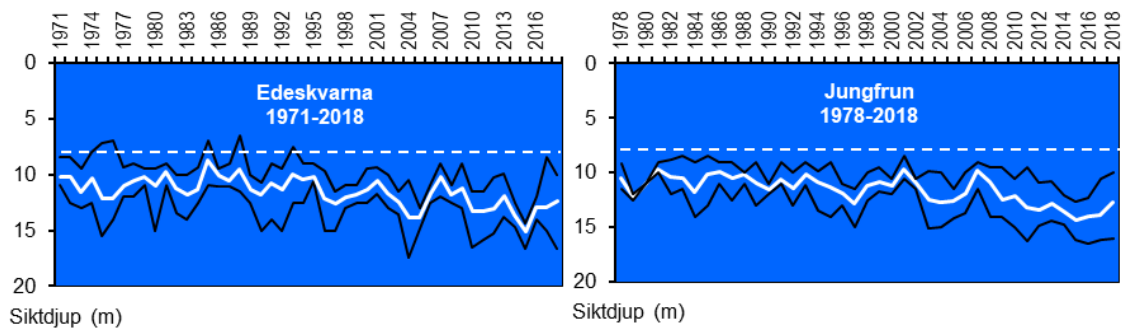
Figur 30. Årsmedelhalter för organiskt material, analyserat som TOC, (orange yta) med min- och maxvärden (linjer) vid stationerna i Vättern vid Edeskvärna (1970-2018) och Jungfrun (1979-2018). Streckad linje anger gränsen mellan mycket låga och låga halter enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (1999). Pil anger byte av analysmetod från KMnO_4 till TOC.



Figur 31. Provtagning av vatten för analys av syre enligt Winkler-metoden (foto: Ann-Charlotte Norborg Carlsson, SYNLAB)

LJUSFÖRHÅLLANDEN

Ljusförhållandena påverkar livsbetingelserna för många organismer, både direkt och indirekt. Ljusförhållanden kan mätas med variablerna siktdjup, grumlighet/turbiditet och färgtal/absorbans. Nedan redovisas förhållandena i Vättern avseende siktdjup och absorbans. Siktdjupet visar hur ljusets nedträngning i vattnet sammantaget påverkas av vattenfärg och grumlighet. I Vättern klassades siktdjupet som mycket stort (Figur 32) vid nästan samtliga provtagningar under perioden 1971-2018 (Edeskvärna) och 1978-2018 (Jungfrun). De enda undantagen var vid fem tillfällen vid Edeskvärna under åren 1975-1993, då siktdjupet var stort (Figur 32). Det syns inga tydliga variationer i siktdjup mellan årstider. Vid Edeskvärna uppvisade siktdjupet en ökande trend med statistisk signifikans på främst trestjärnig ($p < 0,001$) nivå under hela perioden 1971-2018 till och med 1994-2018. Vid Jungfrun var ökningen också statistiskt säkerställd på främst trestjärnig nivå under hela perioden 1978-2018 till och med 2008-2017. Det ökande siktdjupet kan delvis förklaras av minskande färgtal/absorbans (se nästa stycke).

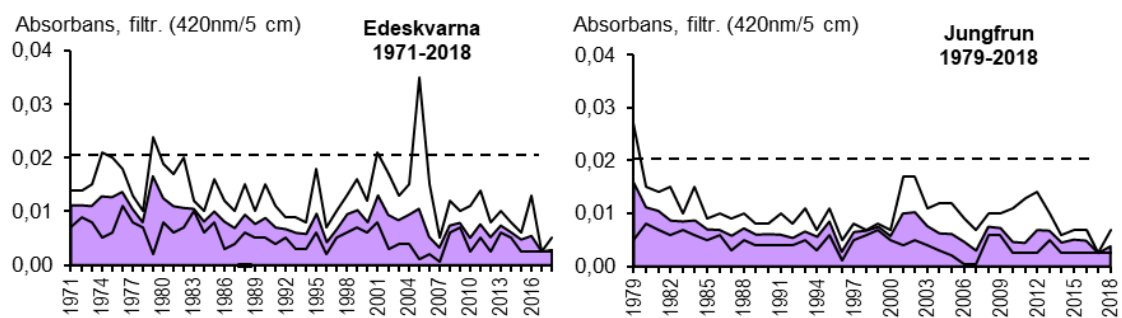


Figur 32. Årsmedelvärden för siktdjup (vit linje) med min- och maxvärden (svarta linjer) vid stationerna i Vättern vid Edeskvärna (1971-2018) och Jungfrun (1978-2018). Streckad linje anger gränsen mellan stort och mycket stort siktdjup enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (1999).



Figur 33. Mätning av siktdjup med siktskiva och vattenkikare (foto: Ann-Charlotte Norborg Carlsson, SYNLAB).

Färgtalet avspeglar vattnets innehåll av humus och järn. Färgtalet bestäms visuellt i en färgkomparator eller mäts som absorptions i en spektrofotometer. I Vättern tillämpas numera endast metoden med mätning av absorptions (filtrerat vatten, 420 nm våglängd, 5 cm kyvett). Årsmedelvärdena för absorptions påvisade ej eller obetydligt färgat vatten (Figur 34) under hela perioden 1970-2018 (Edeskvärna) och 1979-2018 (Jungfrun). Vid både Edeskvärna och Jungfrun var 2018 års medelvärden något lägre än medelvärdet för respektive tidsserie (Figur 34). Vättern är en stor och djup sjö med mycket lång omsättningstid (cirka 60 år), vilket ger goda förutsättningar för självrening av humusämnen genom nedbrytning och sedimentation. Absorbansen uppvisar en långsiktigt tydligt minskande trend vid både Edeskvärna och Jungfrun (Figur 34), men denna var statistiskt säkerställd på trestjärnig ($p < 0,001$) nivå endast mellan åren 1971-2018 till och med 1982-2018 samt 1997-2018 till och med 1999-2018 vid Edeskvärna och 1979-2018 till och med 1980-2018 vid Jungfrun. Den minskande absorbansen kan delvis förklara det ökande siktdjupet (se stycket ovan). Orsak till den minskande absorbansen är inte känd.



Figur 34. Årsmedelvärden för absorbans (lila yta) med min- och maxvärden (linjer) vid stationerna i Vättern vid Edeskvärna (1971-2018) och Jungfrun (1979-2018). Streckad linje anger gränsen mellan ej eller obetydligt och svagt färgat vatten enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (1999).



Figur 35. Vattenprovtagning med Ruttnerhämtare (foto: SYNLAB).

Ämnestransport och arealspecifik förlust

Ann-Charlotte Norborg Carlsson, SYNLAB

Sammanfattning

År 2018 stod Huskvarnaån, Munksjöns utlopp, Forsviksån och Mjölnaån för tillsammans 73 % av den beräknade fosfortransporten, 77 % av kvävetransporten och 67 % av transporten av organiskt material (TOC) till Vättern. Transporterna följer ofta vattenföringen väl med större mängder under år med högt flöde. För flera tillflöden noterades de största transporterna högflödesåren 1995, 1998 och 2007. Jämfört med långtidsmedelvärdet var 2018 års transporter oftast avsevärt under de normala beroende på relativt låg vattenföring. Skillnaderna var störst i Huskvarnaån, Kärrafjärdens utlopp och Forsviksån, där transporterna av både fosfor, kväve och TOC var cirka 30-50 % mindre än vanligt. I utloppen av Vättern (Motala ström) och Alsen samt Lillån (Bankeryd) var transporterna av fosfor och TOC cirka 30-40 % mindre än normalt. I Munksjöns utlopp var 2018 års kvävetransport drygt 30 % mindre än vanligt, och den minsta under hela perioden 1996-2018. Däremot var 2018 års kvävetransport i Mjölnaån 40 % större jämfört med långtidsmedelvärdet. I Vätterns utlopp (Motala ström) var 2018 års transporter av både fosfor och TOC bland de tre till fyra minsta sedan 1990. I främst Lillån, Svedån och Vätterns utlopp (Motala ström) minskade fosfortransporterna under den knappa 30-årsperioden, medan vattenföringen ökade svagt, vilket kan tolkas som minskad belastning från punktkällor. I Huskvarnaån och Svedån minskade kvävetransporterna medan flödet var tämligen stabilt eller ökande. I Munksjöns utlopp ökade däremot kvävetransporten samtidigt som vattenföringen minskade, vilket antyder ökad påverkan från punktkälla (troligen Simsholmens reningsverk i Jönköpings tätort). Dock var 2018 års kvävetransport i Munksjöns utlopp den minsta i tidsserien med startår 1996. I Motala ström minskade även transporten av organiskt material.

För Lillån (Bankeryd) och Munksjöns utlopp bedömdes 2018 års arealspecifika förluster (ämnestransporter per avrinningsområdesyta) som höga för kväve och måttligt höga för fosfor. Både Lillån och Munksjön är kraftigt belastade av näringsämnen (främst kväve) från kommunala reningsverk i Bankeryd respektive centrala Jönköping. Lillåns avrinningsområde omfattar dessutom en stor andel jordbruksmark (38 %) och saknar sjöar som kan fungera som "klarningsbassänger". Även Mjölnaån, vars avrinningsområde omfattar 46 % jordbruksmark, hade höga kväveförluster, men låga fosforförluster. I Hökesån, Huskvarnaån och Knipån var arealförlusterna av kväve måttligt höga, medan de var låga för fosfor. För övriga provplatser klassades de arealspecifika förlusterna av kväve och fosfor som låga eller mycket låga. Den enda stationen med mycket låga förluster av både fosfor och kväve var Forsviksån, vilket främst beror på stor

procent sjö (21 %). Under 2000-talet finns tvåstjärnigt statistiskt signifikanta trender gällande minskande kväveförluster för utloppen ur Alsen (2006-2018) och Kärrafjärden (2000-2018) samt minskande fosforförluster för utloppen ur Kärrafjärden (2006-2018) och Vättern (2000-2018 t.o.m. 2002-2018). Förutom i de tre nämnda vattendragen finns svagare trender på enstjärnig nivå för minskande förluster av fosfor och/eller kväve i främst Huskvarnaån och Svedån. I samtliga fall kan minskande förluster under 2000-talet kopplas till minskande flöde (minskat markläckage).

Inledning

På uppdrag av Vätternvårdsförbundet utförde SYNLAB 2018 års fysikalisk-kemiska vattenundersökningar vid 17 stationer i tillflöden till Vättern samt vid en station i utloppet vid Motala ström (se figur och text i kapitlet "Vattenkvalitet i Vätterns tillflöden och utlopp"). Utifrån uppgifter om vattenföring och halter av fosfor, kväve och organiskt material (analyserat som TOC) samt arealuppgifter beräknades ämnestransporter och arealspecifika förluster.

Metodik

Uppgifter om markanvändning inhämtades via SMHI:s Vattenwebb (<http://vattenwebb.smhi.se/modelarea/>, SVAR-version 2016_3) för de vattenförekomster som bäst motsvarade respektive provpunkt. Ålebäcken och Malmabäcken finns inte som egna områden, varför inga uppgifter kunde erhållas.

För flertalet tillflöden till Vättern hämtades uppgifter om vattenföring för perioden 2004-2018 som modellberäknade data från SMHI:s Vattenwebb (<http://vattenwebb.smhi.se/modelarea/>, HYPE-version 5_6_4). I tidigare versioner fanns värden från och med år 1999 respektive 1990 och för åren 1990-2003 användes dessa. För tillflödena användes årsmedelvärden (total stationskorrigerad vattenföring). För Ålebäcken och Malmabäcken saknas uppgifter. I utloppet, Motala ström, finns en vattenföringsstation (nr 1950) med ännu äldre data, varför uppgifter sammanställdes för åren 1960-2018. För denna station användes även månadsmedelvärden. Även i Svedån vid Sved finns en vattenföringsstation (nr 2359), varför dessa data användes istället för modellerade data. För vissa tillflöden finns även flöden framtagna inom den samordnade recipientkontrollen i "Norra Vättern" (Alsen och Kärrafjärden) och "Södra Vättern" (Huskvarnaån, Munksjöns utlopp, Lillån, Hökesån och Knipån). Dessa flöden skiljer sig ibland från SMHI:s data, bland annat därför att kända uppgifter om flödestillskott från till exempel reningsverk lagts till. Dessa tidsserier sträcker sig inte så långt tillbaka som 1990, men fick ändå företräde framför HYPE-data, eftersom de är mer sanna och har använts vid redan publicerade transportberäkningar i recipientkontrollen.

Utifrån dygnsmedelvattenföring för respektive tillflöde (oftast vid mynningen i Vättern) samt för utloppet, Motala ström, vilka hämtades från SMHI:s Vattenwebb (adress, se ovan), och halter vid respektive provpunkt, beräknades transporter av fosfor, kväve och organiskt material (analyserat som TOC). Vid beräkningen multiplicerades interpolerade halter med aktuell dygnsmedelvattenföring och summerades till en årstransport. På detta sätt erhöles värden för åren 1990-2018 för Mjölnaån, Forsviksån, Svedån och Motala ström. För Huskvarnaån, Munksjöns utlopp, Lillån, Hökesån och Knipån användes samma transportvärden som framkommit inom den samordnade recipientkontrollen för ”Södra Vättern” (ALcontrol AB och för åren 2015-2018 Calluna AB) med varierande startår (1992, 1996 eller 2003). För utloppen av Alsen och Kärrafjärden erhöles transportvärden från den samordnade recipientkontrollen i ”Norra Vättern” (Medins Havs- och Vattenkonsulter AB) med startår 1994, 1995 eller 2000. Samtliga transportvärden från den samordnade recipientkontrollen är beräknade utifrån halter och månadsmedelvattenföring. I Svedån och Forsviksån ligger provpunkterna ett stycke uppströms mynningen i Vättern. Transporterna vid dessa båda provpunkter räknades därför upp med arealkorrigeringsfaktorerna 1,114 respektive 1,080 för att representera mynningen i Vättern.

För ovan nämnda vattendrag med tidsserier för transporter, beräknades den arealspecifika förlusten av fosfor respektive kväve som årstransporten dividerad med avrinningsområdets yta (kg/ha, år), både som ett medelvärde för treårsperioden 2016-2018 och för varje enskilt år i tidsserierna. Arealförlusterna bedömdes i enlighet med Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (Rapport 4913, 1999). Tidsserierna utvärderades statistiskt med Mann-Kendall-test.

Resultat och diskussion

MARKANVÄNDNING

Markanvändningen i avrinningsområdena för 15 av de 17 undersökta tillflödena till Vättern framgår av Figur 36. I 14 områden är dominerande markslag skog, som varierar mellan 41 % i Lillån (Bankeryd) och knappt 90 % i Gagnån och Svedån. I Mjölnaån dominerar jordbruksmarken (46 %). Jordbruksmark utgör en stor andel även i flertalet övriga avrinningsområden. Avrinningsområden med mindre än tio procent jordbruksmark är Gagnån och Svedån (cirka 5 %) samt Forsviksån (8 %) och Kärrafjärdens utlopp (10 %). Beroende på påverkan av erosion och gödsling är markläckaget av näringsämnen större från jordbruksmark än från skogsmark, varför halterna av fosfor och kväve i intilliggande vattendrag oftast är förhållandevis högre. Även värdena för turbiditet (grumlighet) och alkalinitet (motståndskraft mot försurning) är oftast högre i vattenområden i jordbruksbygd. Ytterligare en faktor av stor betydelse för vattenkvaliteten är andelen sjöar i avrinningsområdet. Detta eftersom sjöar fungerar som naturliga ”klarningsbassänger” där partiklar av organiskt (humus, alger) eller oorganiskt (mineralpartiklar) material kan sedimentera och/eller

nedbrytning ske. Sjöprocenten är klart störst i Forsviksåns avrinningsområde (21 %, Figur 36), där sjöarna Unden och Viken utgör en stor del av området. Därefter följer Mjölnaån och Röttleån med 11 respektive 10 % sjö. I Mjölnaåns avrinningsområde ligger sjön Tåkern och i Röttleåns avrinningsområde finns sjöarna Ören och Bunn. Följande åtta avrinningsområden har en sjöprocent mindre än fyra procent: Orrnäsaån, Munksjöns utlopp, Lillån, Domneån, Hökesån, Knipån, Gagnån och Svedån.

Sämst vattenkvalitet kan följaktligen förväntas i tillflöden med stor andel jordbruksmark och liten andel sjöar, vilket stämmer bäst in på Lillån. Tvärtom kan bäst vattenkvalitet förväntas i tillflöden med liten andel jordbruksmark och stor andel sjöar, vilket stämmer bäst in på Forsviksån. (Se kapitlet ”Vattenkvalitet i Vätterns tillflöden och utlopp”).

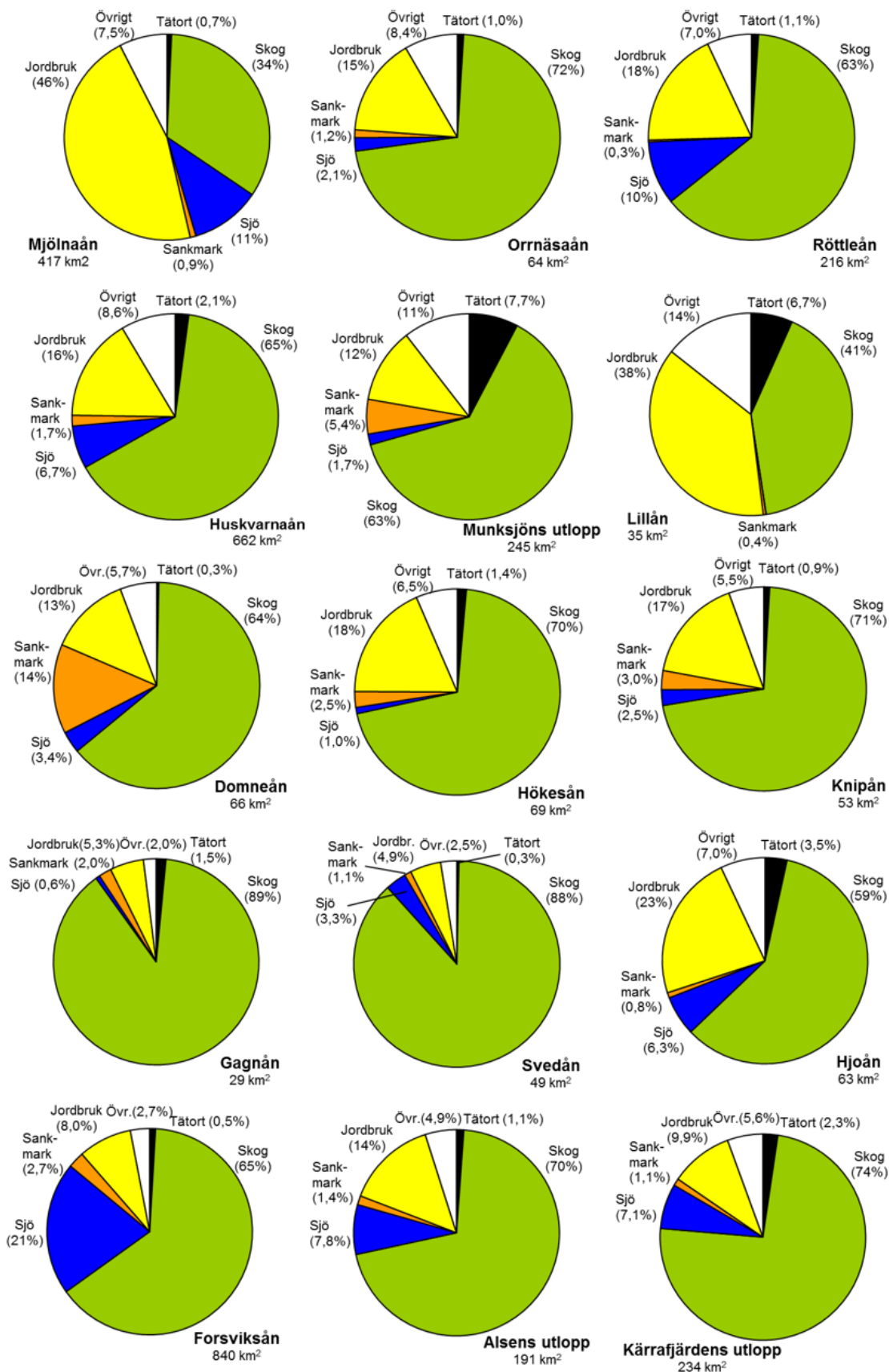
Vatten som avrinner från sankmark är mycket humöst. Andelen sankmark är störst i Domneåns avrinningsområde (14 %, Figur 36). Domneån hade också mycket riktigt 2018 års högsta medelvärde för färgtal (mätt som absorbans, se kapitlet ”Vattenkvalitet i Vätterns tillflöden och utlopp”).

Andelen tätort var störst i Munksjöns utlopp (8 %, Figur 36). Tätorter kan påverka vattenkvaliteten negativt genom tillförsel av främst näringsämnen och syreförbrukande organiskt material, men även till exempel metaller och olja från industrier och reningsverk samt dagvatten. I Munksjöns utlopp syntes påverkan från främst det kommunala reningsverket i Jönköping som förhöjda halter av ammoniumkväve (se kapitlet ”Vattenkvalitet i Vätterns tillflöden och utlopp”).

Vattenföring

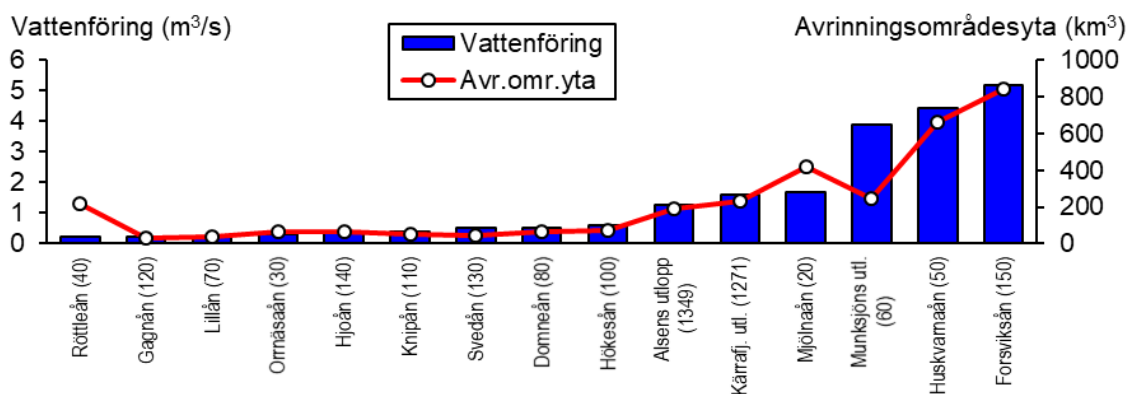
Vattenföringen har stor betydelse för vattenorganismernas livsmiljö. Vid litet vattenflöde ökar konkurrensen om utrymmet, eftersom arealen vattenyta minskar. Vidare ökar risken för syrebrist. Litet vattenflöde ger dessutom ökad påverkan från eventuella punktkällor som en koncentrationseffekt. Vid större vattenflöden ökar risken för bortspolning av organismerna, medan vattenkvaliteten kan vara bättre. Vattenföringen påverkar transporterna av t.ex. näringsämnena fosfor och kväve samt syreförbrukande organiskt material, eftersom vattenföring multiplicerad med halter ger transporterad mängd av olika ämnen till Vättern.

Vattenföringen i 15 av de undersökta tillflödenas mynning i Vättern varierade mellan 0,22 m³/s (Röttleån) och 5,2 m³/s (Forsviksån) som årsmedelvärde 2018 (Figur 37). Medelavrinningen ut ur Vättern vid Motala ström var 31 m³/s. I flertalet vattendrag var vattenföringen högst i början av året (januari till och med april) och lägst under sommaren och hösten. Inte så förvånande fanns ett tydligt samband mellan årsmedelvattenföring och respektive tillflödes avrinningsområdesyta (Figur 37). I Munksjöns utlopp var flödet större än förväntat i förhållande till avrinningsområdets storlek



Figur 36. Procentuell fördelning av markslag för 15 av 17 undersökta tillflöden till Vättern. För Ålebäcken och Malma-bäcken fanns inga uppgifter att tillgå på SMHI:s Vattenwebb (<http://vattenwebb.smhi.se/model-area/>).

beroende på pumpning av vatten till Munksjön från Vättern. I Röttleån och Mjölnaån var flödet förvånansvärt litet i förhållande till avrinningsområdets storlek, troligen på grund av reglering för produktion av elkraft (Figur 37).



Figur 37. Medelvattenföring år 2018 samt avrinningsområdets yta för 15 av 17 undersökta tillflöden till Vättern. För Åle-bäcken och Malmabäcken fanns inga uppgifter att tillgå på SMHI:s VattenWeb.

År 2018 var medelvattenföringen i samtliga 15 tillflöden 2-31 % lägre än medelvärden för perioden 1990-2017. Vattenföringen var särskilt mycket lägre i Huskvarnaån (31 %) och Röttleån (30 %) samt utloppen ur Alsen (30 %) och Kärrafjärden (27 %), där den bara varit lägre tre eller fyra år tidigare. Också i Vätterns utlopp vid Motala ström var 2018 års medelvattenföring 21 % lägre än medelvärdet för perioden 1990-2017. Orsaken till de jämförelsevis låga flödena var relativt lite nederbörd förutom i januari, april och augusti (se kapitlet ”Klimat och vattenstånd”). I flertalet tillflöden förekom den högsta vattenföringen åren 1995, 1998, 2007 och 2012. I de nordligaste tillflödena, utloppen ur Alsen och Kärrafjärden, noterades dock den allra högsta vattenföringen år 2000. I Lillån (Bankeryd) och Knipån uppmättes den högsta vattenföringen år 2011. År med särskilt låga medelvattenföringar var 1996, 2003, 2005, 2009 och 2013 samt 2016-2018. I flera tillflöden (Mjölnaån, Ornäsåån, Gagnån, Svedån, Hjoån, Forsviksån samt utloppen ur Alsen och Kärrafjärden) förekom ovanligt låga vattenföringar även under perioden 1990-1993.

Ämnestransport

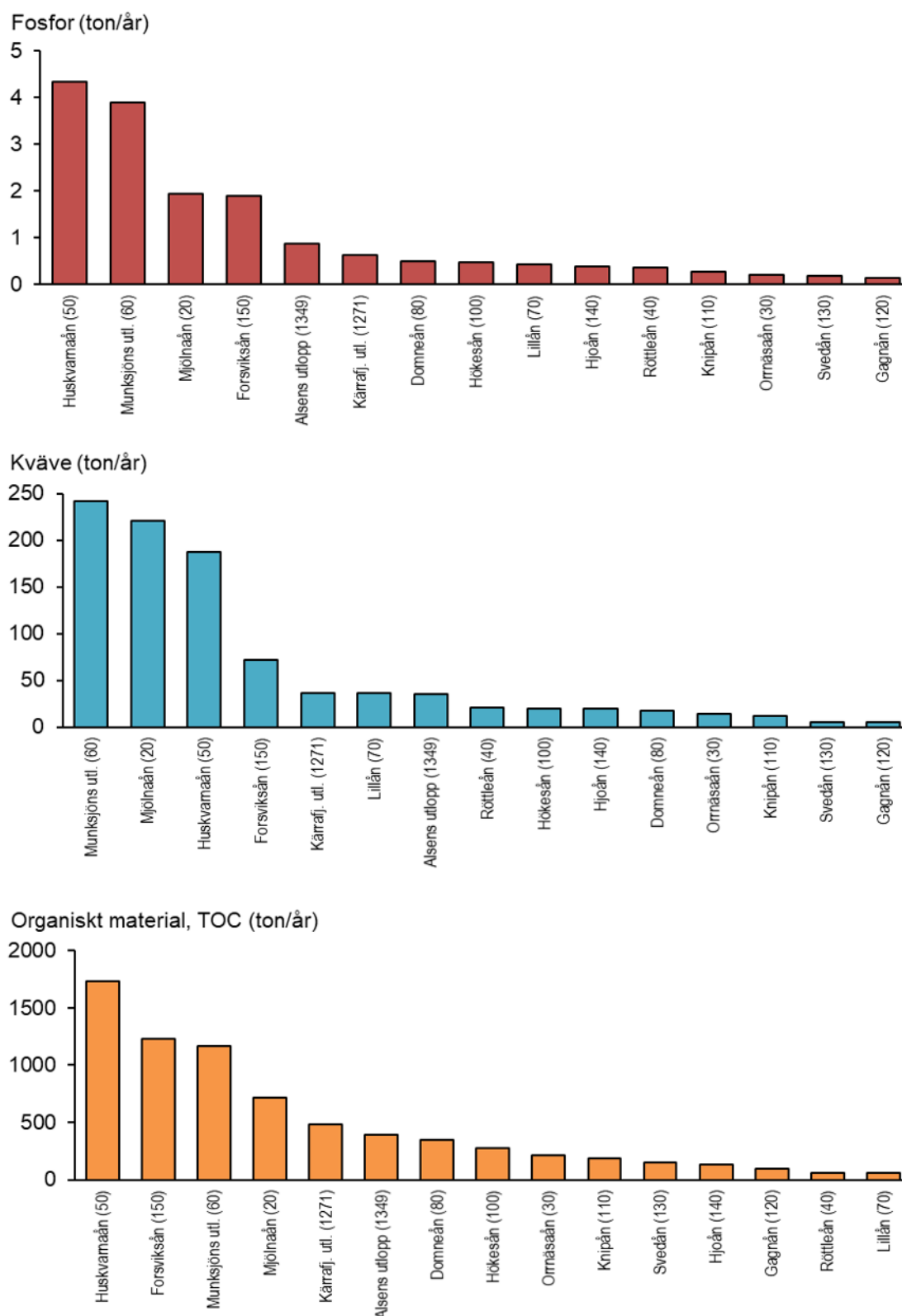
Ämnestransporterna för år 2018 av näringsämnena fosfor och kväve samt syreförbrukande organiskt material (analyserat som TOC) redovisas i tabell 3 och Figur 38. Fosfortransporten var störst i Huskvarnaån (26 %) och Munksjöns utlopp (24 %), följda av Mjölnaån (12 %) och Forsviksån (11 %). Tillsammans stod dessa tre tillflöden för 73 % av den beräknade fosfortransporten till Vättern. Även kvävetransporten dominerades av dessa fyra tillflöden, Munksjöns utlopp (26 %), Mjölnaån (23 %), Huskvarnaån (20 %) och Forsviksån (8 %), vilka tillsammans bidrog med 77 % av kvävet till Vättern. Nämda fyra vattendrag, Huskvarnaån (24 %), Forsviksån (17 %), Munksjöns utlopp (16 %) och Mjölnaån (10 %), bidrog

även med 67 % av transporten av organiskt material. Gagnån, Svedån, Knipån och Orrnäsaån var de tillflöden som bidrog med de minsta näringsämnestransporterna (för kväve även Domneån), medan Hjoån, Röttleån och Lillån (Bankeryd) tillsammans med Gagnån stod för de minsta transporterna av organiskt material (<2 % vardera).

Tabell 3. Ämnestransporter av fosfor, kväve och organiskt material (analyserat som TOC) år 2018 för 15 av 17 undersökta tillflöden till Vättern samt utloppet Motala ström. Nederst anges transporter till de fyra vattenförekommsterna i Vättern. För Ålebäcken och Malmabäcken kunde inga beräkningar göras, eftersom inga uppgifter om vattenföring fanns att tillgå på SMHI:s Vattenwebb

Provtagningsplats	Fosfor (ton/år)	Kväve (ton/år)	TOC (ton/år)
<u>Tillflöden</u>			
20. Mjölnaån	1,94	220	720
25. Ålebäcken	-	-	-
30. Orrnäsaån	0,213	14,1	211
40. Röttleån	0,355	20,4	63,3
50. Huskvarnaån	4,34	187	1735
60. Munksjöns utlopp	3,90	242	1162
70. Lillån	0,428	36,3	59,0
80. Domneån	0,509	17,0	346
90. Malmabäcken	-	-	-
100. Hökesån	0,477	19,7	273
110. Knipån	0,266	12,0	182
120. Gagnån	0,143	4,87	95,2
130. Svedån	0,183	5,55	147
140. Hjoån	0,392	19,0	132
150. Forsviksån	1,89	71,2	1232
1349. Alsens utlopp	0,866	35,5	397
1271. Kärrafjärdens utlopp	0,622	36,5	483
Summa	16,5	941	7238
<u>Utlopp</u>			
10. Motala ström	4,73	681	2317
<u>Vattenförekomster</u>			
Alsen	0,866	35,5	397
Kärrafjärden	0,622	36,5	483
Duvfjärden (Alsen+Kärrafjärden)	1,49	72,0	880
Storvättern	15,0	869	6358

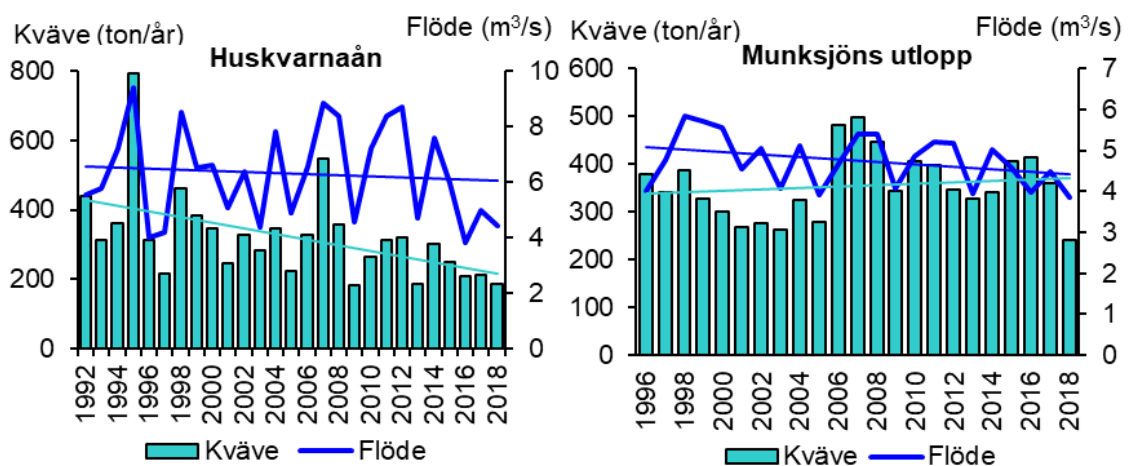
I ett längre tidsperspektiv har transporterna av både fosfor, kväve och organiskt material (analyserat som TOC) följt vattenföringen väl med större transporter under år med högre medelvattenföring, vilket har sin förklaring i större markläckage vid ökad nederbörd och avrinning. I flera tillflöden noterades således de största transporterna åren 1995, 1998 och 2007 (se exemplet Huskvarnaån i Figur 39). Vid utloppen ur Alsens och Kärrafjärden förekom emellertid de största transporterna år 2000 samt i Hökesån, Knipån och Lillån år 2011. Jämfört med långtidsmedelvärden (oftast från början eller mitten av 1990-talet t.o.m. 2017) var 2018 års transporter, liksom åren 2016 och 2017, oftast avsevärt under de normala.



Figur 38. Ämnestransporter av fosfor, kväve och organiskt material (analyserat som TOC) år 2018 för 15 av 17 undersökta tillflöden till Vättern sorterade i storleksordning. För Ålebäcken och Malmabäcken kunde inga beräkningar göras, eftersom inga uppgifter om vattenföring finns att tillgå på SMHI:s Vattenwebb.

För fosfor var skillnaden störst i utloppen ur Kärrafjärden (-46 %) och Alsen (-45 %) samt i Huskvarnaån (-43 %), Lillån (-40 %) och Forsviksån (-34 %). För kväve var skillnaden störst i Huskvarnaån (-43 %, Figur 39) och Forsviksån (-36 %) samt utloppen ur Munksjön (-33 %, Figur 39) och Kärrafjärden (-31 %). Däremot var 2018 års kvävetransport i Mjölnaån 40 % större jämfört med långtidsmedelvärdet. För organiskt material (analyserat som TOC) var transporten mindre än vanligt i samtliga tillflöden med den största avvikelsen i utloppen ur Kärrafjärden (-34 %) och Alsen (-33 %) samt i Huskvarnaån (-31 %). I Munksjöns utlopp var 2018 års kvävetransport mindre än under hela perioden 1996-2017 (Figur 39). Även i Huskvarnaån (fosfor, kväve, Figur 39, och TOC), Forsviksån (fosfor och kväve) och Lillån (fosfor, kväve och TOC) samt utloppen ur Alsen (fosfor, kväve och TOC) och Kärrafjärden (fosfor och TOC) var 2018 års transporter bland de två till fyra minsta i respektive tidsserie. I Vätterns utlopp, Motala ström, var 2018 års transporter av både fosfor och organiskt material bland de tre till fyra minsta sedan 1990. I främst Lillån, Svedån och Motala ström minskade fosfortransporterna under den knappa 30-årsperioden, medan vattenföringen ökade svagt, vilket kan tolkas som minskad belastning från punktkällor. I Huskvarnaån (Figur 39) och Svedån minskade kvävetransporterna medan flödet var tämligen stabilt eller ökande. I Munksjöns utlopp ökade däremot kvävetransporten samtidigt som vattenföringen minskade (Figur 39), vilket antyder ökad påverkan från punktkälla (troligen Simsholmens reningsverk i Jönköpings tätort). Dock var 2018 års kvävetransport i Munksjöns utlopp den minsta i tidsserien (Figur 39). I Motala ström minskade även transporten av organiskt material (analyserat som TOC).

Tidsserier för transporter finns inte framtagna för Orrnäsaån, Röttleån, Domneån, Gagnån och Hjoån. För Ålebäcken och Malmabäcken är inte tidsserier för transporter möjliga att göra, eftersom inga flödesuppgifter finns att tillgå på SMHI:s Vattenwebb.

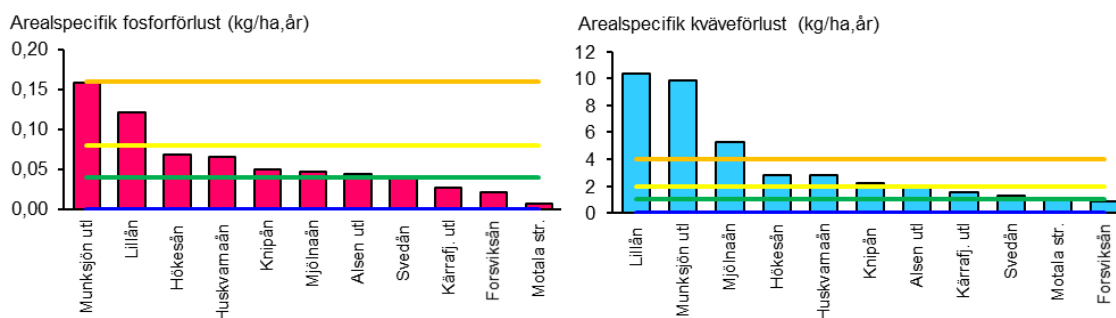


Figur 39. Årstransporter av näringsämnet kväve i Huskvarnaån (station 50) och Munksjöns utlopp (station 60) samt årsmedelvattenföring åren 1992/1996-2018. Linjer avser linjär regression.

Arealspecifik förlust

För Lillån (Bankeryd) och Munksjöns utlopp bedömdes 2018 års arealspecifika förluster (ämnestransporter per avrinningsområdesyta) som höga för kväve och måttligt höga för fosfor (Figur 40). Både Lillån och Munksjön är kraftigt belastade av näringsämnen (främst kväve) från kommunala reningsverk i Bankeryd respektive centrala Jönköping (Simsholmen). Lillåns avrinningsområde omfattar dessutom en stor andel jordbruksmark (38 %) och saknar sjöar (Figur 36) som kan fungera som ”klarningsbas-sänger”. Även Mjölnaån, vars avrinningsområde omfattar 46 % jordbruksmark (Figur 36), hade höga kväveförluster, men låga fosforförluster (Figur 40). För Hökesån, Huskvarnaån och Knipån var arealförlusterna av kväve måttligt höga, medan de var låga för fosfor (Figur 40). För övriga provplatser klassades de arealspecifika förlusterna av kväve och fosfor som låga eller mycket låga (Figur 40). Kärrafjärdens utlopp samt Vätterns utlopp vid Motala ström hade mycket låga fosforförluster och låga kväveförluster. Den enda stationen med mycket låga förluster av både fosfor och kväve var Forsviksån, vilket främst beror på stor procent sjö (21 %).

Vid utvärdering av tidsserier för arealförluster under 2000-talet finns bara statistiskt säkra trender på tvåstjärnig nivå ($p < 0,01$) för tre stationer. Det gäller minskande kväveförluster för utloppen ur Alsen (2006-2018) och Kärrafjärden (2000-2018) samt minskande fosforförluster för utloppen ur Kärrafjärden (2006-2018) och Vättern (Motala ström, 2000-2018 t.o.m. 2002-2018). För dessa platser finns även enstjärnigt signifikanta trender ($p < 0,05$) mot minskande förluster av både kväve och fosfor för flera år. Övriga stationer med minskande förluster på enstjärnig nivå är främst Huskvarnaån (kväve och fosfor huvudsakligen under den senaste tioårsperioden) och Svedån (endast kväve huvudsakligen under den senaste tioårsperioden). I samtliga fall kan minskande förluster under 2000-talet kopplas till minskande flöde (minskat markläckage). Det finns inga säkra trender mot ökande förluster.



Figur 40. Arelspecifika förluster av fosfor respektive kväve år 2018 för 10 av 17 undersökta tillflöden till Vättern samt Vätterns utlopp vid Motala ström. Över blå linje är förlusterna mycket låga, över grön linje låga, över gul linje måttligt höga och över orange linje höga. Bedömningar enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (Rapport 4913, 1999).



Figur 41. Munksjön (foto: Ann-Charlotte Norborg Carlsson, SYNLAB)

Växtplankton

Ingrid Hårding, Medins Havs- och vattenkonsulter AB

Sammanfattning

Resultaten från 2018 års undersökningar av växtplankton i Vättern visade på hög näringsstatus vid både Edeskvärna och Jungfrun. Biomassan var mycket liten under hela säsongen och mängden guldalger som indikerar oligotrofi (näringsfattigdom) var relativt stor, främst i april och maj vid Edeskvärna.

Inledning

Växtplanktonsamhället i Vättern har följts under mer än trettio år. Genom att analysera artsammansättning, arters relativa förekomst samt biovolym flera gånger årligen bevakas tillståndet och eventuella förändringar. Växtplanktonsamhällen förändras tydligt vid ändringar i till exempel näringsbelastning, betningstryck, vattentemperatur, ljusförhållanden och försurningspåverkan. Även för att förstå förändringar i andra delar av näringsväven är kunskap om primärproducenternas utveckling viktig.

Provtagnings- och analysmetoder

Provtagning av växtplankton i Vättern utförs fyra gånger under året, i april, maj, juni och augusti. År 2018 utfördes provtagningarna 23-24 april, 29 maj, 24-25 juli och 5-6 september. Provtagningen av växtplankton sker på samma stationer som vattenkemiproverna tas (tabell 4).

Tabell 4. Stationer för undersökning av växtplankton i Vättern (koordinater i RT 90, 2.5 gon V)

Nr	Station	Koordinater (x-y)	Maxdjup (m)	Provtagningsnivåer (m)
1	Edeskvärna	6421370 - 1406420	115	0 - 24 (blandprov)
2	Jungfrun	6486950 - 1434130	75	0 - 24 (blandprov)

Kvantitativa prov tas med en rörhämtare från varje tvåmetersintervall ned till 24 m (0–2, 2–4 m och så vidare) och samlas till ett blandprov. Ur blandprovet tas ett delprov för analys. Vid varje provpunkt tas dessutom ett kvalitativt prov från 0–24 meters djup genom vertikal håvning. Håvens masktäthet är 25 µm. Samtliga prov konserveras med Lugols lösning.

Artbestämning, räkning och mätning av växtplankton görs med hjälp av ett omvänt faskontrastmikroskop enligt så kallad Utermöhl-teknik (Utermöhl 1958) i enlighet med SS-EN 15204 (SIS 2006) och ”Handledningen för miljöövervakning” (Havs- och vattenmyndigheten 2016). Sedimenterad volym för 2018 års prover var mellan 10 och 25 ml. Statusklassningen sker enligt Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter (Havs- och vattenmyndigheten 2013).

Provtagningsmetodik och nödvändig utrustning för kvantitativ och kvalitativ provtagning av växtplankton finns utförligt beskriven i ”Handledning för miljöövervakning”, undersökningstyp: ”Växtplankton i sjöar” (<https://www.havochvatten.se/>).

Resultat och diskussion

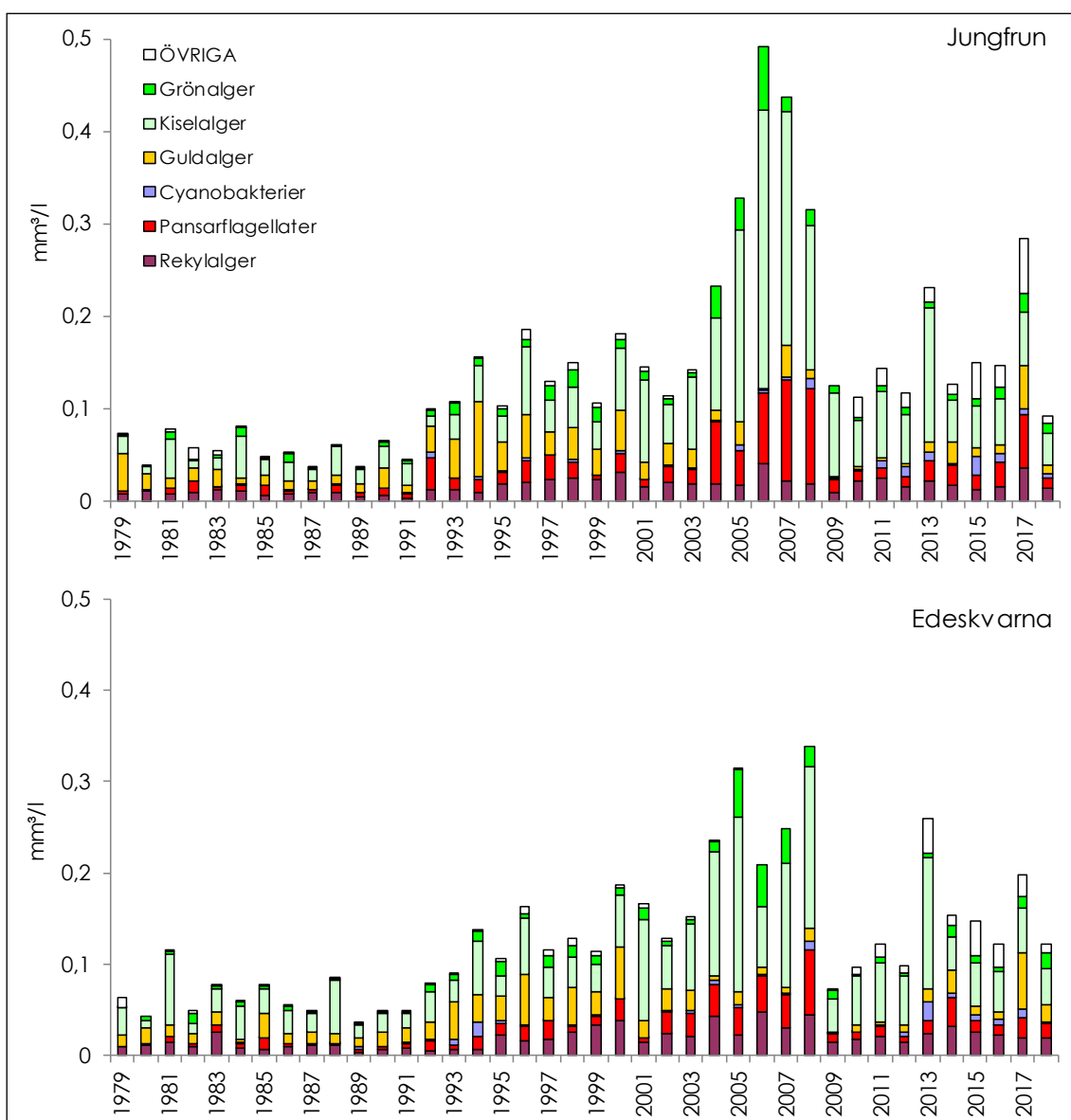
Nedan följer en sammanfattande redovisning av resultaten från 2018 års provtagning. Fullständiga artlistor återfinns på hemsidan för Institutionen för vatten och miljö vid Sveriges lantbruksuniversitet, SLU (<http://www.slu.se/vatten-miljo>), som är datavärd.

Vätterns växtplanktonsamhälle är typiskt för näringsfattiga sjöar. Det visar sig genom att biovolymerna är låga, att indikatorerna på oligotrofi (näringsfattigdom) är många och att cyanobakterier (blågrönalger) inte utgör någon större del av biomassan. Antalet arter är vanligtvis mellan 40 och 50 i juli-augusti och artsammansättningen domineras av kiselalger, guldalger, rekylalger och pansarflagellater (Figur 42). Resultaten från 2018 överensstämmer med detta. Den totala biovolymen av växtplankton var mycket liten vid både Edeskvarna och Jungfrun (Figur 43). Den största biovolymen noterades vid Edeskvarna i april, då biomassan var 0,21 mg/l, vilket alltså är en mycket liten biomassa. Den största andelen kiselalger påträffades vid aprilprovtagningen (Figur 43). Mängden kiselalger i april var ändå liten, vilket visar att Vättern är näringsfattig. Artantalet var högst i aprilprovet från Edeskvarna, då 49 taxa påträffades. Arter som indikerar oligotrofi (näringsfattigdom) var vanligt förekommande under året, främst olika guldalger. Det noterades mycket låga biomassor av potentiellt giftbildande cyanobakterier (blågrönalger) vid 2018 års provtagningar.

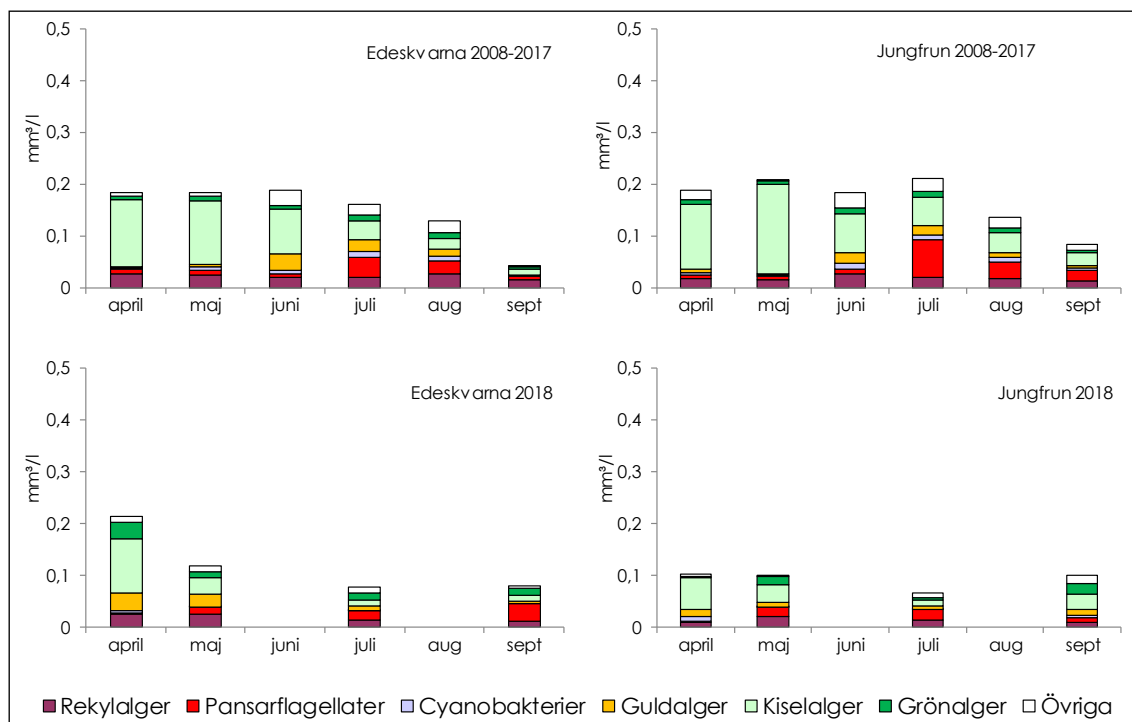
Enligt tidsserien kan man möjligen se en ökning av växtplanktonbiomassan i Vättern (Figur 42), men det finns flera osäkerhetskällor. Framförallt att analysmetodiken fram till år 1991 var annorlunda och innebar att bara de dominerande arterna analyserades. Totalbiomassan var således egentligen lite högre dessa år än vad figuren visar. Under efterföljande år ska samma metodik ha använts, av tre olika laboratorier. Om en ökning av biomassan faktiskt skett skulle det till exempel kunna vara en effekt av ändrad vattentemperatur, förändringar i näringsämneshalter eller kväve-/fosfor-kvoten. Växtplanktonbiomassan i Vättern har dock varit mycket liten under hela undersökningsperioden och ingen större förändring har skett. Växtplanktonbiomassan i en klar sjö i södra Sverige räknas som mycket liten om den är under 0,5 mg/l, och som liten upp till 1 mg/l. Det är dock viktigt att fortsätta följa Vätterns planktonsamhälle för att se om det förändras.

Klassificeringen av en sjös näringsstatus med avseende på växtplanktonsamhället ska enligt bedömningsgrunderna (Havs- och vattenmyndigheten 2013) göras på ett juli- eller augustiprov. Statusen beräknas genom en sammanvägning av följande parametrar: totalbiomassa av växtplankton, andel

cyanobakterier (blågrönalger) och trofiskt planktonindex (TPI). Klassningen av näringsstatus sker i en femgradig skala: hög status, god status, måttlig status, otillfredsställande status och dålig status. Medelvärden från tre års provtagningar bör användas för klassificeringen, när sådana data finns tillgängliga. Sammanvägd status beräknades därför utifrån medelvärden för total biovolym, andel cyanobakterier (blågrönalger) och TPI för treårsperioden 2016-2018. I tabell 5 visas värdena för nämnda parametrar och sammanvägd status för Edeskvärna respektive Jungfrun. Årets juli-prov för Edeskvärna och Jungfrun användes för klassificeringen. De olika delkriterierna gav ett samstämmigt resultat och båda stationerna fick hög sammanvägd status.



Figur 42. Säsongsmedelvärden för växtplanktonbiovolym uppdelade på viktiga grupper vid stationerna Edeskvärna och Jungfrun i Vättern åren 1979-2018. Analysmetodiken åren 1979-1991 innebar att man bara analyserade dominerande arter, varför biomassan dessa år förmodligen var något högre än diagrammet visar. Åren 1979-2003 gjordes analyserna vid SLU, 2004-2009 vid Pelagia Miljökonsult AB och 2010-2018 vid Medins Havs- och vattenkonsulter AB.



Figur 43. Biovolym av växtplankton från 2018 års provtagningar samt månadsmedelvärden för perioden 2008-2017 för stationerna Edeskvärna och Jungfrun i Vättern. Värdena avser prov tagna på 0-24 m.

Tabell 5. Sammanvägd näringsstatus och ingående parametrars värden, baserat på juli/augusti-värden från undersökningar av växtplankton vid stationerna Edeskvärna och Jungfrun i Vättern. Treårsmedel avser åren 2016-2018.

Station	Totalbiomassa (mg/l) 3-årsmedel	Andel cyanobakterier (%) 3-årsmedel	Trofiskt planktonindex (TPI) 3-årsmedel	Sammanvägd status 3-årsmedel
Edeskvärna	0,113	2,42	-0,86	Hög
Jungfrun	0,160	1,88	-1,54	Hög

Djurplankton

Ingrid Hårding, Medins Havs- och vattenkonsulter AB

Sammanfattning

Under år 2018 var mängden djurplankton i Vättern fortsatt liten, vilket tyder på ett näringsfattigt tillstånd. Vanliga arter år 2018 var hjuldjuren *Polyarthra vulgaris* och *Kellicottia cochlearis* samt hinnkräftan *Bosmina longispina* (Figur 47). Även hoppkräftorna *Eudiaptomus gracilis* och *Thermocyclops oithonoides* samt glacialrelikterna *Eurytemora lacustris* och *Limnocalanus macrurus* (Figur 44) var vanligt förekommande. Arter som indikerar näringsfattigdom dominerade artsammansättningen.



Figur 44. Hoppkräftan *Limnocalanus macrurus* från Vättern år 2018.
Foto: Medins Havs- och vattenkonsulter AB ©.

Inledning

Övervakningen av djurplankton omfattar hoppkräftor, hinnkräftor och hjuldjur. Av dessa är framförallt hinn- och hoppkräftor viktig föda för pelagisk fisk (pelagisk innebär att den lever i den fria vattenmassan) medan hjuldjur kan vara viktig föda för nykläckta yngel av flera fiskarter. Vissa storvuxna arter av hinnkräftor är rolevande och kan ibland konkurrera med planktonätande fisk om födan, samtidigt som de själva utgör begärliga byten för fisk. Därför är mängden djurplankton avgörande för både sportfisket och det kommersiella fisket. Djurplankton har även andra viktiga funktioner. Eftersom många djurplanktonarter lever på att filtrera växtplankton och partiklar ur vattnet, bidrar de till exempel till att

upprätthålla Vätterns klara vatten, till glädje för friluftsliv och dricksvattenkonsumenter.

Djurplankton befinner sig i en komplicerad näringsväv. De påverkas bland annat både av mängden växtplankton och av mängden planktonätande fisk. Djurplankton är därför inte den organismgrupp som först påverkas av miljöförändringar. När det väl inträffar tydliga förändringar i djurplanktonssamhället brukar det å andra sidan vara en konsekvens av någon betydande miljöpåverkan. Förändringar bland djurplankton kan till exempel indikera förändringar både i växtplankton- och i fiskssamhället. Övervakning av djurplankton är således viktig för att kunna förstå bakgrunden till andra biologiska förändringar i Vättern.

Vissa arter av djurplankton har även ett särskilt bevarandevärde på grund av sin intressanta biologi, historia eller sin ovanlighet. Det gäller till exempel relikthoppkräftan *Limnocalanus macrurus* (Figur 44), som är en av Vätterns glacialrelikter (istidsrelikter).

Provtagnings- och analysmetoder

Djurplanktonproven togs 24-25 juli och 5-6 september 2018 på tre djupnivåer: 0-10 meter, 10-20 meter och 20-40 meter. För provtagning av hinn- och hoppkräftor användes en WP 2-håv med stängningsmekanism (Hydrobios, diameter: 57 cm, maskvidd: 100 µm) som drogs vertikalt genom det aktuella provtagningsskiktet. Hjuldjur provtogs med vattenhämtare, modell Limnos, från tre djup inom respektive provtagningsskikt (0,5, 5 och 10 meter; 10, 15 och 20 meter respektive 20, 30 och 40 meter) och de tre proven från varje skikt slogs samman och filtrerades genom ett 25 µm såll. Djurplanktonproven konserverades med neutral Lugols lösning.

Analysen utfördes med hjälp av ett inverterat mikroskop vid 25-400 gångers förstoring. Cirka 100 rotatorier (hulldjur) och cirka 200 kräftdjur, ofta fler, från varje prov räknades och artbestämdes. Större arter, som *Limnocalanus* och *Leptodora*, räknades i en större del av provet eller i hela provet om det var möjligt. Metoderna för provtagning och analys följde "Handledning för miljöövervakning", undersökningstyp "Djurplankton i sjöar" (Naturvårdsverket 2003) och provtagningsprogrammet för Vättern.

Resultat och diskussion

ARTFÖREKOMST

Nedan följer en sammanfattande redovisning av resultaten från 2018 års provtagning. Fullständiga artlistor återfinns på hemsidan för Institutionen för vatten och miljö vid Sveriges lantbruksuniversitet, SLU (<http://www.slu.se/vatten-miljo>).

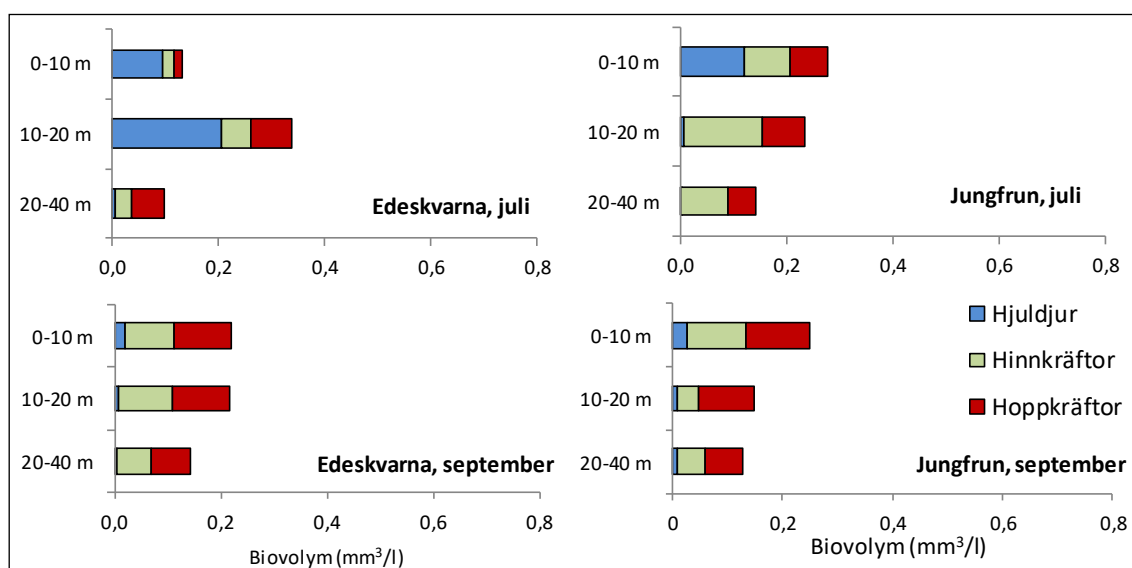
Djurplanktonsamhället i Vättern är artfattigt. Sammantaget i proven hittades totalt cirka 14 olika arter av kräftdjur och cirka 17 arter av hjuldjur. Vätterns djurplanktonsamhälle är relativt stabilt vad gäller artförekomst och 2018 års artsammansättning liknar tidigare års. Bland indikatorerna överväger arter som föredrar näringsfattiga förhållanden. Dominerande art bland hinnkräftorna var *Bosmina longispina* (Figur 47) och bland hoppkräftorna *Thermocyclops oithonoides* och *Eudiaptomus gracilis*. Bland hjuldjuren dominerade arterna *Polyarthra vulgaris*, *Kellicottia cochlearis* och *Kellicottia longispina*.

Tätheten av hjuldjur är mycket liten i Vättern. Det kan dels vara en effekt av den rikliga förekomsten av stora hinn- och hoppkräftor, dels en effekt av den låga växtplanktonbiomassan. Både bland hinn- och hoppkräftorna förekommer arter som är känsliga för intensivt predationstryck från fisk. Det gäller t.ex. *Daphnia galeata*, *Holopedium gibberum* och *Limnocalanus macrurus* (Figur 44).

UTBREDNINGSMÖNSTER

Figur 45 ger en sammanfattande bild av djurplanktonsamhället och dess djupfördelning vid 2018 års undersökning. Den största biovolymen påträffades oftast i det ytligaste vattenskiktet. Individtätheten av hjuldjur var mycket liten vid alla provtagningar, som mest 214 individer per liter i ytvattnet vid Edeskvärna i juli, vilket tyder på näringsfattiga förhållanden.

Enskilda arter hade specifika utbredningsmönster. Ett exempel är den stora glacialrelikten *Limnocalanus*, som vid 2018 års provtagning påträffades i störst antal vid Edeskvärna i juli. Det kan möjligen ha berott på att temperaturen i vattnet på större djup än 10 meter var relativt låg. Hoppkräftan *Limnocalanus* brukar oftast påträffas i djupare vatten, där den kan gömma sig från fiskpredation under dagtid och vattentemperaturen är



Figur 45. Biovolymen av djurplankton fördelad på hoppkräftor, hinnkräftor och hjuldjur från de tre provtagningsnivåerna vid stationerna Edeskvärna och Jungfrun i Vättern år 2018.

svalare. Den betydligt mindre arten, *Eudiaptomus gracilis*, har ofta en motsatt utbredning, med lägst tätheter på 20-40 meters djup. Den arten löper troligen mindre risk att bli upptäckt och uppäten av fisk, varför den kan uppehålla sig i ytligare vatten på dagen.

Den rovlevande hinnkräftan, *Leptodora kindtii*, påträffades år 2018 vid alla provtagningar. Arten är en aktiv simmare och lever av att äta andra djurplankton. Den är storvuxen och ett begärligt byte för fisk, men skyddas i viss mån av att den är transparent. Även en annan rovlevande hinnkräfta, *Bythotrephes longimanus*, påträffades vid Jungfrun år 2018.

Olika djurplanktonarters utbredningsmönster kan ha konsekvenser för transporten av näring mellan olika vattennivåer, särskilt om de äter på vissa djup och utsöndrar näring på andra djup. Även fiskars aktivitet påverkas av djurplanktons utbredning och vandringsbeteenden. Pelagisk fisk som nors och siklöja äter i de skikt där eftertraktade djurplankton uppehåller sig, vilket i sin tur förväntas locka dit rovfiskar.

FÖRÄNDRINGAR I DJURPLANKTONSAMHÄLLET

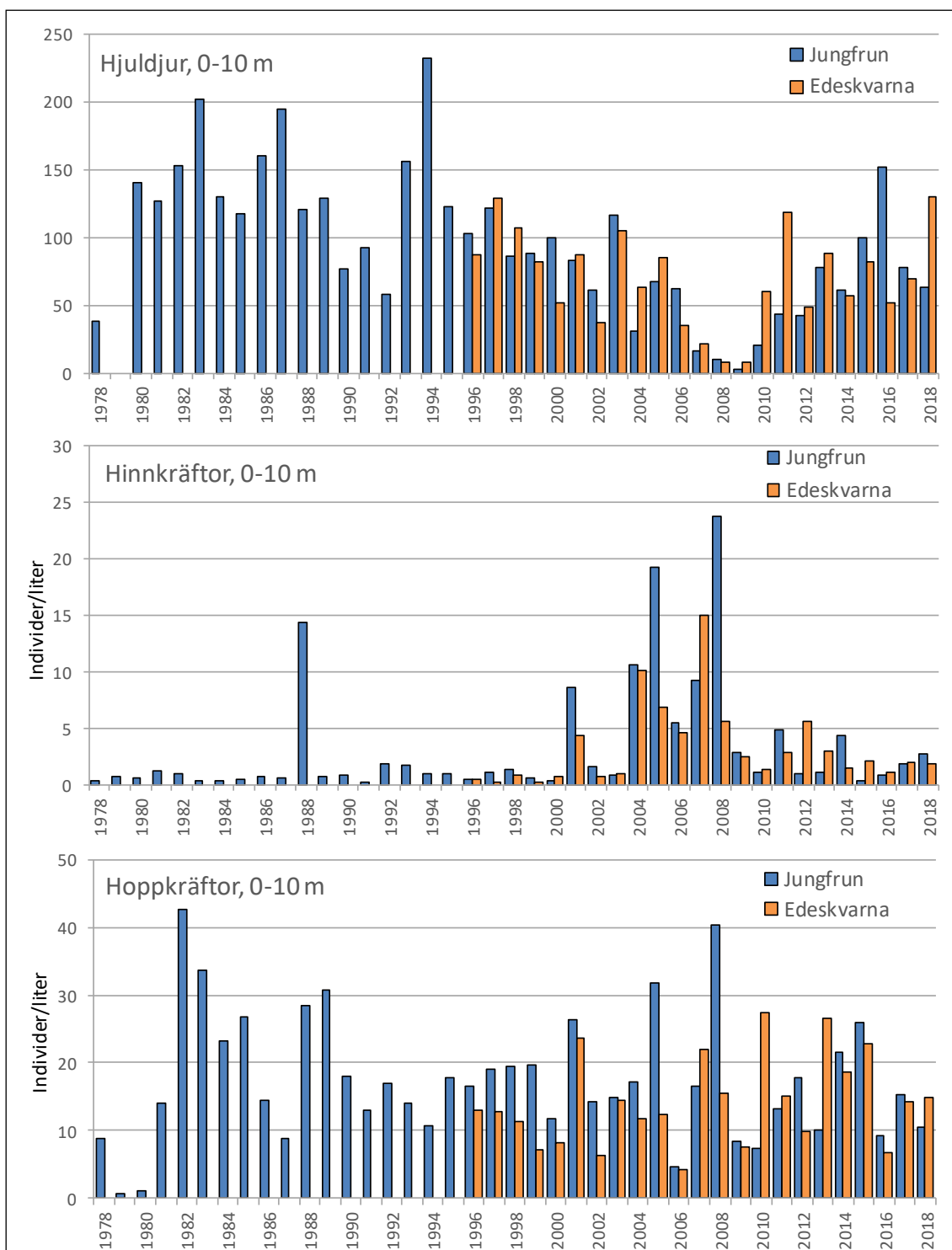
Jämförbara data över djurplanktonmängder i Vättern finns tillgängliga från år 1978 för stationen vid Jungfrun och från år 1996 för stationen vid Edeskvärna. Enligt den längre tidsserien är det framförallt två förändringar som har inträffat (Figur 46):

1. Mängden hjuldjur var mindre efter mitten av 1990-talet med den lägsta rapporterade tätheten år 2009. Under åren därefter har tätheten åter varit större.
2. Hinnkräftorna rapporterades vara mer vanligt förekommande under 2000-talets början och antalet var under en följd av år konsekvent större än genomsnittet för perioden. Åren 2009-2015 var tätheten åter igen mindre.

Tidsserien för Edeskvärna är kortare och det är svårare att se tydliga förändringar, men samma tendenser som vid Jungfrun kan anas. Den totala mängden hoppkräftor har troligen inte förändrats nämnvärt vid någon av stationerna, men tolkningen försvåras av att variationen mellan åren är relativt stor.

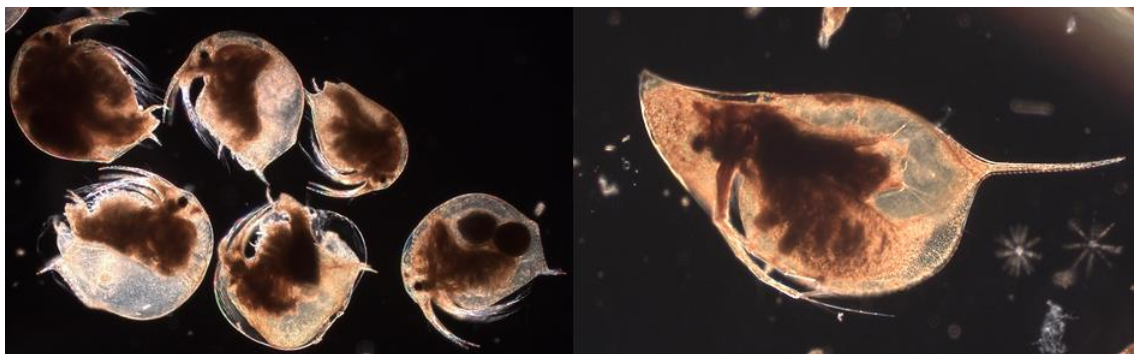
De arter av hinnkräftor som förekommit rikligt det senaste decenniet är *Bosmina longispina* (Figur 47), *Daphnia cristata* (Figur 47) och *Daphnia galeata*. Dessa arter är omtyckt föda för pelagisk fisk. En orsak till hinnkräftornas ökning under 2000-talets början skulle således kunna ha varit förändringar i täthet, åldersstruktur eller beteenden hos de fiskpopulationer som framförallt reglerar dessa hinnkräftors mängd ute i det fria vattnet (siklöja och nors). Samtidigt kan mängden hjuldjur påverkas negativt av hinnkräftornas aktivitet. Dels konkurrerar filtrerande hinnkräftor som *Bosmina* och

Daphnia om födan med många hjulddjur, dels kan åtminstone *Daphnia* filtrera i sig en del hjulddjur.



Figur 46. Utvecklingen av mängden hjulddjur, hinnkräftor och hoppkräftor i det ytligaste vattenskiktet (0-10 m) vid stationerna Jungfrun och Edeskvärna i Vättern. Staplarna avser augustivärden för perioden 1979-1995 och för åren 2012-2013. För övriga år avser staplarna medelvärde för två prover per år (juli och augusti/september). Åren 1978-2003 gjordes analyserna vid SLU, 2004-2009 vid Pelagia Miljökonsult AB och 2010-2018 vid Medins Havs- och vattenkonsulter AB.

De eventuella förändringarna i djurplanktonsamhället under det senaste decenniet skulle således ha kunnat orsakas av förändringar i fisksamhället. Det finns dock även andra faktorer som påverkar mängderna av hjuldjur samt av hinnkräftorna *Bosmina* och *Daphnia*. Dit hör till exempel mängden stora, rovlevande djurplankton och tillgången på växtplankton.



Figur 47. Olika arter av hinnkräftor i prov från Vättern: *Bosmina longispina* till vänster och *Daphnia cristata* till höger. Foto: Medins Havs- och vattenkonsulter AB ©.

Bottendjur

Mikaela Sandgathe, Medins Havs och Vattenkonsulter AB

Sammanfattning

Bottenfaunan dominerades som tidigare år av vitmärlor och glattmaskar. Vid samtliga stationer utom Stora Aspön tyder en trendanalys på att andelen fåborstmaskar har minskat medan andelen vitmärlor har ökat, vilket skulle kunna indikera en minskad eutrofiering (övergödning). Provtagning vid dessa djupa stationer är emellertid relativt komplicerad, och har utförts av olika konsulter genom åren. Trots förhållandevis stabila miljöförhållanden på djupbottenarna har variationen i individtäthet mellan åren varit stor. Detta gör trendanalysen osäker. Stora mängder vitmärlor kan med sin omfattande bioturbation (mekanisk störning av botten vid exempelvis födosök) ibland påverka övrig bottenfauna negativt. Det har emellertid inte gått att påvisa något sådant samband mellan djurgruppernas förändringar.

Samtliga beräknade index visade på hög vattenkvalitet för alla tre provtagningsstationerna, och statusen bedömdes som hög med avseende på eutrofiering (övergödning).

Provtagnings- och analysmetoder

Provtagningen utfördes 3-4 september 2018. Sedan år 2004 tas fem prov per station med van Veen-hämtare (total area cirka 0,5 m², cirka 0,1 m² per hugg, Figur 48). Dessförinnan togs tio prover per station med Ekman-huggare (total area 0,25 m², 0,025 m² per hugg, Figur 48) fram till och med år 2003. En större provyta leder normalt sett till att fler arter hittas, men brukar inte påverka skattningarna av täthet.



Figur 48. Provtagning av bottenfauna med van Veen-hämtare.

Resultat

Bottenfaunasamhällena på stationerna i Vättern är likartade över åren. Artantalen är normalt måttligt höga till höga (tabell 6) samtidigt som flera intressanta och för Vättern typiska arter förekommer. Dels förekommer oftast flera mycket näringsämneskänsliga fjädermygglarver, vilket medför mycket höga värden för BQI-index. Dessutom förekommer oftast flera syrekrävande och näringsämneskänsliga arter av fåborstmaskar, vilket medför mycket höga värden även för indexet PTI. Båda dessa index uppvisar i Vättern värden som närmar sig sina maximala gränser (Figur 50), och som är bland de högsta uppmätta i Sverige.

Tabell 6. Antal taxa/arter, individtätethet och statusklassning för stationerna i Vättern år 2018

Provyta	Provdjup (m)	Totalantal taxa	Medelantal taxa	Individtäthet (Individer/m ²)	Ekologisk status (HVM:s kriter.)
3. Vättern, Visingsö SV	109	18 (mycket högt)	9	1 416 (måttligt högt)	Hög
4. Vättern, Omberg	99	10 (måttligt högt)	7	2 988 (högt)	Hög
5. Vättern, St Aspön SO	90	14 (högt)	8	1 530 (måttligt högt)	Hög

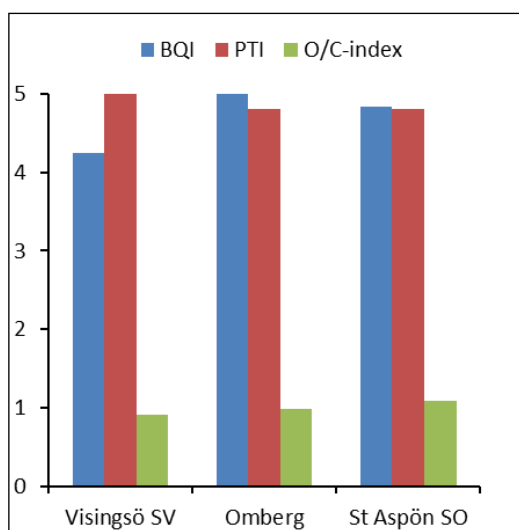
Vid årets undersökning påträffades flera olika arter av glacialrelikter på stationerna. Vitmärlan, *Monoporeia affinis*, förekom i höga tätheter vid samtliga stationer. Enstaka individer av märlkräftan, *Pallasea quadrispinosa* (Figur 49), påträffades på stationerna vid Stora Aspön och Omberg. Skorv, *Saduria entomon*, påträffades endast vid Stora Aspön, men har tidigare år även påträffats vid Omberg. Vid Stora Aspön har tidigare år pungräkan, *Mysis relicta*, påträffats, dock ej i år. Beteckningen glacialrelikter, eller istidsrelikter, syftar på de organismer som levde i det forna ishavet, och som sedan "blev kvar" i sjöarna vid landhöjningen då inlandsisen drog sig tillbaka för cirka 9000 år sedan. Deras naturliga utbredning inskränker sig därför till sjöar och vattendrag under högsta kustlinjen. Istidsrelikterna är känsliga för både låga syrgashalter och låga pH-värden.



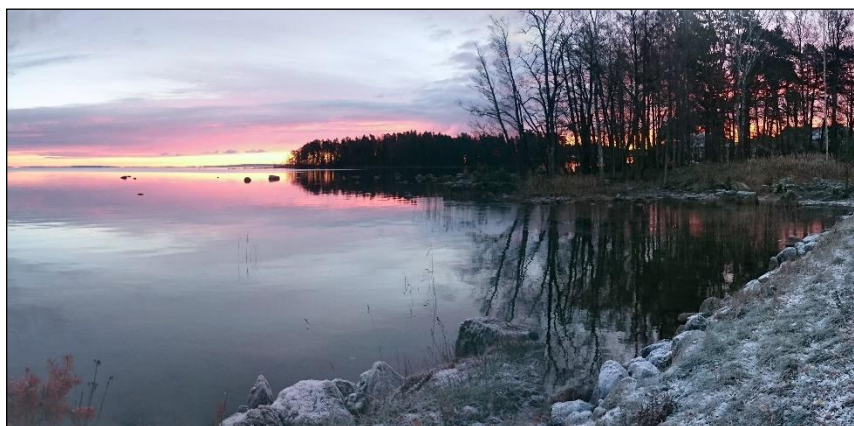
Figur 49. Sjösyrsa, *Gammarus lacustris*, och taggmärla, *Pallasea quadrispinosa*.

På samtliga tre stationer påträffades dessutom den nationellt ovanliga fåborstmasken *Tasserkidrilus acapillatus*. Denna art har tidigare endast återfunnits längre österut i stora, näringsfattiga sjöar som exempelvis Bajkalsjön, Tajmyrsjön och Kaspiska havet. Arten har sannolikt funnits i Vättern även tidigare, men inte identifierats förrän vid 2010 års undersökning då den även blev en ny art för Sverige.

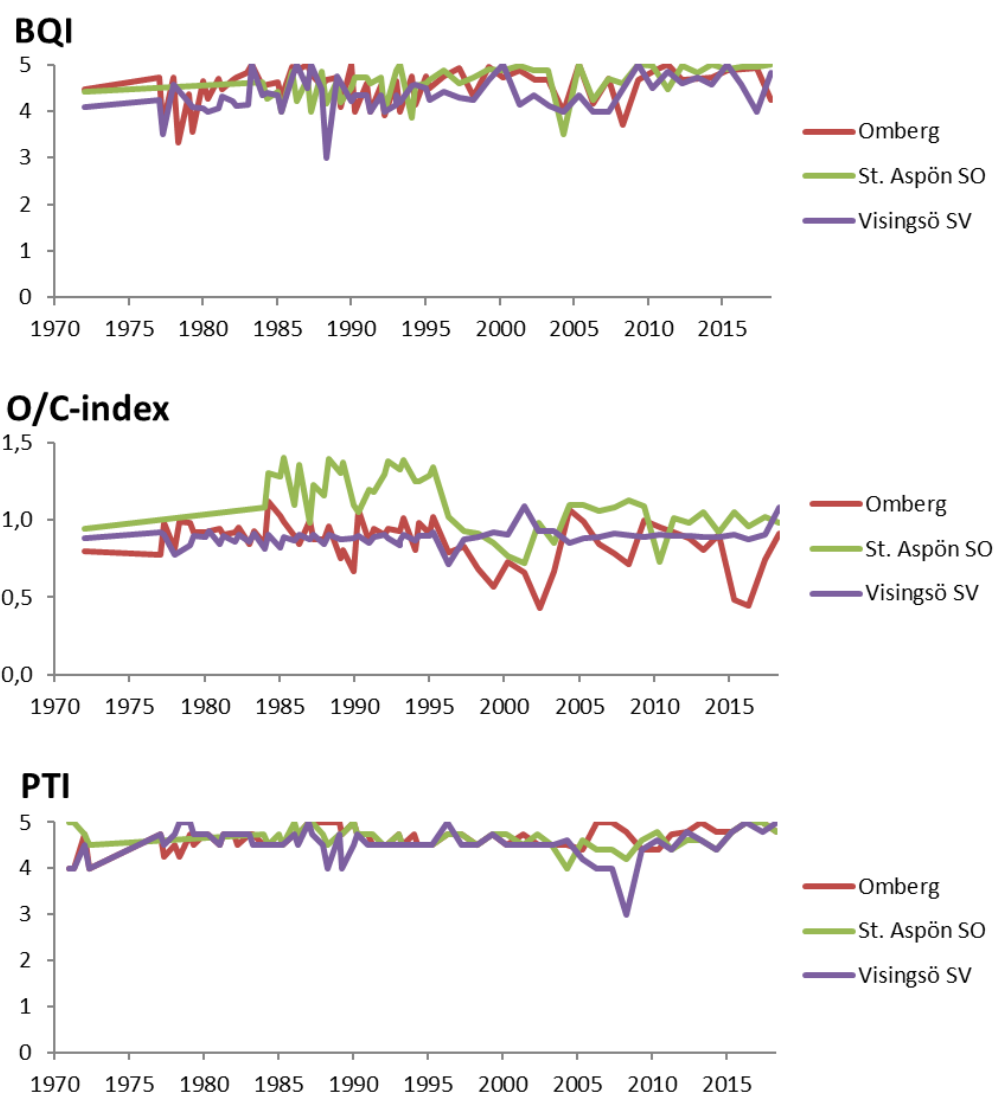
BQI (Benthic Quality Index), O/C-index och PTI (Profundalt Trofi-Index) beräknades för samtliga stationer. Indexen (beskrivna i Wiederholm 1999, HVMFS 2013:19 och Liungman & Ericsson 2006) används normalt för klassning av status och tillstånd med hjälp av profundalfauna (profundal betyder djupbotten). BQI bygger på förekomsten av indikatorarter bland fjädermyggor och kan anta värden från 0 till 5. PTI är ett multimetriskt index (består av flera delindex) och kan anta värden från 1 till 5. För BQI och PTI gäller att högre värden indikerar en mer näringsfattig miljö. O/C-index beräknas som ett djupkomparerat förhållande mellan maskar och sedimentlevande fjädermyggor och kan anta värden från 0 och uppåt. För O/C-index gäller att högre värden indikerar större belastning av näringsämnen. Samtliga stationer uppvisade indexvärden som tydligt visar på näringsfattiga förhållanden och liten eller obetydlig påverkan från näringsämnen/organiskt material (Figur 50). Därmed bedömdes samtliga stationer ha en hög status med avseende på övergödning.



Figur 50. Värden på föroreningsindex för bottenfaunastationerna i Vättern år 2018.



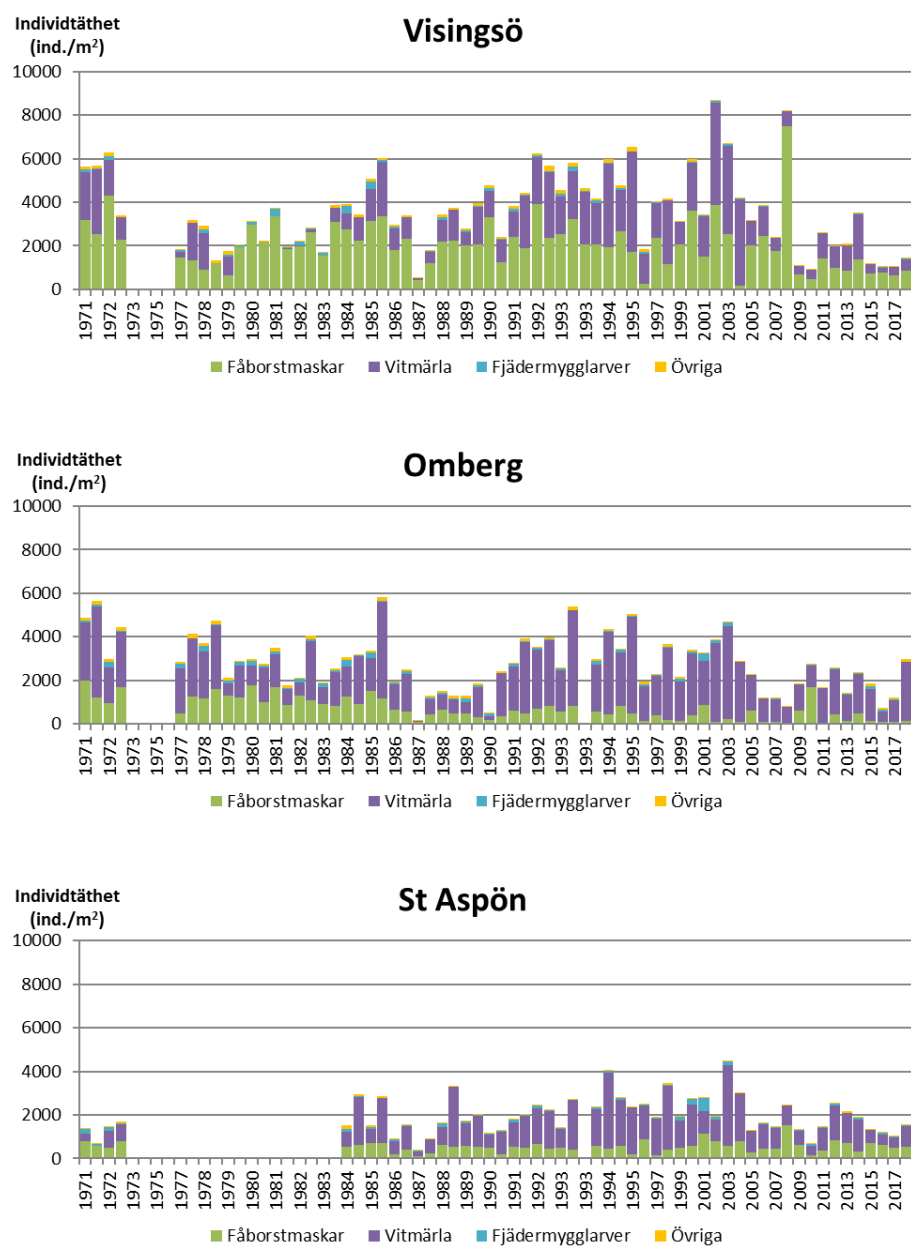
Figur 51. På väg ut till provpunkten vid Stora Aspön en vindstilla dag.



Figur 52. Värden för BQI, O/C-index och PTI vid provtagningar på stationerna i Vättern i augusti 1971- 2018. För BQI har alla noll-värden tagits bort, det vill säga då inga indikatorarter påträffats. Skillnader i taxonomisk upplösning och kvalitet har dessutom medfört att värdena för PTI kan vara marginellt missvisande fram till och med år 2010.

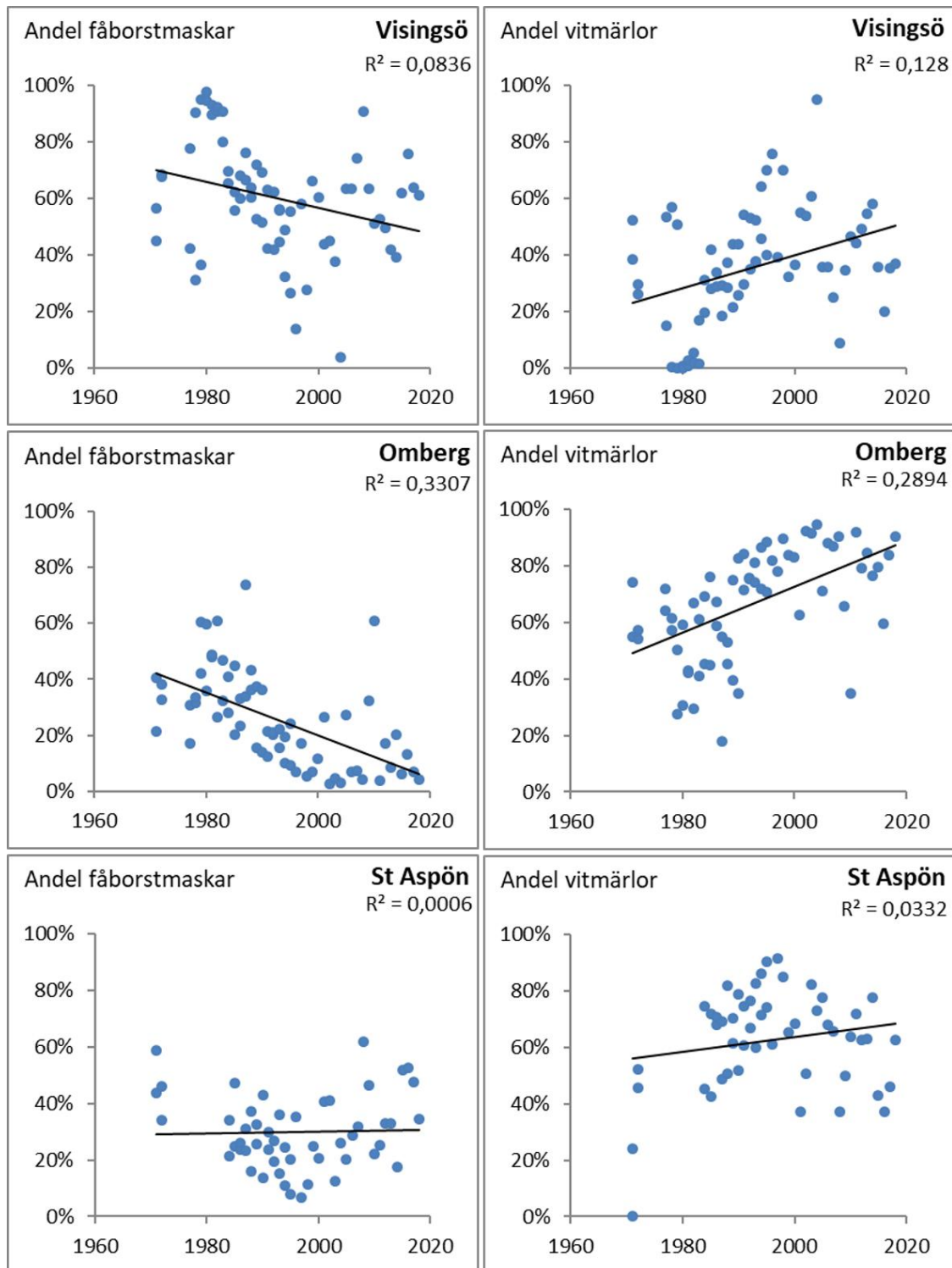
På uppdrag av Vätternvårdsförbundet har Medins Havs och Vattenkonsulter AB räknat fram historiska värden på BQI, O/C-index och PTI. Resultaten visar att förhållandena varit stabila på stationerna samt att BQI indikerat hög status ($BQI > 2,01$) under hela undersökningsperioden (Figur 52).

Individtätheterna har för samtliga djurgrupper varierat betydligt under åren på alla stationer (Figur 53). Några tydliga trender eller förändringar i vattenkvalitet har inte gått att identifiera.



Figur 53. Individtäthet för de fyra vanligaste bottenfaunagrupperna vid provtagningar i augusti 1971- 2018 på stationerna i Vättern.

Vid en analys av andelen fåborstmaskar (*Oligochaeta*) och vitmärlor (*Monoporeia affinis*) kan en svag trend skönjas mot minskande andel fåborstmaskar och ökande andel vitmärlor, framförallt vid Omberg (Figur 54). Spridningen av data är dock stor och det har inte gått att visa att dessa gruppers förändringar är korrelerade till varandra.



Figur 54. Andel fåborstmaskar och vitmärlor i förhållande till totalantalet djur på stationerna i Vättern åren 1971-2018. Den svarta linjen är en linjär regressionslinje. R-kvadratvärdet finns uppe till höger i varje diagram.

Referenser

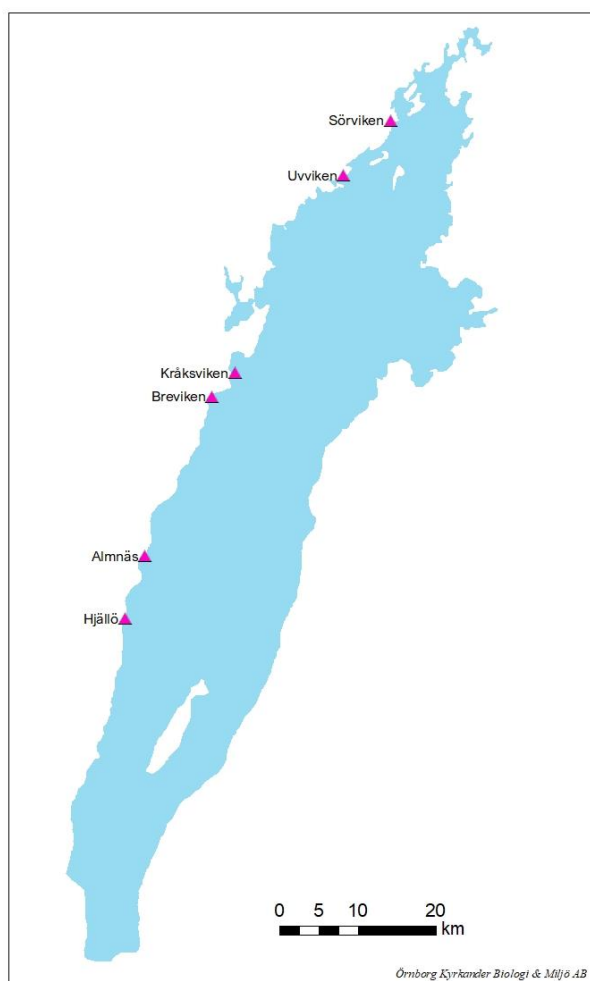
- ArtDatabanken 2015.** Rödlistade arter i Sverige 2015. ArtDatabanken SLU, Uppsala.
- Havs- och vattenmyndigheten 2013.** Havs- och vattenmyndighetens författningssamling. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten, HVMFS 2013:19.
- Liungman, M. & Ericsson, U. 2006.** Profundalt Trofi-Index (PTI) och EutrofiEffekt-Index (EEI) för bedömning av tillstånd samt för påverkansklassning av mjukbottenfauna i sjöar. Medins Biologi AB.
- Vätternvårdsförbundet och Kommittén för Vätterns vattenvård.** Samtliga tidigare årsskrifter.
- Wiederholm, T. (Ed.) 1999a.** Bedömningsgrunder för miljö kvalitet, sjöar och vattendrag. Naturvårdsverket, rapport 4913.
- Wiederholm, T. (Ed.) 1999b.** Bedömningsgrunder för miljö kvalitet, sjöar och vattendrag. Bakgrundsrapport, biologiska parametrar. Naturvårdsverket, rapport 4921.

Inventering av makrofyter i Vättern

Tina Kyrkander, Örnberg Kyrkander Biologi & Miljö AB

Sex delområden i Vättern har under sommaren 2019 inventerats med avseende på makrofyter. De områden som inventerats är Hjällö, Almnäs, Breviken, Kråksviken, Uvviken, Sörviken och Tokanäset. Hjällö, Tokanäset, Uvviken och Sörviken utgör nya lokaler för i år och har således inte inventerats tidigare med avseende på makrofyter enligt den standardiserade makrofytinventering som råder för Vättern sedan 2011. Almnäs och Breviken har inventerats sedan tidigare (2014) och Kråksviken inventeras årligen. Denna sammanfattning beskriver de fyra nyinventerade områdena.

Hittills har 23 delområden i Vättern, som anses varar lämpliga för miljöövervakning avseende makrofyter, valts ut (Kyrkander och Örnberg 2018). Nyinventeringar genomförs fortfarande för att hitta ytterligare lokaler. Målet är att ha ett trettiootal lokaler lämpliga för miljöövervakning och återinventeringar sker med jämna intervall enligt ett rullande schema.



Figur 55. Karta över Vättern med de sex undersökningslokalerna som inventerades 2019.

Den metodik som tillämpas vid makrofyтинventeringar i Vättern följer i huvudsak Havs - & Vattenmyndighetens undersökningstyp ”Makrofyter i sjöar 2015-06-26” (Havs- och Vattenmyndigheten 2015). Det praktiska utförandet av inventeringarna innefattar främst snorkling och fridykning längs transekter som placeras vinkelrätt mot strandkanten. Inom varje transekt läggs inventeringsrutor på 25 x 50 cm i djupintervall om 20 cm, varpå funna arter inom dessa rutor noteras i samband med det aktuella djupet. Inventering fortskrider till dess att växter inte längre påträffas på tre efter varandra följande djupintervall, det vill säga 60 cm efter sista noterade fynd. Noterade fynd innefattar såväl kärlväxter som kransalger och vattenlevande mossor, enligt riktlinjer för den tillämpade undersökningstypen.

HJÄLLÖ

Hjällö ligger i södra delen av Hjo kommun och inventerades 28 augusti 2019. Omgivningen domineras framförallt av jordbruk. I allmänhet kan den antropogena inverkan på området anses begränsad.

Viken är mycket exponerad och området karaktäriseras av sandvandring ca 100 meter ut från strandkanten. Detta gör att makrofyter har svårt att etableras på botten, varför förekomsten av vegetation inte kan ses börja förrän längre ut där sandvandringen inte är lika utmärkande. Stranden består framförallt av klipphöllar och skog. Området är tämligen långgrund och botten domineras av sand och fingrus, men vissa större stenar finns.

Dominerande arter i undervattensvegetationen är kransalgen borststräfsse (*Chara aspera*). Andra påträffade arter är bland annat kärlväxterna hårslinga (*Myriophyllum alterniflorum*) och strandranunkel (*Ranunculus reptans*) samt gräsnate (*Potamogeton gramineus*).



Figur 56. Lokalen Hjällö (2019).

TOKANÄSET

Tokanäset ligger i Motala kommun och inventerades 14 juli 2019. Omgivningen består av skogsbruk och flertalet hus finns längst strandlinjen. Ett antal fritidsbåtar noterades i lokalen.

Delområdet är delvis skyddat av öar även om norra delen är mer exponerad. Stranden är också brantare i norra delen jämfört med södra vilket innebär en begränsad makrofytutbredning till följd av sandvandring vid vissa transekter. Dominerade bottenstrukturer är sand och fingrus. Vid lokalen noterades flertalet signalkräftar. En individ av arten äkta målar-mussla (*Unio pictorum*), som är klassad som nära hotad på rödlistan, noterades också.

Dominerande arter i undervattensvegetationen är kransalgerna papillsträfsse (*Chara virgata*) och borststräfsse (*Chara aspera*) samt kärlväxterna notblomster (*Lobelia dortmanna*) och strandpryl (*Plantago uniflora*).



Figur 57. Lokalen Tokanäset (2019).

UVVIKEN

Uvviken ligger i Karlsborgs kommun inom Naturreservatet Uvviken-Kyrkogårdsön. Viken inventerades 27 augusti. Omgivningen består till stor del av barrskog. Området är välskyddat med liten påverkan från vågor och vind från öppna Vättern.

Stora delar av stränderna består av klipphöllar. I norra och södra delarna är viken mer långgrund utan klipphöllar. Bottensubstraten är framförallt mjukbotten. Ingen båttrafik noterades och viken är relativt ostörd.

Dominerande arter i undervattensvegetationen är kransalgen papillsträffe (*Chara virgata*) samt kärlväxterna strandpryl (*Plantago uniflora*), hårslinga (*Myriophyllum alterniflorum*) och notblomster (*Lobelia dortmanna*).



Figur 58. Lokalen Uvviken (2019).

SÖRVIKEN

Sörviken ligger i Askersunds kommun och inventerades 27 augusti 2019. Viken ligger utanför Olshammars bruk och är utsatt för stor antropogen påverkan. Inre delen av viken är avstängd med läns vilket förhindrar inventering. Här är också botten kraftigt påverkad och undervattensvegetation saknas.

Stränderna i norra delen av viken består av klippor och här saknas grundområden. I söder förekommer mer sandbotten och flackare stränder. Området tycks vara ett bra uppväxtområde för fisk. Överlag saknas i stort kortskottsvegetation i viken och vattnet är grumligt.

Dominerande arter i undervattensvegetationen är gräsnate (*Potamogeton gramineus*).



Figur 59. Lokalen Sörviken (2019).

Referenser

- Havs- och Vattenmyndigheten (2015).** Undersökningstyp: Makrofyter i sjöar. Version 3:0, 2015-06-26.
- Kyrkander, T. och J. Örnborg (2018).** Makrofyter i Vättern 2015-2017. Jönköping, Länsstyrelsen i Jönköpings län.

Vätterns pelagiska fiskbestånd

Thomas Axenrot, Sötvattenslaboratoriet,
Institutionen för Akvatiska resurser, Sveriges Lantbruksuniversitet.

Sammanfattning

Den totala fisktätheten i öppet vatten har ökat årligen sedan den kraftiga minskningen som noterades 2015 (2 213 fiskar per hektar) till 4 691 fiskar per hektar (2018), vilket är över medel för referensperioden (2008-17). Även biomassan har haft en ökande trend och var 28 kg per hektar 2018 (medelvärde de senaste fem åren 18 kg per hektar). Huvuddelen av ökningen för 2018 bestod av siklöja och röding. Andelen småfisk (<80 mm) som hornsimpa, storspigg och årsyngel av nors var fortsatt hög (ca 70 %), dvs. till antal bestod beståndet vid undersökningen (september) till största delen av små bytesfiskar.

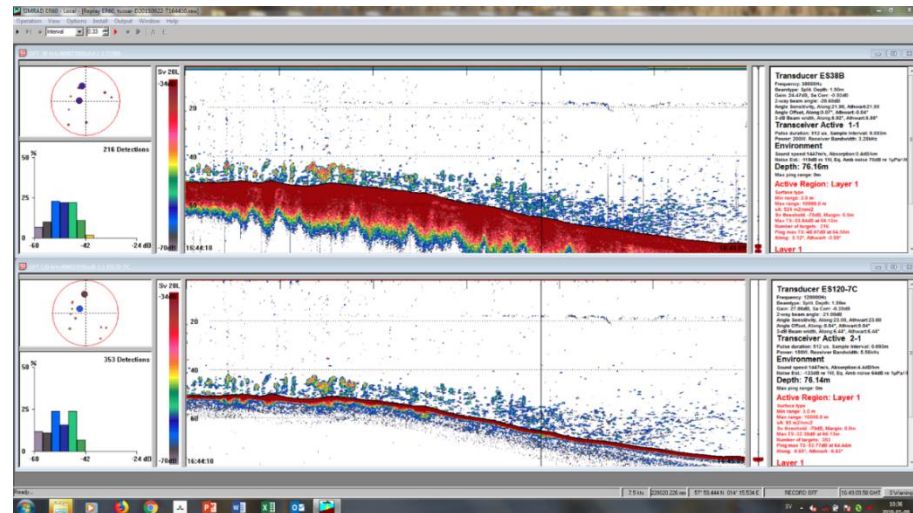
Nors har haft måttlig till god årlig rekrytering under en längre tid, och för beståndet av nors (ettåringar och äldre) noterades en svag ökning sedan den kraftiga minskningen 2015 men beståndet är fortfarande strax under medel för referensperioden (2008-2017). Beståndet av siklöja (ett år eller äldre) återhämtade sig 2013 efter flera svaga år och har fortsatt 2014-18 att ligga över medelvärdet för referensperioden (2008-17). För 2018 noterades den största tätheten av siklöja sedan 2003-04. En måttligt god rekrytering till siklöjebeståndet noterades 2016 över hela sjön utom den sydligaste delen (söder om Visingsö), för 2017 noterades inga årsyngel av siklöja men för 2018 noterades den starkaste årsklassen sedan 2004.

Det pelagiska fisksamhället – viktigast i sjön

Vättern är djup med mestadels branta stränder, små skärgårdsområden och bara mindre till- respektive avrinnande vatten. Vattnets uppehållstid i Vättern är omkring 60 år. Detta medför att det öppna vattnet - pelagialen - dominerar sjöns biologiska produktion. Det pelagiska fisksamhället är också det mest betydelsefulla för fisket, om man undantar fisket på signalkräfta. Med pelagiska fiskar avses de som huvudsakligen uppehåller sig och jagar föda i öppet vatten. Till dessa hör framför allt nors, siklöja och storspigg, lax och röding, samt till viss del även sik och öring. Arter som gers, hornsimpa, lake och abborre är mer knutna till botten.

Nors, siklöja och storspigg är viktiga bytesfiskar för rovfiskarna i sjön. Andra viktiga födoresurser för flera fiskarter, bland annat ung röding, sik och lake, är vitmärla (*Monoporeia affinis*) och pungräka (*Mysis relicta*). Sistnämnda två arter lever också av vad som produceras eller har producerats pelagiskt. Vitmärlor lever bottennära och i sedimentet på stora djup medan pungräkor säsongsvist, nattetid i skydd av mörkret, företar födovandringar från botten högt upp i vattenmassan för att konsumera växt- och djurplankton, samtidigt som de också är en födoresurs för fisk. Riktade

undersökningar för att utveckla metodiken att kvantifiera pungräkor och stora djurplankton genomfördes i Vättern 2007 och 2011 (Vätternvårdsförbundets rapporter nr. 99 och 115; Axenrot m fl., 2009; Ragnarsson Stabo m fl., 2014). Resultaten visade att biomassan av dessa djurgrupper kan vara lika stor som mängden fisk.



Figur 60. Vättern i skymningen - under ytan. Stim börjar lösas upp och en del fiskar vågar lämna botten när mörkret faller. Hydroakustiska ekogram (38 och 120 kHz) från Vättern i september 2015.

Övervakningsmetod

De pelagiska fiskbestånden i Vättern övervakas årligen, med stöd från Havs- och Vattenmyndigheten och Vätternvårdsförbundet, med hjälp av ekolodning. Övervakningen utgör även en del av det nationella miljöövervakningsprogrammet. Undersökningarna påbörjades 1988 och har genomförts årligen sedan 1992.

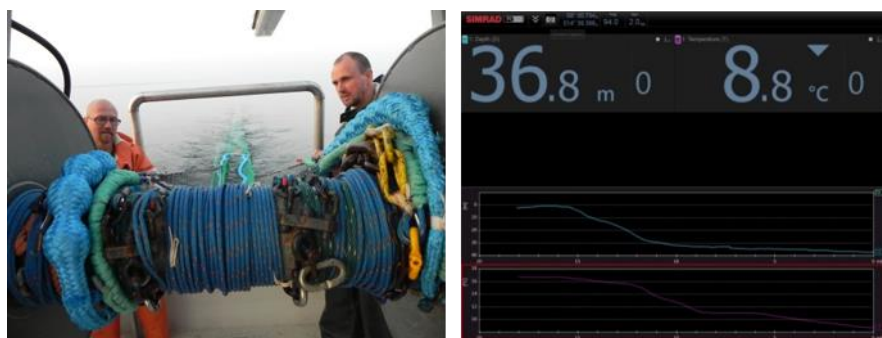
Undersökningarna utförs med vetenskapliga ekolod som samlar in hydroakustiska data längs 14 transekter tvärs över sjön. Från 2006 används ett nytt 120 kHz ekolod som kompletterades 2011 med ett 38 kHz ekolod (Simrad EK60 med ES120 7C och ES38B). Kombination av frekvenser (s.k. multifrekvens) förbättrar precisionen i fiskundersökningarna och ger möjlighet att studera andra organismer i ekosystemet, som t ex. pungräkor och djurplankton (Axenrot m fl. 2009, Ragnarsson Stabo m fl. 2014).

Hydroakustiska data kompletteras med provtrålningar i alla delar av sjön på olika djup, dock inte bottenstrålning. Trålningen ger information om art- och storlekssammansättning i de undersökta fiskbestånden. Provtrålningarna genomförs nattetid i september och är avsedda att fånga de vanligast förekommande fiskarna i öppet vatten. Fiskar som t.ex. fångar byten med hjälp av synen blir därför underrepresenterade vilket ger sämre precision i beståndsskattningen. Årsyngel kan bli

överrepresenterade vid denna tid på året, men används i huvudsak som ett relativt mått på rekryteringsframgång.

Från 2008 används forskningsfartyget U/F Asterix. Fortlöpande utveckling av tolkningen av hydroakustiska data sker genom kunskapsutbyte med forskare i Europa, Nordamerika och Internationella Havsforskningsrådet (ICES) samt i olika projekt. Undersökningarna följer den europeiska standarden för beståndsskattning av fisk med ekolodning i sötvatten som gäller sedan 2014 (CEN, 2014).

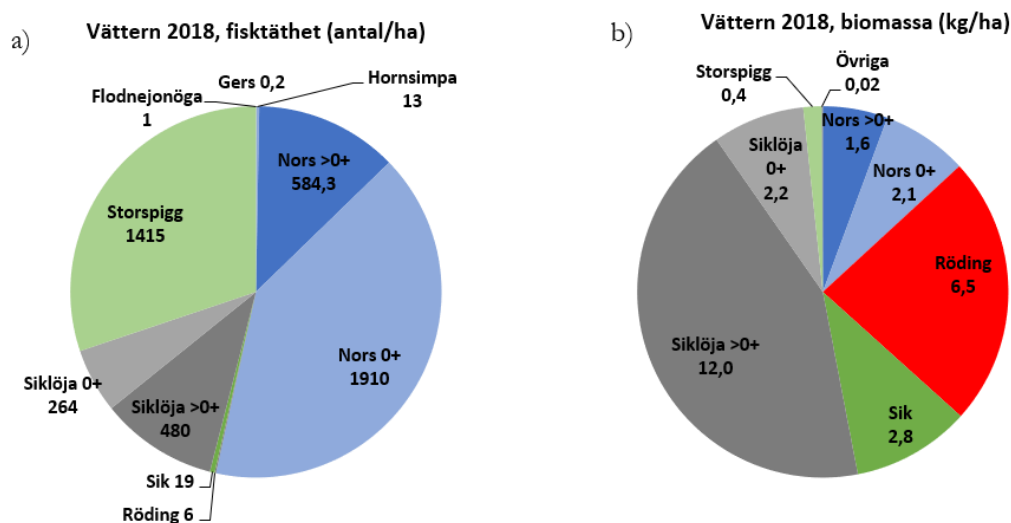
Det kommersiella fisket i havet förvaltas inom den gemensamma fiskeripolitiken, vilket bland annat innebär att det förvaltas med en målsättning om maximal hållbar avkastning (maximum sustainable yield, MSY) och regleras av fångstkvoter. Yrkesfisket i sötvatten förvaltas nationellt, vilket innebär att förvaltningsmål och uppföljning helt kan beslutas av ansvariga myndigheter. Det pågår projekt som syftar till att utveckla lämpliga indikatorer och modeller för beståndsuppföljning av flera nationellt förvaltade bestånd. Till vidare används median som referens till den årliga beståndsutvecklingen. Medianvärdet har baserats på en bedömd lämplig period i närtid, för närvarande en tioårsperiod med start 2008. Startåret är några år efter att fredade områden infördes i Vättern och sammanfaller med det år då det nya forskningsfartyget U/F Asterix ersatte U/F Ancylus. Samma period används för både siklöja och nors.



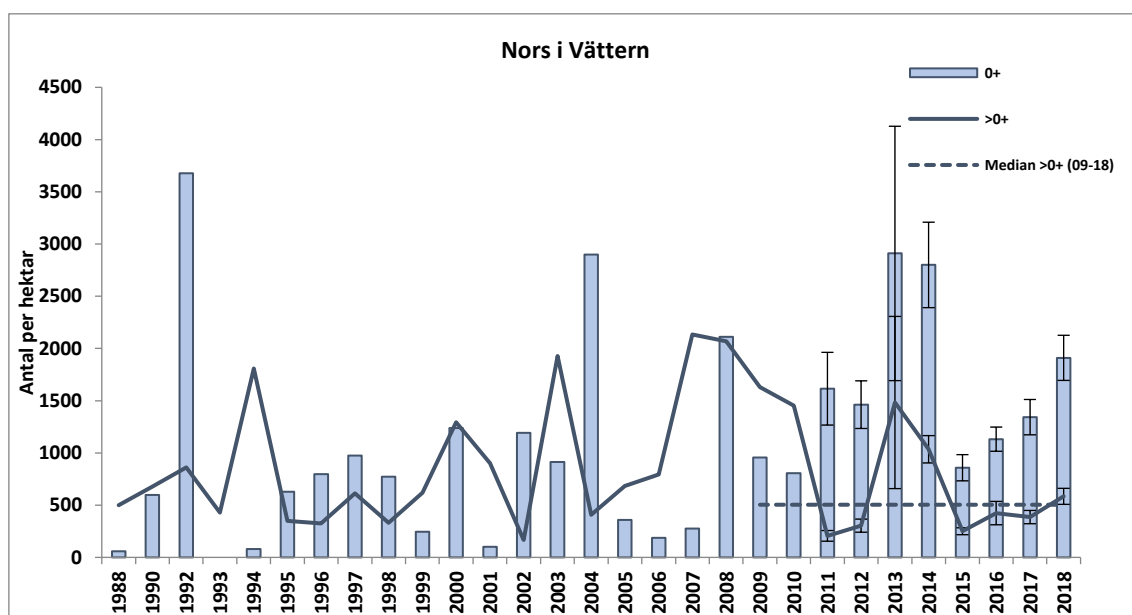
Figur 61. Tråldragen tillför viktig information om art- och storlekssammansättning till ekolodsdata. Tråldjup och tråltemperatur följs i real-tid under tråldragen. Foto Thomas Axenrot.

SVAG ÖKNING AV NORSBESTÅNDET

Nors fortsatte att vara den till antal vanligaste fisken i öppet vatten och ökade 2018 till 2 495 individer per hektar (ha) vilket motsvarade 53 % av antalet fiskar i öppet vatten, varav 77 % årsungar (0+). Storspigg var näst vanligast med 30 %. Andelen nors av den totala fiskbiomassan var 13 % (Figur 62). Beståndet av 1-årig och äldre nors (>0+) ökade något 2018 och är nu åter i nivå med medelvärdet för hela referensperioden (2009-18) efter den kraftiga minskningen 2015. Rekryteringen av nors (0+) var god 2018 (Figur 63). Sett till antal fiskar utgjordes det pelagiska fisksamhället till 71



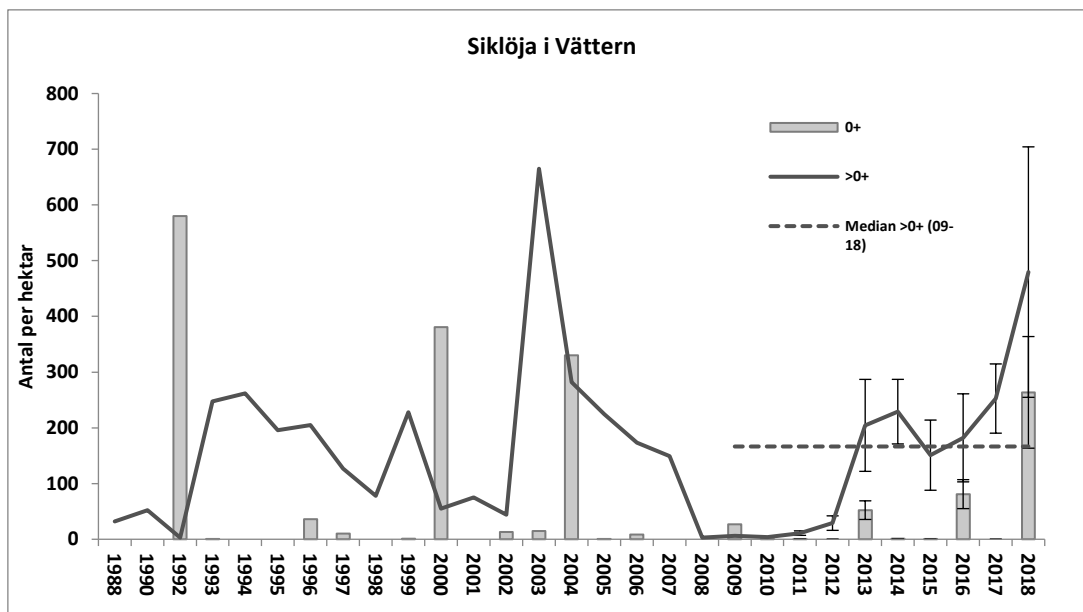
Figur 62. a) Fisktäthet (antal per hektar) av respektive art i det pelagiska fisksamhället i Vättern 2018. b) Motsvarande för biomassa (kg per hektar). Fångst av större fiskar som sik, röding och lax visar stor variation mellan åren och får stor påverkan på andelen av biomassan.



Figur 63. Utveckling av norsbeståndet (ettåriga och äldre, >0+) och den årliga rekryteringen (0+) 1988-2018. Åren 1989 och 1991 genomfördes inga undersökningar. Felstaplar representerar 95 % konfidensintervall.

% av små bytesfiskar (<80 mm) som storspigg och årsyngel av nors, vilket motsvarade 9 % av den totala fiskbiomassan, (Figur 62).

Mängden nors har varierat över åren från cirka 400 till 4 500 individer per hektar. Stora avvikelser från medelvärdet förekommer framför allt vid enstaka år med höga tätheter och kan då oftast förklaras med ovanligt god rekrytering, dvs. stora mängder årsyngel. Nors och storspigg är efter-



Figur 64. Utveckling av siklöjebeståndet (ettåriga och äldre, >0+) och den årliga rekryteringen (0+) 1988-2018. Åren 1989 och 1991 genomfördes inga undersökningar. Felstaplar representerar 95 % konfidensintervall.

traktade bytesfiskar och flertalet blir inte så långlivade. Andelen årsyngel av nors varierar i trålfångsterna mellan sjöns olika delar och har som regel varit högre i de mellersta och norra delarna. En förklaring kan vara att förutsättningarna för tillväxt är mindre gynnsamma i den södra delen med färre grundområden och öar samt mindre näringsrikt och ofta kallare vatten.

SIKLÖJEBESTÅNDET FORTSÄTTER ATT ÖKA

Efter flera svaga år ökade beståndet av siklöja (>0+) 2013 till över medelvärdet för referensperioden (2009-18) och har varit fortsatt starkt därefter. En ny kraftig ökning noterades för 2018 tillsammans med en stark rekrytering (Figur 64). Siklöjan växer mycket snabbt som ung och enstaka individer kan vara 16 cm i september redan under sitt första levnadsår (medel 14 cm). Siklöja utgjorde därmed 51 % av den totala biomassan, och ökade från 7 till 14 kg/ha från 2017 till 2018 (Figur 62).

Beståndet av siklöja har uppvisat stor variation över åren (variationskoefficient ca 100 %) vilket berott på uppkomsten av starka årsklasser enstaka år. Dessa har oftast uppstått med flera års mellanrum med minskande bestånd under mellanliggande år och ett allt svagare bestånd ifall en ny stark rekrytering dröjer. Så minskade t.ex. den starka årsklassen 2004 under några år och beståndet var slutligen mycket svagt 2008-2012 med bara enstaka siklöjor per hektar till dess en ny stark årsklass uppkom (Figur 64). År 2013, 2015 och 2016 noterades mer siklöja i den norra halvan av Vättern, och 2014 och 2017 huvudsakligen i den mellersta delen, från norr om Visingsö till söder om Rökne huvud. Söder om Visingsö noterades få siklöjor (>0+) 2013, 2015 och 2017 och inga alls 2014 och 2016.

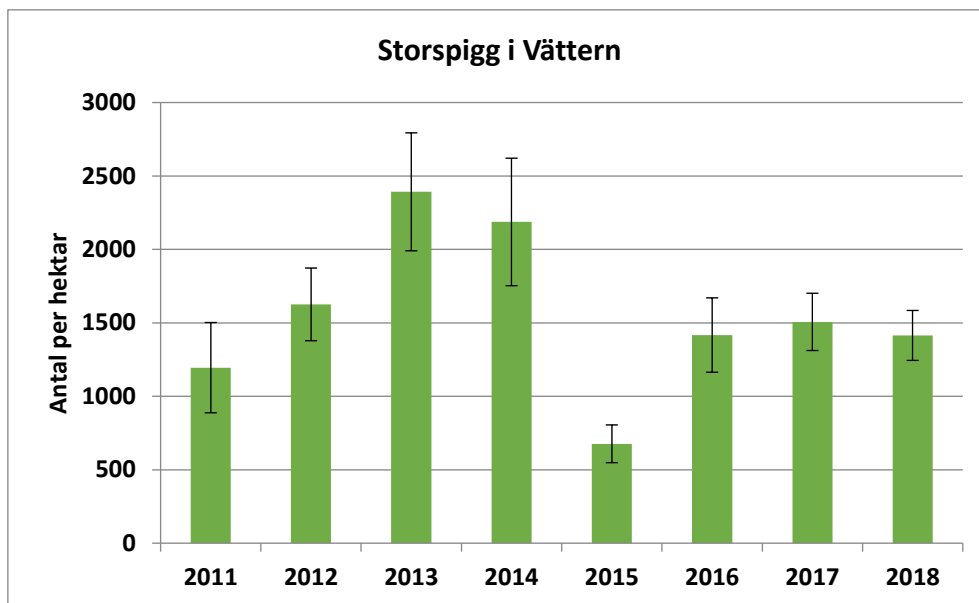
För 2018 noterades siklöja i relativt stor mängd från alla delar av Vättern vilket kanske kan förklaras av att beståndet nu är större än på mycket länge och sikløjorna därför sprids över större områden. Andelen unga siklöjor (0+) varierar också mellan olika områden över åren. År 2012 fångades inga årsyngel av siklöja alls, men åren 2009-2011 fångades dessa nästan uteslutande i den norra delen av sjön. År 2013 fångades en stor del av årsynglen i den södra halvan av Vättern och 2014 och 2015 saknades årsyngel av siklöja i stort sett helt i hela Vättern. År 2016 noterades en ny, måttlig rekrytering som var starkast i den nordligaste delen av sjön, norr om Motalaviken. Söder om Visingsö fångades inga årsyngel av siklöja 2016. År 2017 saknades på nytt årsyngel av siklöja men för 2018 noterades en ny stark årsklass med årsyngel över hela sjön, största mängderna ungefär i höjd med Norrgrundet.

SIKLÖJA - REKRYTERINGSFRAMGÅNG, KONDITION, KONKURRENS OCH KLIMAT

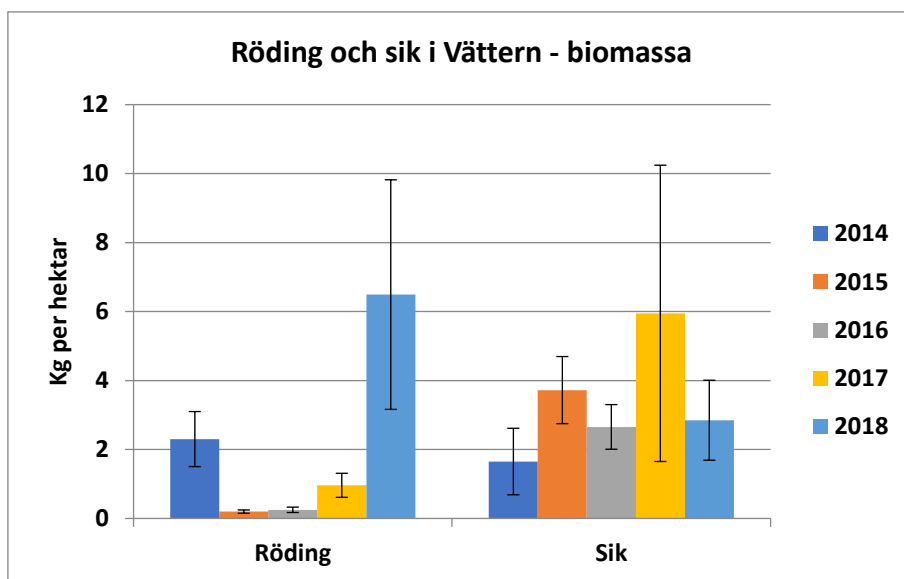
Siklöjan leker på senhösten med kläckning av ynglen på våren medan norsens lek och kläckning av yngel sker på våren. Detta innebär att förutsättningarna på våren kan se olika ut för de två arternas yngel. Det är av största vikt för de nykläckta årsynglen att produktionen av lämpliga födoorganismer sker i rätt tid, vilket i sin tur beror på klimatförhållandena.

Siklöja är vår mest utpräglade djurplanktonätare och en av få fiskarter där alla åldersklasser och storlekar äter samma föda. Detta medför att siklöjan konkurrerar starkt om födan med sina egna artfränder oavsett ålder eller storlek. Det är känt att en stark årsklass kan hålla tillbaka föryngringen under flera år och att en ny stark årsklass uppstår först när den gamla starka årsklassen tunnats ut. Så utgjorde t.ex. den starka årsklassen 1992 fortfarande 1998-99 60 % av antalet vuxna siklöjor och en ny stark årsklass uppstod först år 2000 då den nya årsklassen utgjorde 87 % av alla siklöjor (Figur 64). Riktigt starka årsklasser har bara uppstått 1992, 2000, 2004 samt 2018. Måttligt goda årsklasser noterades för 2013 och 2016.

Klimatfaktorers inverkan på uppkomsten av starka årsklasser hos siklöja har studerats (Nyberg m fl., 2001; Sandström m fl., 2014), men för siklöjan i Vättern kunde inga samband fastställas. Axenrot och Degerman (2016) har visat på ett möjligt samband där enskilda sikløjors kondition påverkas av tidigare lekar och födokonkurrens. Under perioder då sikløjorna hade låg konditionsfaktor uppstod inga nya starka årsklasser i Vättern. Först när den individuella fiskens kondition byggts upp över tid och den kunde lägga energiresurser på rom/mjölke, kunde andra faktorer – som t.ex. klimat – påverka uppkomsten av en ny stark årsklass. Att återta god kondition och bli lekmogen kan antas ta lång tid i en näringsfattig och lågproduktiv sjö som Vättern där siklöjan därtill måste konkurrera med artfränder, ung nors, storspigg och pungräkor om samma födoresurs (djurplankton).



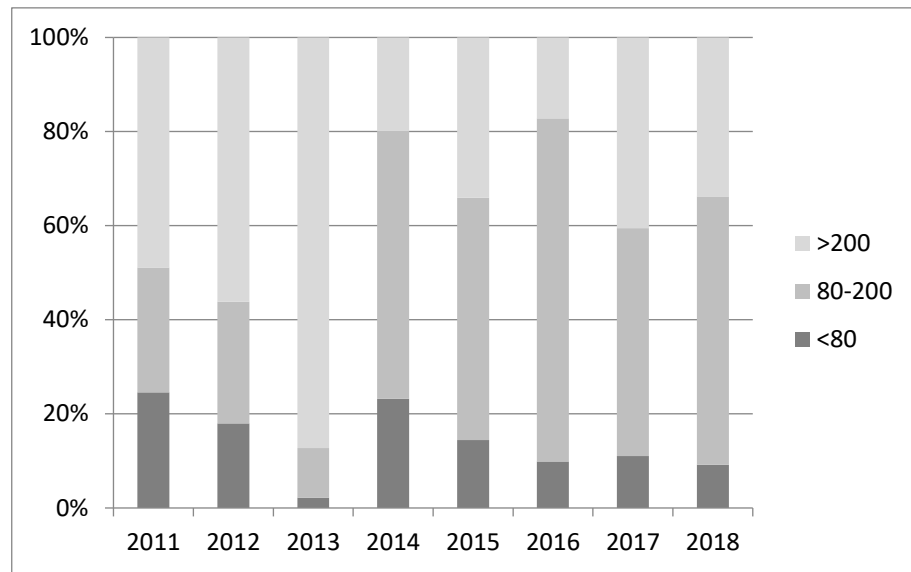
Figur 65. Mängden storspigg i Vättern (antal per hektar) för 2011-2018. Resultat beräknade på hydroakustiska undersökningar med provtrålning i september. Felstaplar representerar 95 % konfidensintervall. Provtagningsmetodiken är inte avpassad för storspigg och resultaten bör tolkas försiktigt.



Figur 66. Skattad biomassa av röding och sik de senaste fem åren baserat på resultat från ekolodning och provtrålning i öppet vatten. Data insamlade nattetid under september. Provtagningsmetodiken är inte avpassad för röding och sik varför resultaten bör tolkas försiktigt.

Övriga arter

Utöver nors och siklöja fångades 2018 även storspigg, sik, hornsimpa, röding, flodnejonöga och gers vid provtrålningarna (Figur 62).



Figur 67. Den relativa fördelningen av biomassa för olika storleksgrupper av fisk i öppet vatten (2011-18). Längdgrupper i millimeter.

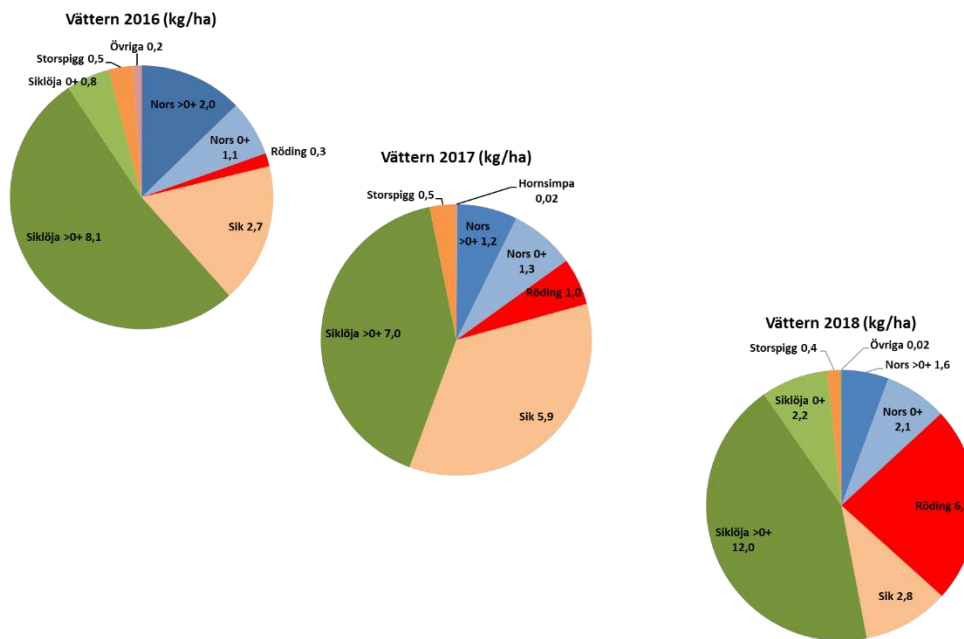
Den näst vanligaste fisken efter nors i öppet vatten var storspigg (Figur 62 och Figur 65). Arten uppehåller sig ofta nära ytan vilket gör att en stor del av individerna sannolikt inte registreras vid ekolodning då givaren/svängaren sitter monterad under båten (U/F Asterix) på 1,5 m djup och har en teknisk närgräns på ca 1,5 m (sammanlagt 3 m). Det mest ytliga tråldraget sker normalt på ca 5-10 m för att komplettera data från ekolodningen. Helt ytliga tråldrag (0-5 m) har genomförts för att ge en uppfattning om mängden storspigg. I dessa tråldrag utgjorde storspigg >80 % i gruppen liten fisk (<80 mm). I övrigt ingick årsyngel av nors. Nuvarande metodik är inte anpassad för att få ett bra mått på mängden storspigg varför beräkningarna bör tolkas försiktigt.

Större rovfiskar som jagar med hjälp av synen riskerar att bli underrepresenterade vid de nattliga undersökningarna. Dessa fiskar har även lätt att simma undan vid trålning samt förekommer i betydligt färre antal än t.ex. deras bytesfiskar. Beståndsskattningen av dessa blir därför mer osäker (Figur 62 och Figur 66).

Andelen större fiskar (>200 mm) som beräknades per hektar för 2018 utgjorde 34 % av biomassan och bestod mest av röding och sik. Biomassan av medelstor fisk (80-200 mm) ökade till 57 %, huvudsakligen siklöja >0+ (Figur 62 och Figur 67).

FISKTÄTHET OCH BIOMASSA

Mängden fisk kan beräknas som antalet fiskar eller som biomassan av fisk. Båda måtten ger information som behövs för att bedöma beståndstatus och rekrytering för enskilda arter och för ekosystemet i sin helhet. Mindre fiskar, som t. ex nors, finns i allmänhet i stort antal. Hydroakustiska data och trålprover ger därför oftast en god bild av sådana fiskbestånd – med avseende på antal, storleksfördelning, vikt med mera.



Figur 68. Fördelning av biomassa (kg/hektar) av fisk i Vättern för 2016-18 baserat på ekolodning och trålning i september.

Större fiskar är betydligt mindre vanliga, ofta mer rörliga och fångas därför mer sällan. Därtill varierar artspecifik fångstbarhet vid trålningen och ekostyrka (dvs. styrkan i det ljud som reflekteras från fisken tillbaka till ekolodet). Därför innehåller informationen om dessa större fiskar ett större mått av osäkerhet särskilt med avseende på biomassa då en stor fisk väger lika mycket som tusentals årsyngel (Figur 62). Denna osäkerhet är sannolikt en viktig orsak till att den beräknade genomsnittliga fiskbiomassan i öppet vatten i Vättern varierat avsevärt över åren. Figur 68 visar hur biomassan av olika fiskarter fördelade sig i Vättern de senaste tre åren (2016-18).

Diskussion

FÖDOTILLGÅNG

Djurplankton – basföda för siklöja och ung nors – har visat låga mängder under de senaste åren samt omfördelats mellan arter och mot mindre storlekar. Artsammansättningen indikerar näringsfattiga förhållanden (se tidigare Årsskrifter). Vättern har blivit alltmer näringsfattig (oligotrof) på grund av förbättrad rening av avloppsvatten och gödslingsteknik i jordbruket. Halterna av näringsämnen har dock varit låga under lång tid. Stor konkurrens om begränsade födoresurser påverkar fiskarnas kondition negativt och minskar såväl antalet lekar under en livstid som lekframgången vid det enskilda lektillfället, dvs. antalet yngel som produceras och överlever.

KLIMAT

Klimatförändringar kan påverka lekframgången, t.ex. om ynglens kläckning och tillväxt inte matchar tillgången på lämpliga djurplankton. Studien av Sandström m.fl. (2014) och Axenrot och Degerman (2016) visar att det inte verkar föreligga något enkelt samband mellan klimat och lekframgång utan att fler faktorer har betydelse och kan samverka.

BESTÅNDSUTVECKLING

Bestånden (>0+) av bytesfiskarna nors och siklöja minskade under flera år fram till 2013 (Figur 63 och Figur 64). I siklöjas fall kan vi anta att det behövdes 3-4 år efter den starka årsklassen 2004 för att återfå kondition och bli lekmogen och/eller att nya individer från den starka årsklassen (2004) vuxit upp och blivit köns mogna (2-3 års ålder; Axenrot och Degerman, 2016). En mindre stark årsklass noterades 2009, en något starkare 2013, en god årsklass 2016 samt en mycket stark årsklass 2018 (Figur 3). Nors hade normal till god rekrytering under 2008-12, men trots detta minskade beståndet av äldre fiskar (>0+) fram till 2013 (Figur 63) och på nytt 2015. Åren 2013-18 har rekryteringen varit god/mycket god och beståndet har ökat något på senare år (Figur 64). Under motsvarande tid har olika undersökningar i Vättern visat att bestånden av rovfisk – röding, öring, storvuxen sik, lake – haft en gynnsam utveckling (se avsnitt om fisk och fångster). Därutöver finns tillstånd att sätta ut 20 000 laxsmolt årligen och enligt Sportfiskarna har 77 000 laxsmolt satts ut de senaste fyra åren (<https://www.sportfiskarna.se/Om-oss/Aktuellt/ArticleID/7517>). En okänd faktor i sammanhanget är beståndet av storspigg som verkar vara relativt stabilt (Figur 65) men som samtidigt inte övervakas fullt tillfredsställande i dagsläget. Storspigg nyttjas som föda av såväl lax som röding.

FRAMTIDSSCENARIO?

Vätterns naturligt låga näringsstatus och produktivitet har varit stabil under lång tid och kan förmodas förbli så lång tid framöver. Klimatet antas långsamt bli varmare vilket på lång sikt kommer att påverka sjöns ekosystem, från produktivitet till artsammansättning. En del av Vätterns naturligt förekommande fiskarter har över åren utsatts för olika typer av påfrestningar från mänskliga aktiviteter, som t.ex. vandringshinder, yrkes-, husbehovs- och sportfiske. Flera riktade förvaltningsinsatser har genomförts vilka sammantaget haft positiva effekter, som för t.ex. röding- och öringbestånden. Det är viktigt att förvaltningen av fiskresurserna även innefattar bestånden av bytesfisk som nors, siklöja och storspigg för balansen i ekosystemet. Dessa är nyckelarter – en ”motor” - som driver fiskesamhället och reglerar ekosystemet i Vättern. Beståndsutvecklingen för nors och siklöja följs årligen och resultaten används och kan användas för att bedöma ekosystemets status, effekterna av riktade insatser, lämplig storlek på laxutsättningar samt för förvaltningen av fiskbestånd genom fiskeregler mm. För bättre förståelse av dynamiken mellan bytes- och rovfiskar behöver övervakningsmetodiken förbättras med avseende

på storspigg och analytiska metoder som kopplar ihop födovävarna behov tas fram.

Referenser

- Axenrot, T., and Degerman, E. 2016.** Year-class strength, fitness and recruitment cycles in vendace (*Coregonus albula*). Fisheries Research 173: 61-96.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2015.03.017>
- Axenrot, T., Ogonowski, M., Sandström, A., and Didrikas, T. 2009.** Multifrequency discrimination of fish and mysids. – ICES Journal of Marine Science, 66: 1106–1110.
- [CEN] Comité Européen de Normalisation (European Committee for Standardization). 2014.** Water quality – Guidance on the estimation of fish abundance with mobile hydroacoustic methods. EN 15910.
- Nyberg, P. Degerman, E., Bergstrand E., and Enderlein, O. 2001.** Recruitment of pelagic fish in an unstable climate: studies in Sweden's four largest lakes. AMBIO 30(8), 559-564.
- Rapport nr 99. 2009.** Bedömning av pelagiska fiskbestånd i Årsskrift 2008. Vätternvårdsförbundets rapportserie. ISSN 1102-3791.
- Rapport nr 115. 2012.** Glacialrelikter och makrozooplankton. I Vänern och Vättern 2011. Vätternvårdsförbundets rapportserie. ISSN 1102-3791.
- Ragnarsson Stabo, H., Vrede, T., Axenrot, T., and Sandström, A. 2014.** Large zooplankton in Swedish large lakes. Aquatic Ecosystem Health and Security, 17(4): 374-381.
- Sandström, A., Ragnarsson Stabo, H., Axenrot, T., and Bergstrand, E. 2014.** Has climate variability driven the trends and dynamics in recruitment of pelagic fish species in Swedish Lakes Vänern and Vättern in recent decades? Aquatic Ecosystem Health and Security, 17(4): 349-356.

Inventering av sjöfåglar på fågel-skar i Vättern 2019

Lars Gezelius

Bakgrund

2001 initierade Vätternvårdsförbundet ett övervakningsprogram för sjöfågel i Vättern. Kunskap om häckande sjöfåglar är viktigt som beslutsunderlag i olika frågor, för uppföljning av Vätterns status i Natura 2000 sammanhang och för att diskutera synpunkter från t.ex. friluftslivsintressen och fiskare. Vättern ingår i EU:s nätverk av skyddade områden och har pekats ut enligt art- och habitatdirektivet (SCI-område). Östergötlands del i Vättern har även pekats ut enligt fågeldirektivet (SPA-område). En uppdaterad och reviderad bevarandeplan för Natura 2000 området fastställdes 2018 av de Länsstyrelser som har del i sjön (Lindell 2018). Inventeringen av fåglar finansieras av Vätternvårdsförbundet tillsammans med de fyra länsstyrelserna som har del i sjön. Den första inventeringen gjordes 2002 och resultat har publicerats i Vätternvårdsförbundets årsskrifter, i *Vår fågelvärld* samt i Östergötlands läns Ornitologiska förenings tidskrift *Vingspegeln* (Gezelius 2005 och 2010). Efter 18 års inventeringar är nu tidsserien så lång att vi kan se trender i materialet. Bland äldre inventeringar av fåglar kan nämnas inventering av Motalabuktens öar 1990 (Elf 1990).

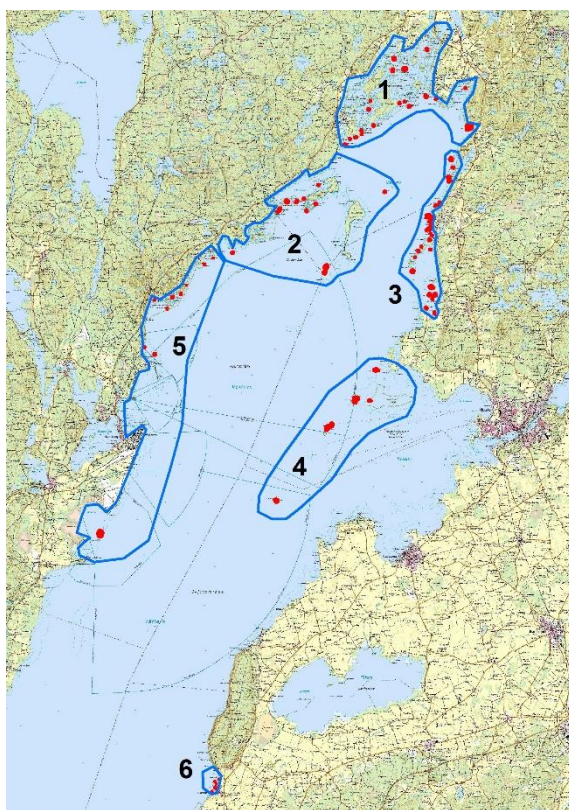
Inventeringen bygger på en i Vänern väl beprövad metodik som omfattar öar, i första hand av typen fågelskar, och ett utarbetat datahanteringssystem/rapportering (Landgren 2004). Numera är projektet en del i programmet ”*Insjöfåglar*”, som är ett gemensamt delprogram (GDP) mellan övervakningsprogrammen i Vänern, Vättern, Mälaren och Hjälmaren. Samarbetet ska bl.a. resultera i säkrare analyser av orsaker till förändringar i fågelpopulationer. Naturvårdsverket (2011) fastställde en handledning för undersökningstypen *Fåglar på fågelskar i stora sjöar*. En gemensam analys av data från inventeringarna i de stora sjöarna publicerades i *Vår fågelvärld* under 2015 (Pettersson, m.fl. 2015). Det gemensamma delprogrammet har utvärderats av Lunds Universitet (Green m.fl. 2019). Utvärderingen konstaterar bl.a. att det mesta när det gäller själva upplägg och fältarbetet inom GDP *Insjöfåglar* fungerar alldeles utmärkt och bör fortsätta på i stort samma sätt framöver. Det finns däremot en del brister när det gäller den datahantering som skett hittills och rekommenderar därför en översyn och samordning mellan ingående sjöar på det området. En sådan samordning bör ske inom ramarna för och i samarbete med den datavärd som programmet väljer att ansluta sig till.

Syfte

Syftet med inventeringen är dels att följa status och populationsförändringar hos Vätterns sjöfåglar som en del i det gemensamma delprogrammet "Insjöfåglar" och dels att ge ett beslutsunderlag i olika ärenden, t.ex. naturvårdsplanering och miljökonsekvensbeskrivningar. Inventeringen ingår i den samordnade miljöövervakningen av Vättern och bekostas av länsstyrelserna. Vättern ingår i Natura 2000 och med anledning av det behöver bevarandestatusen hos bl.a. fåglar följas upp. I inventeringen ingår även att dokumentera eventuell förekomst av "sjöfågeldöd".

Metodik

I huvudsak användes den metodik som tagits fram för Vänern, den s.k. "Kristinehamnsmodellen" (Landgren 2004). Inventeringen sker i sex delområden och en ansvarig inventerare utses för vart och ett av dessa. Det har i stort sett varit samma inventerare i de olika delområdena under samtliga år. Inventeringsgruppen träffas med ojämna mellanrum för att diskutera metodik och utbyta erfarenheter. Delområdenas geografi framgår av Figur 69 och antal lokaler, inventerare och tidpunkt framgår av tabell 7. De flesta lokalerna som inventeras är öar av fågelskärstyp. Länsstyrelsen Östergötland är datavärd för insamlade uppgifter. Resultat, summeringar, trender m.m. kan tas fram för olika delområden, kommuner eller län.



Figur 69. De inventerade delområdenas avgränsning och nummer.

Tabell 7. Antal inventerade lokaler, inventerare och tidpunkt för inventeringen i de olika delområdena 2019.

Områdes nummer	Delområde	Antal inventerade lokaler	Inventerare	Datum
1	Aspaskärgård	22	Ulf Allvin	16-19 juni
2	Röknen	17	Ulf Allvin	14-15 juni
3	Medevi	29	Gunnar Myrhede & Jan Eklund	10 juni
4	Motalaviken	6	Gunnar Myrhede & Jan Eklund	10 juni
5	Karlsborg	11	Sten Persson	23-24 juni
6	Hästholmen	5	Lars Gezelius	9 juni

Totalt inventerades 90 lokaler/öar/ögrupper under perioden 9-24 juni 2019 (se tabell 7). Vid Erkerne gjordes även ett besök i augusti för att räkna skarvbon. Merparten av lokalerna ligger i den örikare norra delen av sjön. Områdena besöktes med mindre öppna båtar vid ett tillfälle vid de datum som anges i tabellen. Antalet fåglar registrerades på utvalda öar av typen fågelskär som hyste häckande sjöfåglar, d.v.s. fåglar av gruppen lommar, doppingar, svanar, gäss, skarv, häger, änder, vadare, måsar och tärnor. Även rovfåglar registrerades på valda öar.

Antalet fåglar registreras på en särskild inventeringsblankett som tagits fram för inventeringen. På dessa noteras öarnas namn, besökstidpunkt, om ön ingår i fågelskyddsområde samt väderförhållanden (molnighet, vind och vindriktning samt ev. nederbörd). På lokalen anges totala antalet observerade fåglar av olika arter. Dessutom noteras om fåglarna var revirhävdande, om de ruvade, om det fanns kullar eller dunungar. För änder anges även könsfördelning. Inventeringen sker huvudsakligen genom att fåglarna räknas från båt. Endast i undantagsfall görs landstigning på öarna.



Figur 70. Kalv. Foto: Ulf Allvin

Resultat

Antal revirhävande individer och bedömt antal par på de totalt 90 lokaler som besöktes anges i tabell 8. Totalt inräknades 2200 individer exklusive skarvarna (boräkning). För jämförelse visas även medelantalen vid inventeringarna 2002 - 2018. Totalantalet individer är klart över medelantalet för hela perioden och tredje högsta efter toppåren 2002 och 2003. För de kolonihäckande arterna redovisas antalet revirhävande fåglar och ingen omräkning till antalet par har gjorts. Totalt inräknades 1996 revirhävande måsfåglar på Vätterns fågelskärr, vilket också är klart över medeltalet för perioden. I Figur 71 åskådliggörs de fyra vanligaste måsarternas populationstrender 2002-19.

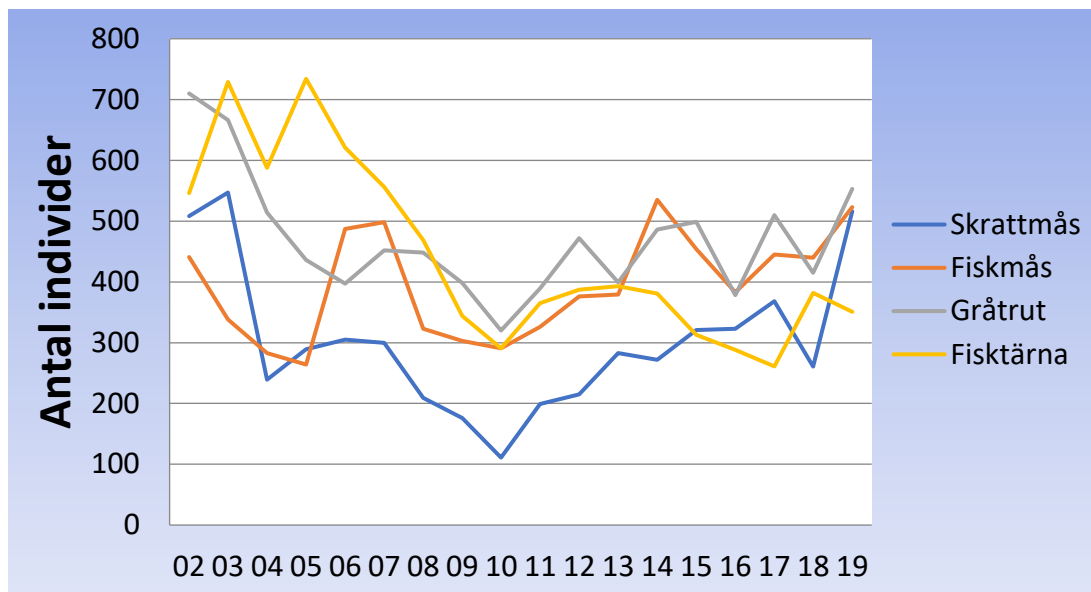
Tabell 8. Totalt antal registrerade individer samt bedömt antal par vid inventeringen 2019, samt medeltalen 2002-2018. För storskarv avser siffrorna antalet aktiva bon.

Art	2019	2019	medel 02-18	medel 02-18
	Antal individer	Bedömt antal par	Antal individer	Antal par
Storlom	26	9	15,9	9,6
Skäggdopping	0	0	1,2	0,8
Storskarv		942		883
Häger	2	1	0,1	4,8
Knölsvan	4	2	5,0	2,7
Grågås	0	0	1,9	1,1
Kanadagås	24	7	15,0	8,8
Vitk gås	30	17	27,2	15,5
Gräsand	21	12	13,7	9,8
Snatterand	3	2	1,0	0,7
Vigg	17	10	7,9	5,6
Knipa	2	2	5,2	3,6
Ejder	10	5	8,8	4,2
Småskrake	80	60	88,9	59,1
Storskrake	12	12	17,2	12,5
Strandskata	11	7	18,6	11,4
Drillsnäppa	12	11	12,1	8,9
Roskarl	0		0,2	0,1
Skrattmås	516		289,8	
Fiskmås	523		362,2	
Dvärgmås	3		0	
Silltrut	2		0,4	
Gråtrut	553		464,1	
Havstrut	22		13,5	
Fisktärna	351		449,9	
Silvertärna	26		2,9	
Fiskgjuse	12	7	8,3	5,3
Lärkfalk	1	1	2,3	1,9
Summa	2263		1848	

GENERELLA TRENDER

Samtliga måsfåglar hade generellt en minskande trend mellan 2002 och 2010, därefter är den generella trenden ökande, dock med undantag för fisktärnan som ligger kvar på en relativt låg nivå. Värt att notera är årets höga antal av silvertärna samt häckningar av silltrut och dvärgmå.

Bland övriga arter har småskrake och strandskata minskande trender. Storskarven minskade rejält efter 2008 och har legat på nivåer en bit under toppen sedan dess men trenden är svagt ökande. Arter med stabila antal (med viss variation under åren) är storlom, storskrake, vitkindad gås, vigg, knölsvan, drillsnäppa och fiskgjuse.



Figur 71. Antalet revirhävdande måsar och tärnor på Vätterns fågelskärs 2002-19.

STORSKARV

Totalt konstaterades 942 bon och trenden är något (svagt) ökande efter en bottennotering 2012. Toppnoteringen är från 2007 med 1279 par. Årets kolonier fanns på fyra öar eller ögrupper; Jungfrun 20 bon, Erkerna 430 bon, Kalv 81 bon och Sidön 411 bon. På Erkerna, i delområde 4 i naturreservatet Motalabuktens öar, häckade som mest drygt 700 par i början av 2000-talet och som lägst 180 par 2009. Samtliga bon var belägna i träd till en början. Nu är ungefär 25 % av bona i stående träd och 75% på marken eller på lågor. På Sidön, strax söder om Karlsborg, ökade kolonin till som mest 425 bon 2017. På Kalv, söder om St. Röknen, har kolonin legat relativt stabilt på 100-125 par åren 2010-2015 och därefter 66-89 bon. 2008 noterades drygt 300 par här. På Jungfrun, i Motalabuktens öars naturreservat, häckade 20 par. 2015-18 häckade här 25 till 80 par och 2002 noterades tio par.

För öarna Erkerna, Risan och Jungfrun samt Skärv och Kalv finns en tidsserie över antalet häckande par sedan 1994. Vi kan således få en bild över skarvens populationsutveckling i Vättern sedan dess (Figur 73).

Ökningen var kraftig, särskilt mellan 2001 och 2002 (95 %), men sedan skedde alltså en kraftig minskning 2009, men på senare år åter en liten ökning. På Erkerna kan kraftiga stormar 2007 och 2008 ha bidragit till minskningen där, då många bon och träd blåste ner.

I Vänern noterades 1479 bon och antalet har nu stabiliserat sig strax under 1500 par efter storskarvens högsta nivå 2006 då 3 139 revir noterades (Rees 2019). I Mälaren har skarven inventerats sedan 2004 (från 2011 vart tredje år) i ett separat program. 2017 räknades totalt 3802 bon i 13 kolonier, vilket är rekord (Thuresson & Hedenbo 2019).



Figur 72. Skarvkoloni på Sidön. Foto: Sten Persson.



Figur 73. Antal funna bon av storskarv i Vättern 1994-2019. Kolonierna finns på öarna Erkerna i Motalabukten, på ön Kalv söder om St. Röknen samt på Sidön vid Karlsborg. Data före 2002 från Länsstyrelsen Östergötland, opubl.



Figur 74. Skarv på bo på Sidön. Foto: Sten Persson.

GRÅTRUT (NT)

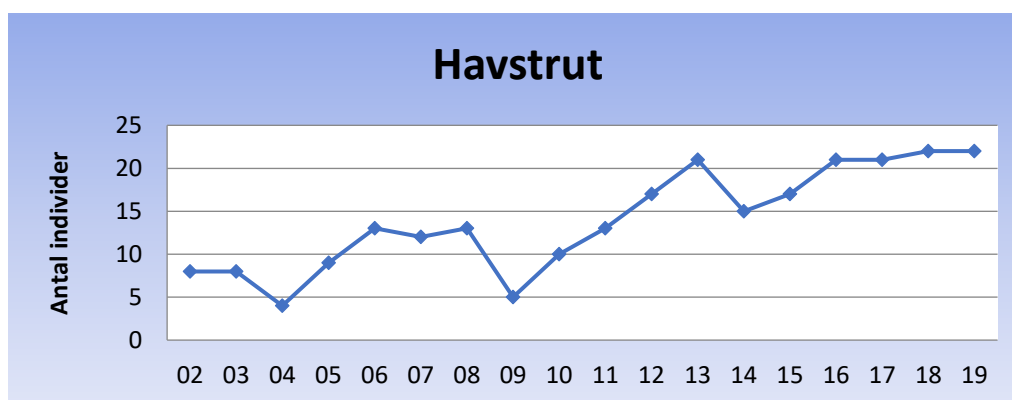
Detta år registrerades 553 revirhävande gråtrutar, vilket är en påtaglig ökning från fjolårets 415. Det är tredje högsta noteringen sedan toppåren 2002-2003 med 710 resp. 666 individer. Bottennoteringen är 320 ex. 2010. Arten noterades på 22 lokaler. Under 2012-2018 fanns arten på 16-23 lokaler. Och under 2002-2004 fanns den på 22-23 lokaler. Det är ju stabila siffror och gråtruten är normalt sett trogen sina häckningslokaler. Enstaka par eller smärre grupper kan dock byta lokal mellan olika år. Den i särklass största kolonin är Jungfrun i område 4 med 285, vilket är en rejäl ökning från fjolårets 150 individer. Det innebär att större delen av årets ökning i inventeringen som helhet belöper på denna koloni. På Sidön, i område 5, är den tidigare stora kolonin med 85 fåglar 2007 och 175 fåglar 2002 numera blott på 20 ex. Andra större lokaler var Kalv (25) och Skärv (30) i delområde 2 och Stångskäret (46) i delområde 1,

Sjöholmen (43) i delområde 3 och Erkerna (20) i delområde 4 och Hästholmen norra (30) i delområde 6. Inga döda eller sjuka trutar noterades under inventeringen.

I både Vänern och Mälaren har arten mycket större antal gråtrutar, men även i dessa sjöar minskar bestånden. Gråtruten i Vänern haft en minskande trend under hela inventeringsperioden men de senaste åren har karakteriserats av större variation och omväxlande högre och lägre siffror. Resultatet för 2019 var ovanligt högt, 5 303 individer, nästan 1 000 fåglar fler än 2018 och den högsta noteringen sedan 2012 (Rees 2019). I Mälaren noterades 1329 revirhävande fåglar 2018 (Thuresson & Hedenbo 2019) och trenden är negativ. Totalt i Sverige har arten efter en kraftig ökning under 1990-talet minskat markant under 2000-talet (Ottosson m.fl. 2012).

HAVSTRUT

Havstruten är inte särskilt vanlig i Vättern. Under året noterades 22 revirhävande fåglar på elva platser. Medeltalet för åren 2002-18 är 13 ex. Beståndet är litet, men arten har en uppåtgående trend. Här råder stora skillnader i antal mellan Vänern och Vättern. I Vänern fanns 485 ex. 2019 (Rees 2019) och beståndet har en minskande trend. I Mälaren fanns 30 individer 2018, vilket är något över medel för perioden 2005-2018 (Thuresson & Hedenbo 2019).



Figur 75. Antal revirhävande havstrutar i Vättern 2002-19.

SKRATTMÅS

I år konstaterades 523 revirhävande skrattnåsar på tolv lokaler. Nästan alla par fanns i sex större kolonier. Totalt sett är det nära nog en fördubbling från 2018 och näst högsta notering sedan inventeringen påbörjades. Arten har en uppåtgående trend sedan bottenåret 2010. 2002-03 fanns drygt 500 ex. Kolonierna flyttar om en hel del mellan åren.

Årets största koloni fanns på Sidön med 250 ex., vilket är en rejäl från fjolårets 150 ex. och högsta antalet hittills på ön. Här började de första skrattnåsarna häcka 2012, men var aldrig högre än 65 ex 2012-2016. På den i särklass största kolonin 2013 och 2014 (ca 100 ex.) Forsholmen (i

delområde 3) var det 2015 bara fem ex. och sedan 2016 saknas arten helt på detta fågelskär. Den största kolonin 2004 och 2005 fanns på Hönsholmen (delområde 3), men efter dessa år har endast enstaka par häckat där fram till 2017-18 då 60 resp. 30 ex. noterades här och i år 60 ex. På Fjuk fanns Vätterns största koloni vid inventeringarna 2002-03 med 230-260 ex. Här har bara enstaka häckningar noterats sedan dess, t.ex. 22 ex. 2015 medan den saknas helt sedan 2016. I år fanns 20 ex. på Erkerna. Här har en mindre koloni funnits sedan 2004. Största koloni 2016 fanns på Sjöholmen i delområde 3, med 80 fåglar men där saknades arten helt 2017-19. Följande kolonier är mer eller mindre nya: Kalv (delområde 2) med 30 ex. Där har tidigare endast enstaka par häckat 2017 samt 2006-07, Stångsholmen (delområde 3) med 110 ex. Där har endast enstaka ex häckat 2004-05. Skär S. Mossholmen 26 (i delområde 1). Här häckade 44 ex. 2016 och 18-23 ex. 2009-10 och däremellan endast enstaka par eller inte alls.

I Vätern noterades 5008 ex. 2019 (Rees 2019). Beståndet ligger fortfarande lågt och har en statistiskt säkerställd minskning de senaste tio åren. I Mälaren räknades 1861 fåglar 2018 (Thuresson & Hedenbo 2019), vilket innebär en ett knappt, men dock rekord sedan starten 2005.

Det relativt låga vattenståndet har gjort att stora strandytor har trätt fram som lämpliga häckningsplatser för tärnor och skrattmåsar, t.ex. på Kalv och Skärv.

FISKMÅS

523 revirhävdande fiskmåsar registrerades, vilket är den näst högsta summan sedan inventeringen startade 2002. Det är också en klar ökning från fjolårets 440 och över medelantalet för 2002-2018 som är 386. Arten fanns på 55 lokaler, vilket är i närheten av antalen under föregående sä-



Figur 76. Tre revirhävdande dvärgmåsar noterades vid Skärv. Foto: Ulf Allvin.

songer. De största kolonierna fanns på Hästholmen (32 ex.), Erkerna (35 ex.), Fjuk (33 ex.), Sidön (35 ex.), Sjöholmen (25 ex.) och Forsholmen (24). Fiskmåsen har fluktuerat en del genom åren, men trenden över tid är stabil.

För fiskmåsbeståndet i Vänern var det en positiv trend under perioden 1994-2012, men 2013 skedde en minskning från 14081 ex. till 9024 ex. 2018. 2019 noterades 9826 ex. (Rees 2019). I Mälaren noterades 913 re-
virhävande fåglar 2018 och beståndet förefaller stabilt (Thuresson & Hedenbo 2019).

FISKTÄRNA

Fisktärnan var den klart vanligaste "vitfågeln" i Vättern under 00-talet, men arten har en klart nedåtgående trend och ligger nu mer i nivå med de övriga arterna i gruppen. Årets antal slutade på 351 ex. fördelade på 23 lokaler, vilket är något färre än fjolåret men fler är åren närmast dessförinnan. Medelantalet för alla år är 450 ex. Trenden över alla år är klart nedåtgående. Medelstorleken för kolonierna var 15 individer. Under toppåren 2003-2005 häckade arten på 30-talet lokaler. En hel del omflyttningar bland lokalerna sker mellan åren. Största kolonier var i år Skärv med 120 ex. Här har arten häckat flertalet år, men bara med med 2 - 23 ex. Övriga större kolonier finns på Sidön (50 ex.), Forsholmen (30 ex.), Erkerna (25 ex.) och Kalv med 30 ex. Forsholmen var senast lika stor 2012. På Kalv fanns 60 ex 2018, men före det har bara enstaka par häckat tidigare (som mest 16 ex.). Jungfrun i delområde 4 har hyst 75 ex., men under åren 2014-19 fanns bara tärnor här 2015 (40 ex.). St. Laxhalla i delområde 2 har hyst 80 ex., men här har bara funnits 0-4 ex. 2015-19. På Ottraholmen i delområde 2 fanns tidigare en stor koloni med som mest 75 ex., men där är kolonin nu borta sedan 2015.



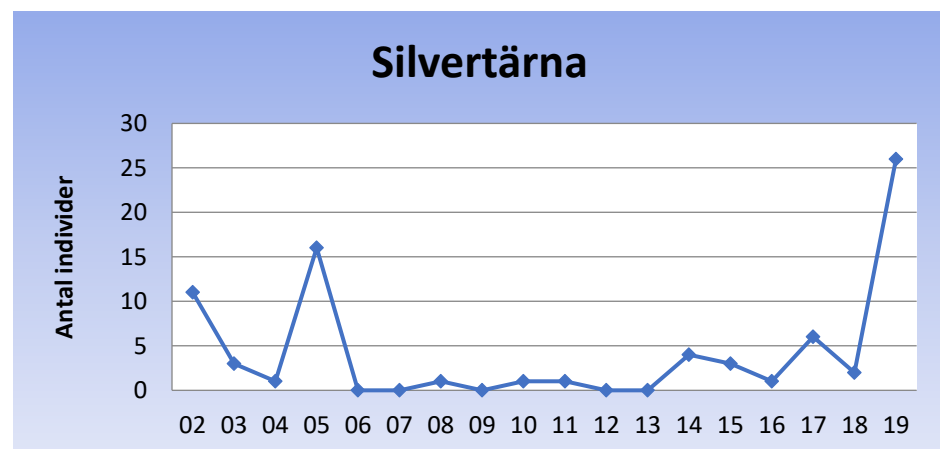
Figur 77. Den rekordstora fisktärnekolonin på Skärv. Det låga vattenståndet gjorde att tillgänglig areal för häckning ökade. Foto: Ulf Allvin.

5654 revirhävande fisktärnor inräknades i Vänern 2019 (Rees 2019), vilket är en relativt hög siffra och här är trenden som helhet kraftigt ökande. I Mälaren räknades 2324 fåglar 2018, vilket också är ett klart rekord (Thuresson & Hedenbo 2019). Enligt punktrutterna i Svensk häckfågeltaxering har fisktärnan långsiktigt haft ett stabilt bestånd om än med relativt stora hopp ett par år. Standardrutterna visar på en rejäl ökning under den senaste dryga tioårsperioden. Sistnämnda stämmer bäst med siffror från inventeringar i Vänern, samt längs våra kuster. I dessa områden har fisktärnan ökat kraftigt både i långt (30 år) och kort (10 år) perspektiv. Det samlade nationella beståndet bedöms ha ökat kraftigt under de senaste 30 åren (Ottvall, et al. 2008). Vättern är därmed ett undantag från denna bild.

Målsättningen för Vättern enligt förslaget till bevarandeplan enligt art- och habitatdirektivet (hela Vättern) respektive fågeldirektivet (del av sjön som ingår i Östergötlands län, SPA-området) är att det bör vara mellan 100 - 200 par som häckar årligen i eller i nära anslutning till sjön. Målsättningen inom SPA-området är att antalet bör överstiga 70 par. Statusen får ännu så länge bedömas som ”gynnsam” för hela Vättern även om trenden tyvärr är vikande. För SPA-området (Östergötlands län) noterades endast 177 ex., vilket är en klar ökning jämfört med åren 2014-2018. Ökningen förklaras av den kraftiga ökningen av kolonin på Skärv, just innanför länsgränsen till Östergötland. Målet för SPA-området nås sålunda med råge. Sannolikt finns ytterligare några solitära par i området som inte kommer med i denna inventering.

SILVERTÄRNA

Hela 26 ex. noterades på Stångsholmen (20) i delområde 3 och Skärv (6) i delområde 2, vilket är rekord för arten i Vättern. Toppnoteringarna dessförinnan är från 2002 och 2005 med elva resp. 16 ex. Sedan 2014 kan en viss närvaro av arten åter skönjas efter flera års frånvaro dessförinnan. I början av 00-talet var förekomsten något större. 2005 noterades 16 ex. fördelade på Jungfrun (10 ex.) och Tärnskäret (6 ex.).



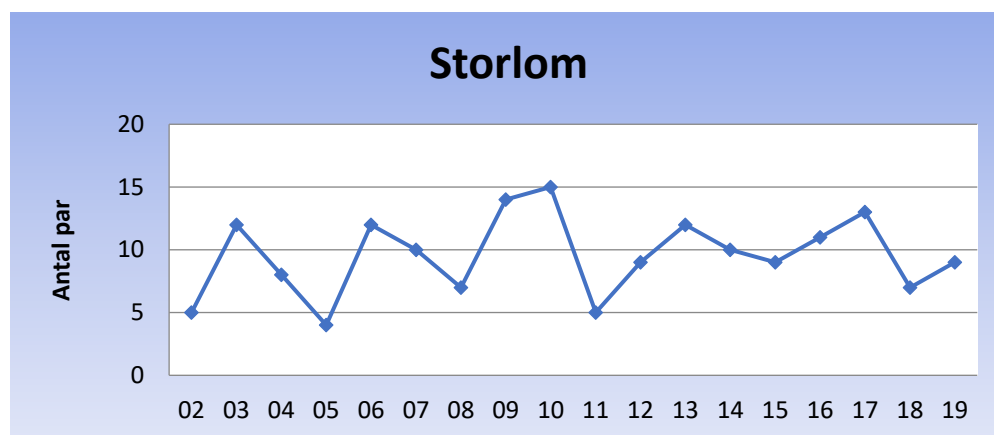
Figur 78. Antal revirhävande silvertärnor i Vättern 2002-19.

Målsättningen enligt förslag till bevarandeplan för Vättern (se förklaring ovan under fisktärna) bör vara 5-10 par som häckar årligen i eller i nära anknytning till sjön. Målsättningen inom SPA-området är att antalet bör vara minst fem par. Bevarandestatusen är således med årets notering ”gynnsam”, och trenden är ”under förbättring”.

I Vänern noterades för sjätte gången det senaste decenniet fler än 1 000 revirhävdande silvertärnor och 2019 stannade siffran på 1 019 individer (Rees 2019). Arten är inte noterad i Mälaren (Thuresson & Hedenbo 2019).

STORLOM

Totalt noterades 26 storlommar på nio lokaler och de bedöms som nio par. Eftersom denna inventering i första hand är inriktad på fågelskär och storlommen är relativt skygg, finns det fler par som inte kommer med vid denna inventering. Medelantalet par under 2002-2019 ligger på drygt nio par.



Figur 79. Bedömt antal par av storlom inom de inventerade lokalerna i Vättern 2002-19.

Målsättningen enligt förslag till bevarandeplan för Vättern (se förklaring ovan under fisktärna) för Vättern bör vara minst 20 par som häckar årligen i eller i nära anknytning till sjön, varav minst två par inom SPA-området. Enligt denna inventering skulle statusen bedömas som ”ej gynnsam”, men eftersom mörkertalet troligen är stort finns trots allt skäl att bedöma statusen som ”gynnsam”. Trenden i denna inventering får betecknas som stabil även om antalet par har fluktuerat. Under 2019 räknades 70 revir av storlom på Vänerns fågelskär, en tangering av det tidigare högsta antalet (2006 och 2007) och en kraftig ökning från fjolårets 40 revir (Rees 2019). I Mälaren noteras inte arten årligen (Thuresson & Hedenbo 2019).



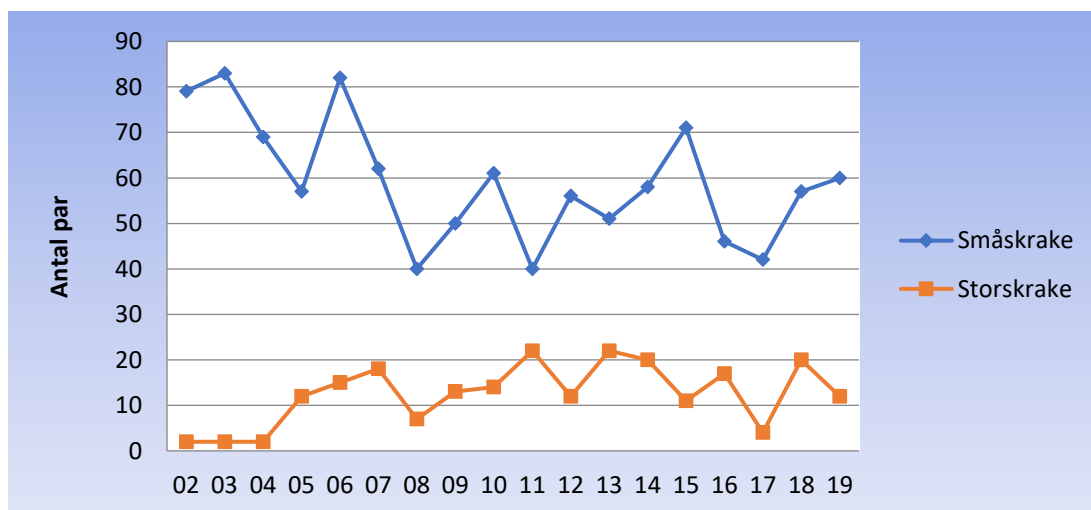
Figur 80. En av årets fem noterade ejderkullar. Foto: Gunnar Myrhede.

EJDER (NT)

Inlandshäckningar är mycket ovanliga. Under 2019 noterades fem ungpullar i Motalabuktens naturreservat vid Mellön och Åholmen i delområde 4. 2014 konstaterades den första häckningen då ett bofynd (4 ägg) gjordes på Åholmen, och sedan dess har arten häckat årligen i området med ett till sju par. I Vänern har något ex. noterats vissa år (Rees 2019) och i Mälaren är den noterad ett år (2013) (Thuresson & Hedenbo 2019).

SMÅSKRAKE

Arten har en svagt minskande trend i Vättern sett över hela perioden. I år konstaterades 60 par, vilket är en liten ökning från fjolåret och nära medeltalet för hela perioden som är 59 par. I Vänern konstaterades mindre nedgång jämfört med fjolåret och 448 fåglar kunde räknas in 2019. Trenden för hela perioden är ökande (Rees 2019). I Mälaren räknades 49 ex. 2018, vilket är en hög siffra (Thuresson & Hedenbo 2019). Här har arten tidigare minskat, men på senare år har en återhämtning skett.



Figur 81. Bedömt antal par av små- resp. storskrake inom de inventerade lokalerna i Vättern 2002-19.

STORSKRAKE

Arten har haft en ökande trend i Vättern och trenden är nu stabil även om den fluktuerat en del. Årets inventering slutade dock bara på 12 par på åtta lokaler. I Vänern räknades 46 ex. 2019, vilket är en relativt låg siffra (Rees 2019). I Mälaren räknades 26 ex. 2018, vilket också är relativt lågt (Thuresson & Hedenbo 2019).

VIGG

Viggen noteras som regel kring 5-10 par och fluktuationerna har varit stora. Det är relativt små antal totalt och slumpfaktorer vid besöken kan få stor betydelse. I år noterades tio par på Erkerna. I Vänern noterades 25 ex. (Rees 2019), vilket varken är högt eller lågt. I Mälaren noterades 278 ex. 2018 (Thuresson & Hedenbo 2019) och trenden är svagt vinkande.

VITKINDAD GÅS

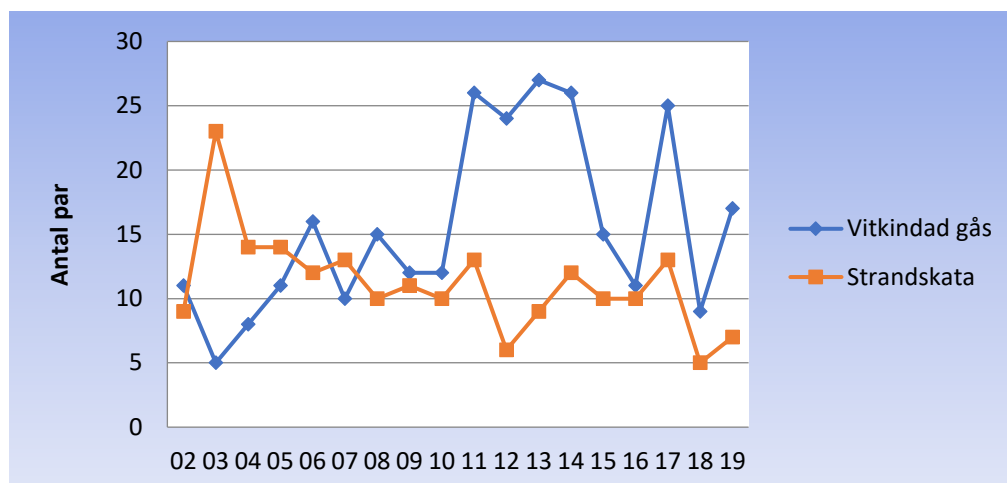
Den vitkindade gåsen har haft en ökande trend i Vättern, men på senare år har antalet par fluktuerat kraftigt. 17 par noterades i år varav 13 i Östergötlands län. Totalantalet är nära medelantalet för perioden 2002-2018 som är 15,5 par.

I Vänern räknades hela 125 ex. 2019 (Rees 2019). Det är ett rejält rekord och trenden är där ökande. I Mälaren räknades 58 individer 2018. Högsta notering där är 109 ex. (Thuresson & Hedenbo 2019).

Målsättningen enligt förslag till bevarandeplan för Vättern (se förklaring ovan under fisktärna) är att 25-50 par bör häcka årligen i eller i nära anknytning till sjön. Målsättningen för SPA-området är att antalet bör överstiga tio par. Bevarandestatusen får nu bedömas som ”gynnsam” både vad gäller hela Vättern och SPA-området (Östgötadeln, endast ett par). Ytterligare par finns sannolikt i ej inventerade områden i Vättern.



Figur 82. Janne Eklund med Jungfrun i sikte. Foto: Gunnar Myrhede.



Figur 83. Bedömt antal par av vitkindad gås resp. strandskata inom de inventerade lokalerna i Vättern 2002-19.

STRANDSKATA

Strandskatan har en svagt minskande trend sett över hela perioden och årets notering på sju par på lika många lokaler är den tredje lägst årssumman. Som mest har den noterats på 15 lokaler 2003. I Vätern har arten haft en ökande trend men den har avstannat det senaste decenniet. 2018 noterades 78 revir och långtidstrenden är ökande (Rees 2019). I Mälaren noterades 36 ex., vilket är ett relativt lågt antal (Thuresson & Hedenbo 2019).

DRILLSNÄPPA

Drillsnäppan förekom med elva par på nio lokaler. Inventeringen av fågelskår är inte representativ för artens häckningsmiljö i Vättern, där den förekommer på många fler lokaler av typen skogsöar och klippstränder. Utvecklingen inom inventerade områden är stabil sett över hela perioden.

Målsättningen enligt förslag till bevarandeplan för Vättern är att finns minst 20 par, varav 16 par i SPA området och att arten inte minskar i antal. Statusen får betecknas som ”gynnsam” och trenden är stabil. I Vätern konstaterades 103 revir 2018 (Rees 2018) och trenden är positiv. I Mälaren summerades 71 individer (Länsstyrelsen Stockholm, obubl. data).

FISKGJUSE

Inventeringsmetoden är inte anpassad för inventering av fiskgjuse, men antalet aktiva bon/par registreras inom de områden som besöks. Under 2019 konstaterades sju par och trenden är stabil.

Målsättningen enligt förslag till bevarandeplan för Vättern är att det häckar 5 – 10 par årligen i eller i nära anknytning till sjön, varav minst två par inom SPA-området. Målsättningen är uppfylld för hela Vättern och för SPA-området (Östgötadelen), med tanke på att flera par i Vättern

förbises i denna inventering. Längs Ombergs vätternstrand häckar t.ex. omkring tio par. (egna obs.)

FÅTALIGA/ÖVRIGA ARTER

Årets ”nyhet” är de tre revirhållande dvärgmåsar på Skärv. Det är första konstaterade häckningen av arten sedan denna inventering startade. Ett par silltrut noterades på Fjuk i Motalabuktens öars naturreservat. Det var femte året häckning har konstaterats av arten sedan det första året 2009. Den hägerkoloni som funnits på Brunnsholmen (delområde 1) med 10-16 par är försvunnen sedan 2009. I norra delen har häckande havsörn noterats. Även pilgrimsfalk har häckat invid sjön med minst fem, kanske sex, par.

SJÖFÅGELDÖDEN

I inventeringen ingår att notera onormal så kallad ”sjöfågeldöd” med särskild uppmärksamhet på gråtrut. I samband med boräkningen den 25 augusti på Kalv hittades rester efter drygt 10 skarvungar och 4 gråtrutar. I övrigt har inga iakttagelser gjorts som tyder på någon onormal sjöfågeldöd.



Figur 84. Silltruparet på Fjuk. Foto: Gunnar Myrhede.

NATURA 2000 FÅGLARNA

Vättern ingår i det europeiska nätverket av skyddade områden, det s.k. Natura 2000. Hela Vättern är utpekad enligt det s.k. art- och habitatdirektivet, medan den del som ligger i Östergötlands län även är utpekad enligt fågeldirektivet. Bevarandeplanen för Vättern berör de särskilt utpekade arter och naturtyper som är upptagna såsom särskilt skyddsvärda inom EU. För varje art och naturtyp beskrivs den allmänna statusen, mål, hot, olika åtgärder som behövs, vilken uppföljning som utförs/behövs för att säkra och belägga bevarandestatusen. Genom åtgärder och målbeskrivningarna ska s.k. gynnsam bevarandestatus säkerställas och rapporteras till EU. Bevarandestatusen ska kontrolleras regelbundet via uppföljning. En reviderad bevarandeplan för Vättern har i år fastställts av de fyra länsstyrelser som har del i sjön (Vätternvårdsförbundet 2018).

Tabell 9. Natura 2000 arternas antal status och trender.

	Antal par 2019	Medel 2002-18	Mål (antal par)	Status	Trend
Vitkindad gås	17	16	25-50	Gynnsam?	Stabil?
Storlom	9*	9,6	20	Gynnsam	Stabil
Fiskgjuse	6*	5	5-10	Gynnsam	Stabil
Fisktärna	176#	225#	100-200	Gynnsam	Under försämring
Silvertärna	13#	2#	5-10	Gynnsam	Under förbättring
Drillsnäppa	11*	9	>20	Gynnsam*	Stabil

*Populationen i Vättern är större än vad som omfattas i denna inventering, eftersom arten inte endast är knuten till fågelskär.

siffran anger antalet individer delat med 2. Antalet par är i realiteten något högre. Division med 1,7 kan ligga närmare sanningen eftersom båda individerna i paren inte är på plats hos samtliga par vid besöken.

I Vättern förekommer fyra fågelarter som tas upp direkt i direktivet; fisktärna, silvertärna, svarthakedopping och vitkindad gås, medan dessutom storlom, fiskgjuse och drillsnäppa anges såsom s.k. typiska arter för att följas upp fågeldirektivet. I tabell 9 anges bedömd status och trend för de inventerade Natura 2000-arterna.

En stor del av Vättern utgörs av habitatet 3130 (Oligo-mesotrofa sjöar med strandpryl, braxengräs eller annuell vegetation på exponerade stränder) enligt art- och habitatdirektivet. Bland de för detta habitat typiska fågelarterna som förekommer i Vättern är storlom, fiskgjuse, fisktärna, silvertärna och drillsnäppa utvalda. För dessa ska god bevarandestatus upprätthållas i Vättern och det finns mål för dem i bevarandeplanen för Vättern.

När det gäller bevarandeåtgärder kan det vara värt att göra en översyn av behovet av skydd och skötsel av fågelskären. Bland annat har framförts att öarna Kalv och Skärv bör ha någon form av formellt skydd (kanske

fågelskyddsområden) och att det här finns behov av skötselåtgärder som vegetationsröjning för tärnor o måsar.

Tack!

Ett stort tack till de inventerare som genomfört inventeringen; Ulf Allvin, Jan Eklund, Gunnar Myrhede och Sten Persson. Tack även till Friederike Ermold (Vätternvårdsförbundet) som administrerat den ekonomiska delen.

Referenser/Litteratur

- Elf, A. 1990.** Häckfågeltaxering på öarna i Motalabukten. Vingspegeln 19:150-156.
- Gezelius, L. 2005.** Inventering av häckande sjöfåglar på öar i Vättern 2002-2005. Vingspegeln 24:82-94.
- Gezelius, L. 2010.** Fåglar på Vätterns fågelskär 2002 – 2010. Vingspegeln 29:90-99
- Green, M., Haas, F., Bakx, T. och Jönsson, A. 2019.** Fåglar på fågelskär i de stora sjöarna – utvärdering av det gemensamma delprogrammet insjöfåglar. Rapport Lunds Universitet
- Landgren, T. 2004.** Metodbeskrivning för inventering av kolonihäckande sjöfåglar i Vänern. Vänerns vattenvårdsförbund. Rapport nr 28. 2004.
- Landgren, T. & Pettersson, T. 2008.** Sjöfåglar i Vänern, Vättern och Mälaren. Sötvatten – årsskrift från miljöövervakningen 2008: 2-5.
- Landgren, T & Pettersson, T. 2012.** Inventering av fåglar på fågelskär i stora sjöar. Förslag till samordnat miljöövervakningsprogram. Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket. 2011.** *Fåglar på fågelskär i stora sjöar. Version 1:0, 2011-12-07*
https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarb/tet/vagledning/miljoovervakning/handledning/metoder/undersokningstyper/landskap/faglar_fagelskar_stora%20sjoar_20111207.pdf
- Pettersson, T, Landgren T och Gezelius, L. 2015.** Trender hos häckande fåglar på fågelskär i stora sjöar. Vår Fågelvärld 5:2015, ss 44-50.
- Rees, J. 2019.** Övervakning av fåglar på Vänerns fågelskär. Sammanfattning av inventeringsresultatet 2019. Stencil, Vänerns vattenvårdsförbund.
- Thureson, M & Hedenbo, P. 2019.** Fågelskär i Mälaren 2018. Länsstyrelsen Stockholm. Fakta 2019:4.
- Svenska Häckfågeltaxeringen 2016.** Resultat på hemsidan.
<http://www.zoo.ekol.lu.se/birdmonitoring>
- Holmqvist N., Lindström, Å., Nilsson, L., Svensson, M., Svensson, S. & Tjernberg, M. 2012.** Fåglarna i Sverige - antal och förekomst. SOF, Halmstad.
- Vätternvårdsförbundet 2018.** Bevarandeplan för Vättern. Rapport nr 129 från Vätternvårdsförbundet. Jönköping.

Nederbördskemiska undersökningar av försurande och övergödande ämnen på Visingsö 2018

Gunilla Pihl Karlsson & Per Erik Karlsson, IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Sammanfattning

Sedan februari 1993 mäter IVL Svenska Miljöinstitutet på uppdrag av Vätternvårdsförbundet våtdepositionen av försurande och övergödande ämnen samt metaller över öppet fält på Visingsö på månadsbasis. Resultaten vad gäller våtdepositionen av metaller presenteras i en separat rapport. I föreliggande rapport jämförs de årsvisa resultaten avseende försurande och övergödande ämnen på Visingsö även med motsvarande mätningar av nedfall över öppet fält vid åtta andra platser i södra och mellersta Sverige inom Krondroppsnätet; Blåbärskullen och Södra Averstad i Värmlands län, Fagerhult i Jönköpings län, Hensbacka i Västra Götalands län, Höka i Östergötlands län, Edeby i Södermanlands län, Kvisterhult i Västmanlands län samt Tagel i Kronobergs län.

Under 2018 var nederbördsmängderna i södra Sverige betydligt lägre än genomsnittet för mätperioden (1997-2018) vid samtliga jämförda platser. Nederbördsmängderna under den senaste 22-årsperioden har minskat statistiskt säkerställt på Visingsö liksom vid ytterligare sju av de här jämförda mätplatserna (Blåbärskullen, Edeby, Fagerhult, Höka, Kvisterhult, Södra Averstad och Tagel). Endast vid Hensbacka i Västra Götalands län har nederbördsmängden inte förändrats på ett statistiskt säkerställt sätt under mätperioden.

Svavelnedfallet med nederbörden 2018 i södra och mellersta Sverige var generellt högre jämfört med 2017, trots att nederbördsmängden var betydligt lägre. På Visingsö var svavelnedfallet under året dock på samma nivå som under 2017, 0,8 kg per hektar, vilket är det lägsta som uppmätts sedan det första hela mätåret 1994. Torrdepositionen av svavel är med i dessa mätningar. Vid samtliga platser i södra Sverige, inklusive Visingsö, har svavelnedfallet med nederbörden, exklusive havssalt, minskat signifikant med mellan 60 och 80 % under de senaste 22 åren. Den totala syrabelastningen från nederbörden, i form av vätejoner (H^+), var under 2018 låg på Visingsö.

Även nedfallet av oorganiskt kväve (nitrat- samt ammoniumkväve) med nederbörden under 2018 var något högre än under 2017, men fortfarande relativt lågt, vid flertalet mätplatser, Visingsö inkluderat. På Visingsö var nedfallet av oorganiskt kväve med nederbörden 3,9 kg per hektar under 2018. Dock är inte torrdepositionen av kväve med i dessa mätningar, något som vad gäller nedfall till skog adderar en relativt stor

mängd kväve vid beräkningen av det totala kvävenedfallet. Sedan 1997 har det oorganiska kvävenedfallet i nederbörden minskat statistiskt säkert ställt vid de här jämförda mätplatserna, undantaget på Visingsö, vid Fagerhult samt Kvisterhult.

Inom Krondroppsnätet har det totala nedfallet (våt- och torrdeposition) av oorganiskt kväve till barrskog beräknats för det hydrologiska året (okt 2017-sept 2018). För Visingsö beräknades kvävenedfallet till mellan 6 och 8 kg per hektar (2017/18), vilket är högre än den kritiska belastningsgränsen på 5 kg N per hektar. Den kritiska belastningsgränsen har även överskridits på Visingsö under många tidigare år, även om man bara beaktar våtdepositionen från mätningarna på öppet fält. Detta innebär att vegetationen, både på Visingsö och i resten av Jönköpings län, sedan länge är påverkad av ett förhöjt kvävenedfall.

Inledning

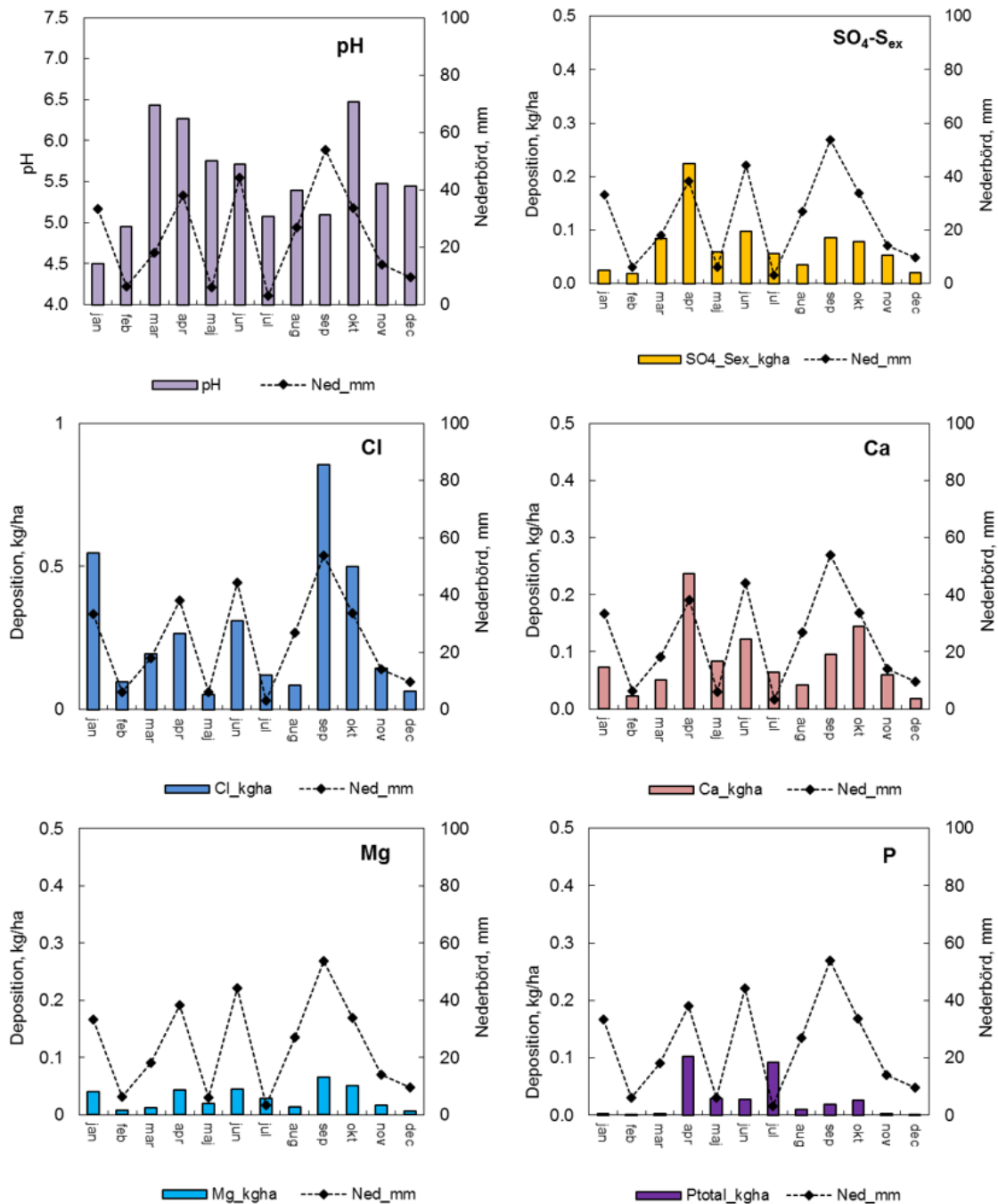
På uppdrag av Vätternvårdsförbundet mäter IVL Svenska Miljöinstitutet sedan februari 1993 våtdepositionen av bland annat försurande och övergödande ämnen i nederbörden över öppet fält på Visingsö. I denna rapport redovisas och analyseras resultaten av mätningarna av försurande ämnen sedan 1994, det första hela kalenderåret som det finns mätningar för, till och med kalenderåret 2018.

I rapporten visas månadsvisa mätresultat samt årsvisa resultat från Visingsö. De årsvisa resultaten jämförs även med motsvarande mätningar av nedfall med nederbörden över öppet fält vid åtta andra platser i södra och mellersta Sverige; Blåbärskullen och Södra Averstad i Värmlands län, Fagerhult i Jönköpings län, Hensbacka i Västra Götalands län, Höka i Östergötlands län, Edeby i Södermanlands län, Kvisterhult i Västmanlands län samt Tagel i Kronobergs län. Samtliga dessa mätningar bedrivs inom Krondroppsnätet (www.krondroppsnatet.ivl.se) och mätplatsernas lägen visas i Figur 88.

Månadsvisa mätresultat vid Visingsö 2018

Nedfallet av försurande ämnen med nederbörden på månadsbasis under 2018 på Visingsö visas i Figur 85 och Figur 86. Depositionen beräknas från koncentrationer av olika ämnen i det insamlade provet och från den nederbördsmängd som uppmätts. Ett högt nedfall beror i många fall på en hög nederbördsmängd. Hög nederbördsmängd innebär dock inte alltid högt nedfall. Storleken på den s.k. våtdepositionen beror på en kombination av nederbördsmängd och föroreningsgrad hos luftmassan som passerar över området. Sulfat (SO_4) och nitrat (NO_3) är i huvudsak långväga transporterade luftföroreningar, medan ammonium (NH_4) generellt har ett större inslag av påverkan från lokala emissioner, även om långdistanstransporterat ammoniumkväve även förekommer. Klorid visar inslag av havssalt i den passerande luftmassan.

Mest nederbörd kom under 2018 i september följt av juni och april medan minst nederbörd kom i februari, maj och juli, Figur 85. Under 2018 var pH i nederbörden på Visingsö lägst i januari följt av februari och högst i oktober, mars och april.



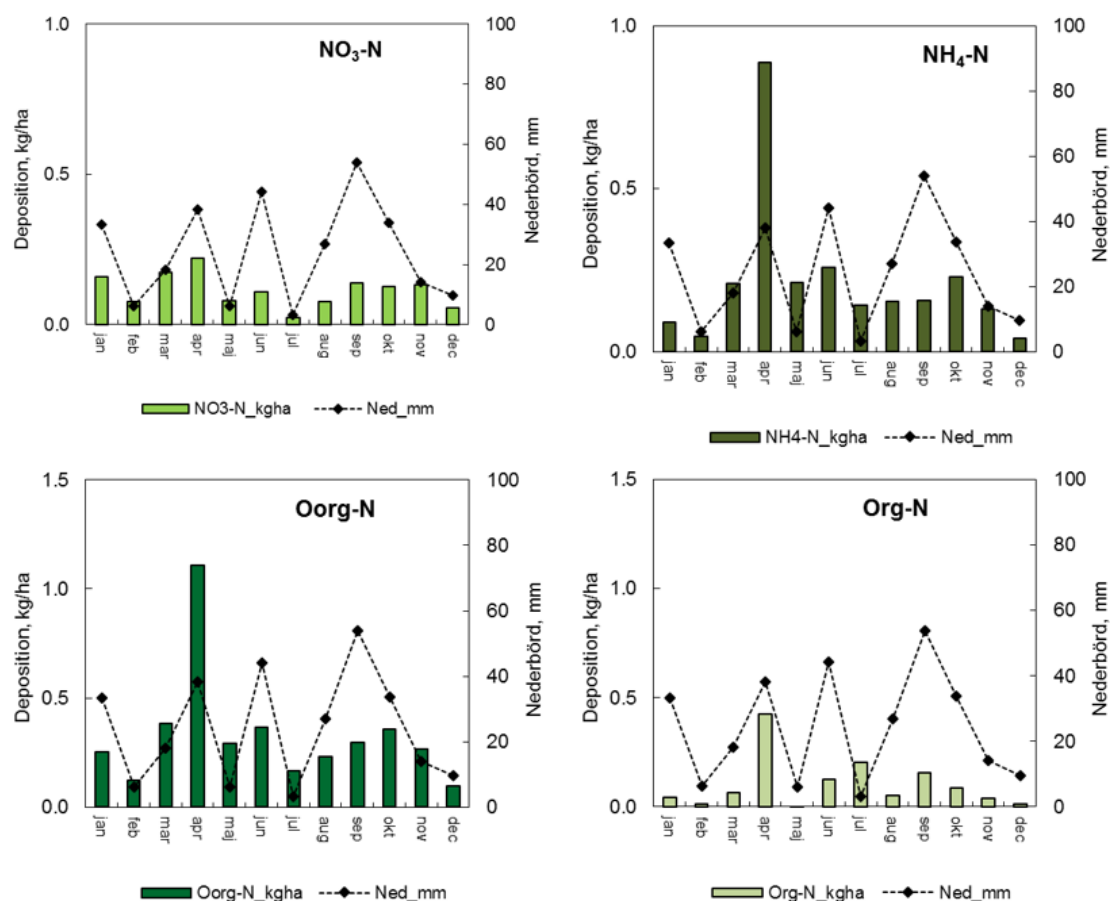
Figur 85. Månadsvisa pH-värden samt nedfall av svavel (förutom havssaltsbidrag), klorid, kalcium, magnesium och fosfor från mätningarna över öppet fält på Visingsö under perioden januari till december 2018 (staplar). I varje figur visas även månadsvisa uppmätta värden för nederbörd (punkter).

Svavelnedfallet under 2018 var generellt mycket lågt, men högst under april följt av juni och lägst under februari följt av januari, december och augusti, Figur 85.

Kloridnedfallet på Visingsö var lågt under 2018, vilket tyder på en måttlig frekvens av hårda vindar och stormar. Klart högst kloridnedfall uppmättes i september 2018 på Visingsö.

Även nedfallet av basketjonerna kalcium och magnesium visas i Figur 85. Kalciumnedfallet på Visingsö var under 2018 högst under april och relativt lågt övriga månader. Magnesiumnedfallet var mycket lågt under alla årets månader.

Även fosfornedfallet var lågt under 2018. Högst fosfornedfall inträffade under april och juli medan nedfallet övriga månader var mycket lågt, Figur 85.



Figur 86. Månadsvist nedfall av nitrat-, ammonium-, oorganiskt och organiskt kväve från mätningarna över öppet fält på Visingsö under perioden januari till december 2018 (staplar). I varje figur visas även månadsvisa uppmätta värden för nederbörd (punkter). Vänligen observera att skalorna är olika.

Det månadsvisa kvävenedfallet med nederbörden under 2018 på Visingsö visas i Figur 86. Nitratnedfallet var lågt under årets samtliga månader och fördelades relativt jämnt under året. Även ammoniumnedfallet var lågt och relativt jämnt fördelat under året undantaget i april när nedfallet var betydligt högre, Figur 86. När det gäller det organiska kvävenedfallet var även det lågt under 2018 med högst nedfall under april, Figur 86.

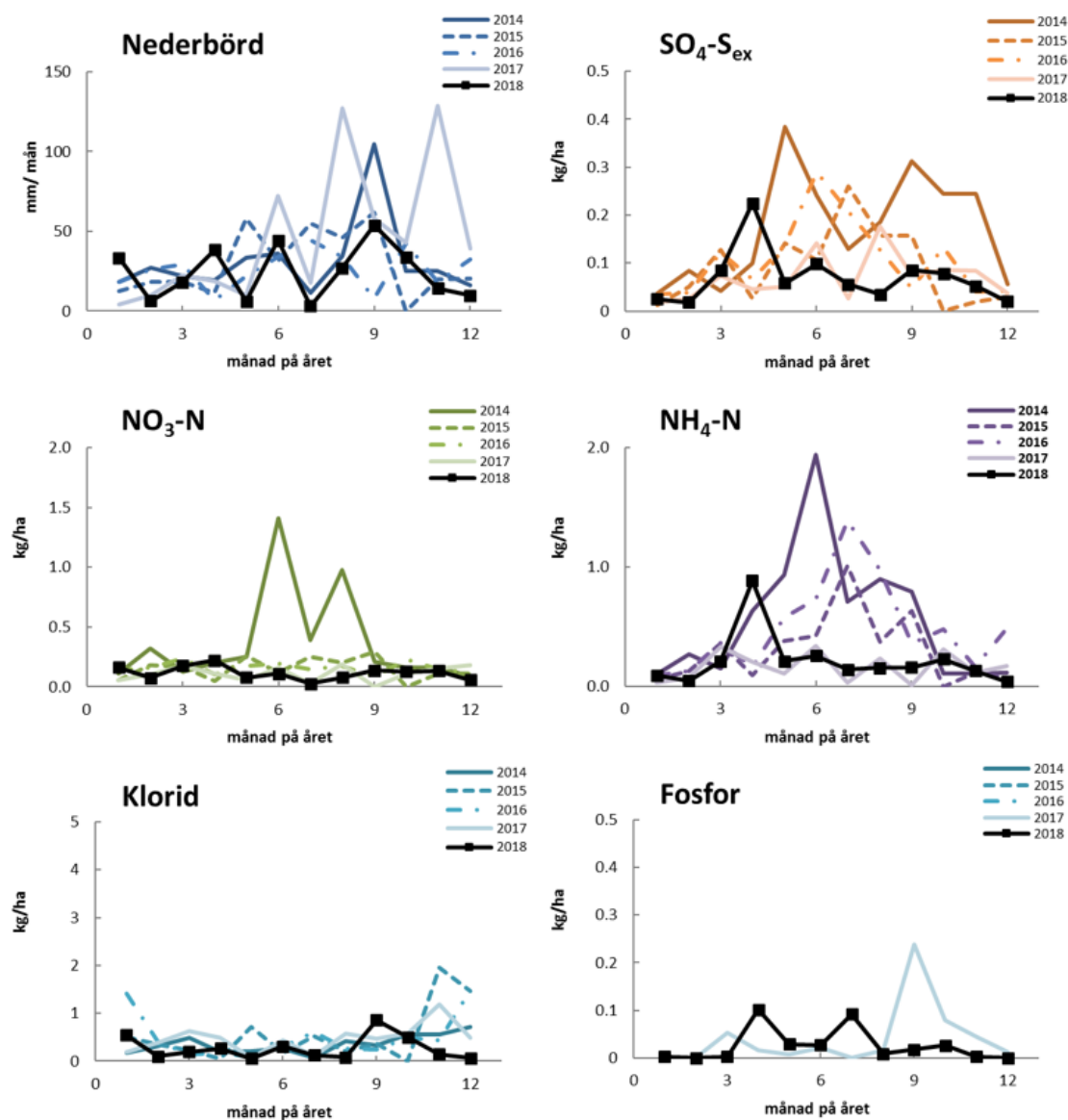
Månadsvis jämförelse av mätresultat vid Visingsö med tidigare års mätningar

I Figur 87 visas de fem senaste årens månadsvisa mätningar på Visingsö. I figuren framgår att nederbördsmängden under flertalet månader under 2018 var låg, under flera månader det lägsta som uppmätts jämfört med de 5 tidigare åren. När det gäller flertalet övriga parametrar var nedfallet generellt lågt under 2018, undantaget under april månad då nedfallet för flertalet parametrar var högre än under tidigare år. Även under 2017 var nedfallet lågt under flertalet månader.

Sulfatdepositionen var generellt mycket låg under 2018, speciellt tydligt var detta under sommarhalvåret om man bortser från april månad då nedfallet var relativt högt, Figur 87. Även nitrat- och ammoniumnedfallet var lågt under hela 2018 undantaget under april. Speciellt lågt var kvävenedfallet under maj – september jämfört med tidigare år. I figuren framgår även att kloridnedfallet 2018 var lågt, och under många månader lägre än tidigare jämförda år, Figur 87. De högsta kloridnedfallen brukar inträffa under vintermånaderna och de lägsta under sommarmånaderna, men under 2018 uppmättes högst kloridnedfall under september, Figur 87. 2018 var andra året som mätningar av fosfornedfall med nederbörden genomfördes varför det endast går att jämföra med 2017 års mätningar. Dock syns i Figur 87 att fosfornedfallet generellt inte varit speciellt högt under 2018 och att högst nedfall uppmättes under april och juli.

Jämförelse med omkringliggande platser för 2018 och tidigare års mätningar

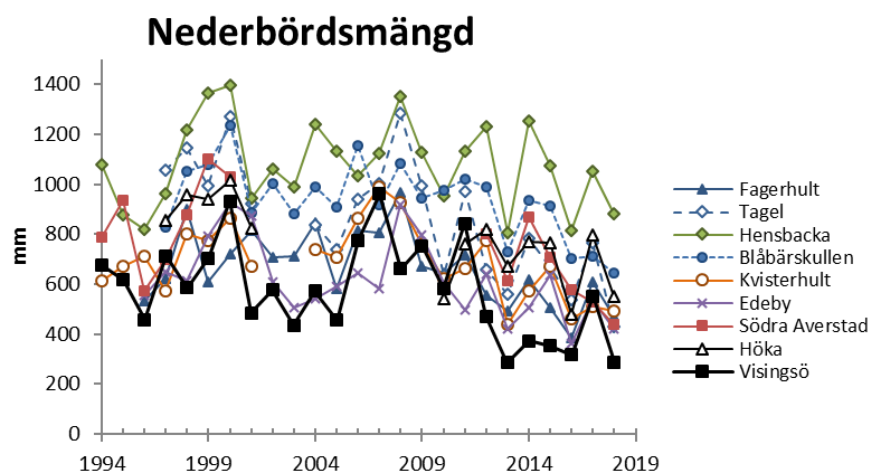
Nederbördsmängd och nedfall av försurande ämnen på Visingsö, för varje kalenderår under perioden 1994-2018, visas i Figurerna 90 - 94, tillsammans med motsvarande värden för åtta platser där nedfallsmätningar bedrivits över öppet fält inom Krondroppsnetet, Figur 88.



Figur 87. Månadsvisa nederbördsmängder (mm) samt nedfall (kg/ha) av sulfatsvavel utan havssaltsbidrag (SO₄-S_{ex}), nitratkväve (NO₃-N), ammoniumkväve (NH₄-N), kloridjoner (Cl-) samt fosfor (P) från mätningarna i nederbörden över öppet fält på Visingsö under period januari 2014 till december 2018.



Figur 88. En karta över mätplatserna som jämförs i denna rapport: Visingsö, Blåbärskullen, Södra Averstad, Höka, Edeby, Fagerhult, Hensbacka, Kvisterhult samt Tagel.

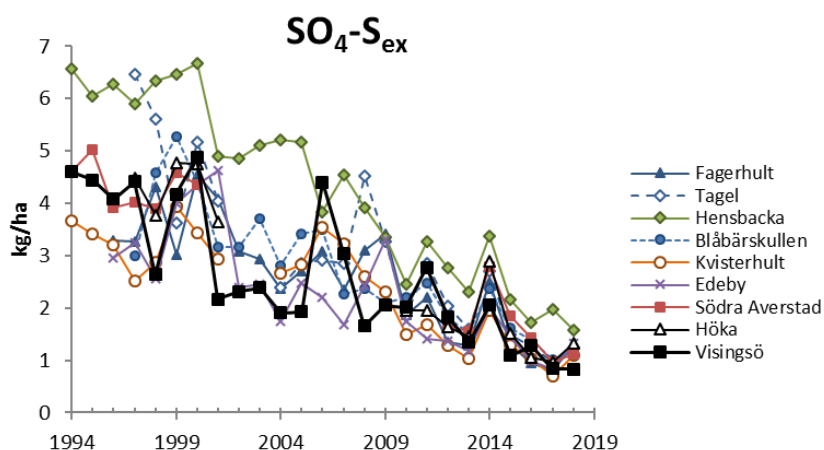


Figur 89. Årvis (kalenderår) nederbördsmängd (mm) 1994-2018 över öppet fält på Visingsö, vid Fagerhult, Tagel, Hensbacka, Blåbärskullen, Kvisterhult, Edeby, Södra Averstad och Höka. Lokalernas placering visas i Figur 89.

En statistisk trendanalys har genomförts med Mann-Kendall - metodik för de senaste 22 åren, från 1997, det första år då mätningar vid samtliga jämförande mätplatser funnits. Vid fyra av de nio mätplatserna har olika långa mätuppehåll skett men Mann-Kendall-analysen fungerar även om mätuppehåll finns. Mätningarna vid Södra Averstad i Värmland har haft längst mätuppehåll under perioden 1997-2018, d.v.s. 11 års mätningar saknas, medan Höka (Östergötland), Tagel (Kronoberg) och Kvisterhult (Västmanland) saknar vardera 8, 3 respektive 2 års mätningar under perioden. Vid alla övriga mätplatser finns 22 års kompletta mätserier.

Under 2018 var nederbördsmängderna i södra Sverige betydligt lägre än genomsnittet för den totala mätperioden vid samtliga platser, Figur 89. Vid Tagel, Blåbärskullen och Södra Averstad var nederbördsmängderna 2018 de lägsta som hittills uppmäts vid respektive mätplats. Under hela året 2018 regnade det endast totalt 288 mm på Visingsö, vilket är på samma låga nivå som under 2013 då det regnade 286 mm. Figur 89 visar att nederbördsmängderna ofta är låga på Visingsö i förhållande till andra platser i södra Sverige. Nederbördsmängderna har under 22-årsperioden (1997-2018) minskat statistiskt säkerställt vid åtta av de nio mätplatserna (Blåbärskullen, Edeby, Fagerhult, Höka, Kvisterhult, Södra Averstad, Tagel och Visingsö).

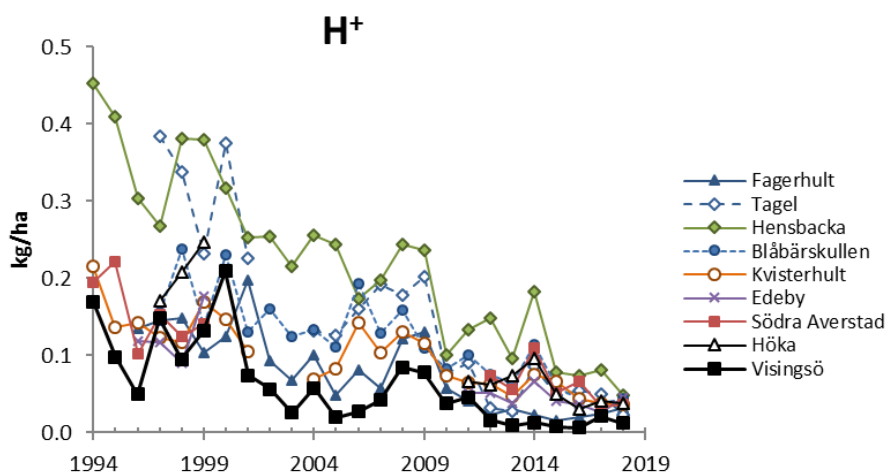
Vid samtliga platser i jämförelsen har svavelnedfallet med nederbörden, exklusive havssalt, minskat signifikant med mellan 60 till 80 % under de senaste 22 åren. Efter 2014 års förhöjning av svavelnedfallet, som med stor sannolikhet orsakades av vulkanutbrottet vid Holuhraun på Island under hösten 2014 (Hellsten m. fl., 2017), har svavelnedfallet påföljande år varit låga. Trots den låga nederbördsmängden var svavelnedfallet 2018 på Visingsö på samma nivå som under 2017 då det regnade betydligt mer. Svavelnedfallet under 2018 tangerade därmed det lägsta nedfallet som uppmäts vid Visingsö, 0,8 kg per hektar. Vid Hensbacka i Västra Götalands län var svavelnedfallet 2018 det lägsta som hittills uppmäts,



Figur 90. Årsvis (kalenderår) nedfall (kg/ha) av sulfatsvavel utan havssaltsbidrag ($\text{SO}_4\text{-S}_{\text{ex}}$) 1994-2018 med nederbörden över öppet fält på Visingsö, samt vid Fagerhult, Tagel, Hensbacka, Blåbärskullen, Kvisterhult, Edeby, Södra Averstad och Höka. Lokalernas positioner visas i Figur 89.

Figur 90. Vid alla andra här presenterade mätplatser var nedfallet under 2018 högre jämfört med 2017 trots att nederbördsmängden 2018 var betydligt lägre, Figur 90. Generellt avtar svavelnedfallet i en gradient från

sydvästra Sverige mot nordost, något som även syns i Figur 90, genom att högst svavelnedfall oftast uppmätts vid Hensbacka, vid den svenska västkusten, och lägst nedfall vid Kvisterhult, som ligger mer åt nordost. Generellt brukar svavelnedfallet vid Visingsö vara lågt, något som kan bero på dess läge mitt i Vättern. Värt att notera är att svavelnedfallet 2006 var högst på Visingsö, vilket möjligen kan förklaras med långväga transport av luftföroreningar från ryska skogsbränder (Karlsson m.fl., 2013).

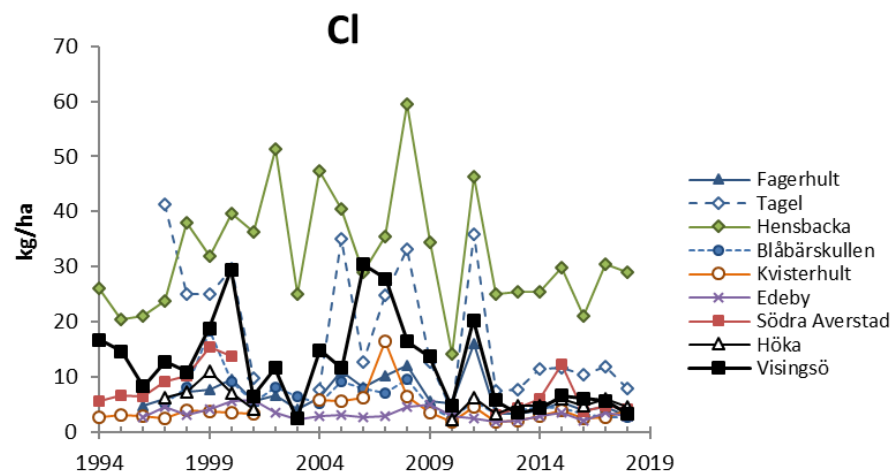


Figur 91. Årsvis (kalenderår) nedfall (kg/ha) av vätejoner (H^+) 1994-2018 med nederbörden över öppet fält på Visingsö, samt vid Fagerhult, Tagel, Hensbacka, Blåbärskullen, Kvisterhult, Edeby, Södra Averstad och Höka. Lokalernas positioner visas i Figur 89.

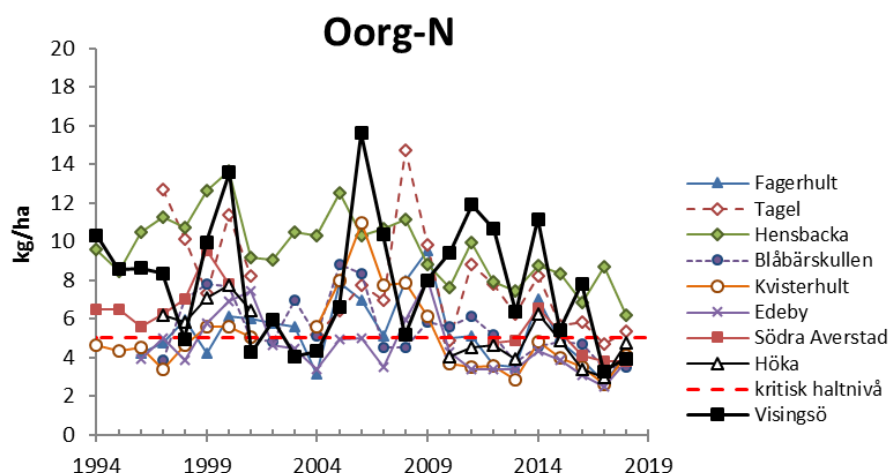
Den totala syrabelastningen från nederbörden i form av nedfall av vätejoner (H^+), var under 2018 relativt låg på mätstationerna, Figur 91. Syrabelastningen har sedan 1997 minskat statistiskt säkerställt vid samtliga mätplatser i jämförelsen. Syrabelastningen på Visingsö har ofta varit lägst jämfört med övriga här jämförda platser, så även under 2018 (Figur 91).

Visingsö har vissa år haft ett relativt högt påslag av havssalt, vilket indikeras via kloridnedfallet. Kloridnedfallet under 2018 var för vissa mätplatser på en medelnivå (Hensbacka, Kvisterhult, Edeby och Höka) medan den var låg vid övriga mätplatser. Vanligtvis har kloridnedfallet varit högst vid Hensbacka vilket beror på dess kustnära läge. I Figur 92 syns att kloriddepositionen även under 2018 var klart högst vid Hensbacka följt av Tagel. Kloriddepositionen vid övriga mätplatser var relativt lika under 2018. Saltpåslag verkar på lång sikt gynnsamt för att motverka förorening. Episoder med mycket höga saltpåslag kan dock medföra att föroreningen av markvattnet tillfälligt ökar under en kort tid. Under de senaste 22 åren har kloridnedfallet minskat statistiskt säkerställt vid Blåbärskullen, Edeby, Fagerhult, Tagel och Visingsö.

Nedfallet av oorganiskt kväve (summan av nitrat- och ammoniumkväve) i nederbörden var under 2018 något högre jämfört med 2017, men fortfarande relativt lågt vid flertalet mätplatser, Figur 93. Det högsta kvävenedfallet med nederbörden uppmättes vid Hensbacka med strax över 6 kg per hektar. Vid Visingsö var det oorganiska kvävenedfallet med nederbörden 3,9 kg/ha under 2018, vilket var det näst lägsta kvävenedfallet med nederbörden som uppmättes sedan mätstarten 1994, endast under 2017 var kvävenedfallet lägre. Dock är inte torrdepositionen av kväve med i dessa mätningar något som adderar en relativt stor mängd kväve vid beräkningen av det totala kvävenedfallet till barrskog, Figur 10B.



Figur 92. Årvis (kalenderår) nedfall (kg/ha) av kloridjoner (Cl^-) 1994-2018 med nederbörden över öppet fält på Visingsö, vid Fagerhult, Tagel, Hensbacka, Blåbärskullen, Kvisterhult, Edeby, Södra Averstad och Höka. Lokalernas positioner visas i Figur 89.

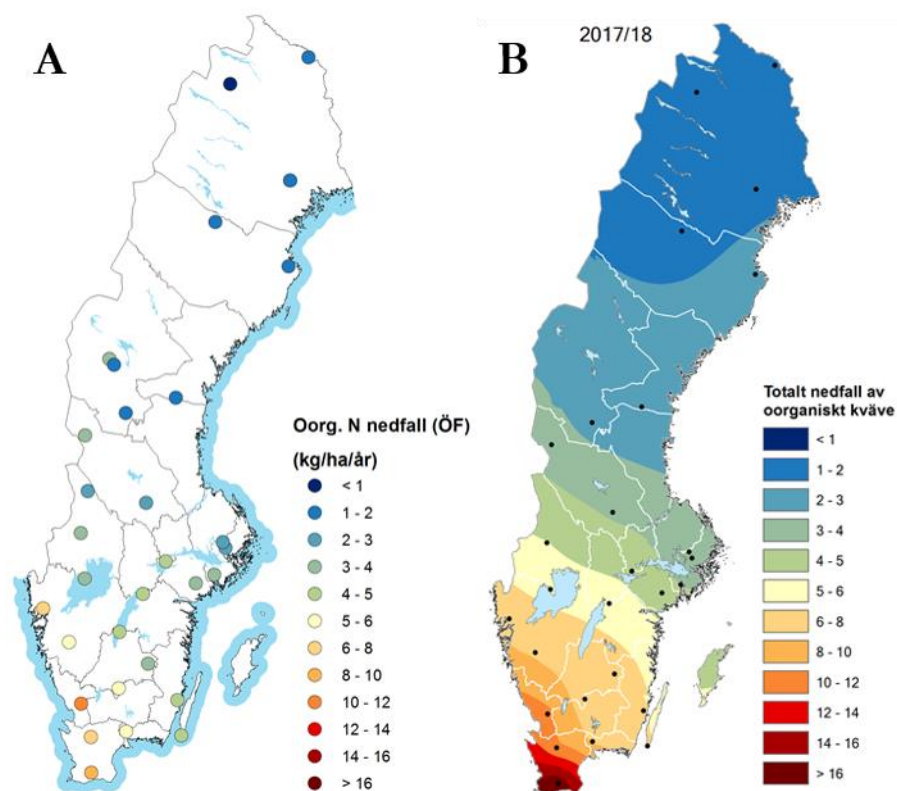


Figur 93. Årvis (kalenderår) nedfall (kg/ha) av oorganiskt kväve ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$) 1994-2017 med nederbörden över öppet fält på Visingsö, vid Fagerhult, Tagel, Hensbacka, Blåbärskullen, Kvisterhult, Edeby, Södra Averstad och Höka. Lokalernas positioner visas i Figur 89. En röd streckad horisontell linje indikerar den kritiska belastningen för nedfall av oorganiskt kväve till barrskog.

Sedan 1997 har det oorganiska kvävenedfallet i nederbörden minskat statistiskt säkerställt vid samtliga mätplatser förutom vid Fagerhult, Kvisterhult samt Visingsö. Uppdelat på nitrat och ammonium har nitratnedfallet sedan 1997 minskat statistiskt säkerställt vid samtliga mätplatser medan ammoniumnedfallet endast minskat vid Edeby, Hensbacka och Södra Averstad (data visas ej).

Nedfallet av oorganiskt kväve med nederbörden på öppet fält för det hydrologiska året 2017/18 visas för landet som helhet i Figur 94A med karta från Krondroppsnetet (Pihl Karlsson m.fl., 2019). Gradienten från sydväst mot nordost framträder tydligt. Som högst i landet uppmättes ett oorganiskt kvävenedfall med nederbörden på öppet fält under 2017/18 på strax över 10 kg per hektar och år vid Timrilt i Halland.

Vad gäller kvävenedfallet till skog bidrar förutom våtdepositionen med nederbörden, även den s.k. torrdepositionen, d.v.s. avsättningen av gaser och partiklar till alla ytor t.ex. trädens blad och barr. Torrdeposition mäts i dagsläget inte på Visingsö däremot mäts det vid Fagerhult, Hensbacka, Blåbärskullen och Edeby. I mätningarna av oorganiskt kvävenedfall, Figur 93 samt i kartan Figur 94A, är därför inte torrdepositionen medräknad. Torrdeposition kan dock beräknas med hjälp av en kombination av mätningar med strängprovtagare, öppet fält- och krondroppsmätningar vid andra stationer inom Krondroppsnetet. Resultaten från dessa mätningar, som gäller barrskog, har sedan interpolerats geografiskt (Karlsson m. fl., 2018). Om man inkluderar torrdepositionen, beräknades det totala oorganiska kvävenedfallet på Visingsö till barrskog under det hydrologiska året 2017/18 till mellan 6-8 kg/ha, Figur 91B. Detta är betydligt högre än de 4,2 kg/ha som uppmättes i nederbörden för samma period (under kalenderåret 2018 var nedfallet 3,9 kg/ha i nederbörden). Torrdepositionen till lövskog är inte lika hög som för barrskog. Det uppmätta



Figur 94. Nedfall av oorganiskt kväve ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) under det hydrologiska året 2017/18. A. Uppmätt nedfall till öppet fält. B. En geografiskt interpolerad karta över beräknat totalt nedfall (torr- och våtdeposition). Metoden baserar sig på resultat från kombinerade mätningar av nedfall till öppet fält, nedfall som krondropp och mätningar av torrdeposition med strängprovtagare enligt metodik i Karlsson m.fl. (2018). Interpolering har gjorts med Kriging-metodik.

kvävenedfallet med nederbörden utgör dock en underskattning av det totala kvävenedfallet även för lövskogen på Visingsö. Den totala nedfallet av oorganiskt kväve (torr- samt våtdeposition) visas för hela landet i kartan från Krondroppsnätet, Figur 94B. Som högst i landet beräknades det totala oorganiska kvävenedfallet under 2017/18 på strax över 20 kg per hektar och år vid Stenshult i Skåne län.

Metoder

Bulkdepositionen av försurande ämnen mäts över öppet fält genom månadsvis insamling och analys av nederbörd året runt. Bulkdepositionen består i huvudsak av våtdeposition, men det finns även ett litet inslag av torrdeposition till insamlaren. Mätningarna startade i februari 1993 i Säby och har sedan dess pågått utan avbrott. Mätningarna flyttades av praktiska skäl i januari 2002 tre km längre söderut till Kumlaby. I mars/april 2005 flyttades mätningarna dock tillbaka till Säby, ca 100 meter från den ursprungliga platsen (koordinater; x, 6439800; y, 1414660). Data mellan januari 2002 och mars/april 2005 (Kumlaby) härrör från en placering som inte var lika vindexponerad som den ursprungliga/nuvarande placeringen. En mindre vindexponerad lokal minskar risken för störningar av provtagningen bland annat i samband med starka vindar.

Nederbörd insamlades fram till och med september 2011 med hjälp av en s.k. MISU-provtagare som finns beskriven i tidigare rapporter, se provutrustningen längst till vänster i bild nedan. Mätutrustningen var identisk med den som har använts inom Krondroppsnätet (Pihl Karlsson m.fl., 2019). Sedan oktober 2011 används en ny utrustning (WoF-provtagaren) för att samla in nederbörden, se längst till höger i bild nedan. Utrustningen för insamling av nederbörd på öppet fält är utvecklad av IVL och består av ett cirka 1,5 meter högt rör (diameter 20,3 cm) med en plastsäck inuti röret, som sätts fast med hjälp av ett spännband samt en ”krona” som placeras överst. Mellan röret och kronan sitter ett nät som skall skydda provtagen nederbörd mot skräp sommartid. Röret står på en platta under mark samt är fixerad med hjälp av tre reglerbara vajrar. Den nya utrustningen används, förutom på Visingsö, även på samtliga mätstationer där nederbörd över öppet fält provtas inom Krondroppsnätet samt inom Luft- och nederbörds-kemiska nätet. Provbyten utförs sedan 2005 av Ingemar Zander som är bosatt på ön. Vid provbyte skickas insamlad nederbörd till IVL för analys av pH, alkalinitet, klorid, svavel samt kvävekomponenter.



Figur 95. Bild från Visingsö 26 augusti 2009. Den tidigare provtagningsutrustningen för försurande ämnen visas längst till vänster och den nya WoF-provtagaren längst till höger i bild.

Dygnsvisa mätningar avseende nederbördsmängd, administrerade av SMHI, bedrivs vid en plats ca 100 m från ovan beskrivna provtagningsplats för depositions-mätningarna. Dessa mätningar har flyttats på samma vis som depositions-mätningarna. SMHI:s provtagningsutrustning står dock i närheten av ett träd samt relativt nära ett hus, vilket gör att den är mindre vindexponerad än mätutrustningen som används i detta projekt.

Referenser

- Hellsten, S., Gustafsson, M., Pihl Karlsson, G., Danielsson, H., Karlsson, P.E. and Akselsson, C. 2017:** Påverkan på nedfallet och luftkvaliten i Sverige av SO₂-emissioner från vulkanutbrottet på Island, 2014-2015. IVL Rapport C 234.
- Karlsson, P.E., Martin Ferm, Hans Tømmervik, Lars R. Hole, Gunilla Pihl Karlsson, Tuija Ruoho-Airola, Wenche Aas, Sofie Hellsten, Cecilia Akselsson, Teis Nørgaard Mikkelsen, and Bengt Nihlgård. 2013.** Biomass burning in eastern Europe during spring 2006 caused high deposition of ammonium in northern Fennoscandia. *Environmental Pollution*, 176, 71–79.
- Karlsson, P.E., Pihl Karlsson, G., Hellsten, S., Akselsson, C. 2018.** Utveckling av en indikator för totalt nedfall av kväve till barrskog inom miljö kvalitetsmålet Ingen övergödning. IVL Rapport C 286.
- Pihl Karlsson, G., Akselsson, C., Hellsten, S. & Karlsson, P.E., (2019),** Tillståndet i skogsmiljön i Jönköpings län. Resultat från Krondropps nätet till och med 2017/18. IVL Rapport C 411.

Nederbördskemisk undersökning av tungmetaller på Visingsö

Michelle Nerentorp & Gunilla Pihl Karlsson, IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Sammanfattning

På uppdrag av Vätternvårdsförbundet mäter IVL Svenska Miljöinstitutet AB, sedan mars 1993, nederbördens innehåll av tungmetaller på Visingsö.

Generellt visar mätningarna att nickel- och zinkhalterna i nederbörd under mätperioden varit högre på Visingsö än vid andra jämförbara svenska mätstationer. För nickel gäller det för perioden 1994 - 2018 och för zink mellan 2005 - 2018. Under den senaste sjuårsperioden har även krom- och kopparhalterna varit högre på Visingsö än vid de andra stationerna. En trendanalys visade att nedfallet av zink och koppar på Visingsö ökat med i genomsnitt 5 respektive 4 % per år under perioden 1994 till 2018, medan nedfallet av bly på Visingsö under samma period minskat med 2 % per år. Under 2012 erhöles förhöjt nedfall av krom och nickel. Därefter har nedfallet minskat som en effekt av lägre halter i nederbörden. Depositionen av koppar och zink visar dock en ökande trend de senaste 8–10 åren.

Nedfallet av metaller var även generellt förhöjt under 2015. Under 2018 var depositionen av koppar och zink alltså relativt hög men dock lägre jämfört med 2015. När det gäller depositionen av arsenik var den under 2017 och 2018 relativt låg.

Halten av tungmetaller i nederbörd är generellt relativt låg i Sverige jämfört med i andra europeiska länder. Tidigare har det antagits att den höga depositionen av nickel och zink, men även vissa andra metaller, på Visingsö till övervägande del är en effekt av långväga transport, d.v.s. import från andra länder. Men det kan också bero på förekomster av dessa metaller i berggrunden på Visingsö. En analys med hjälp *Enrichment Factors* antyder visserligen att de förhöjda depositionerna av kadmium, koppar och zink på Visingsö kan vara en effekt av mänskliga aktiviteter och långväga transport. Dock motsägs detta av att depositionerna av dessa metaller uppvisar ett liknande mönster som för aluminium, järn och mangan, vilkas förekomst i luft och nederbörd förknippas med lokal erosion och suspension av partiklar till luft.

Inledning

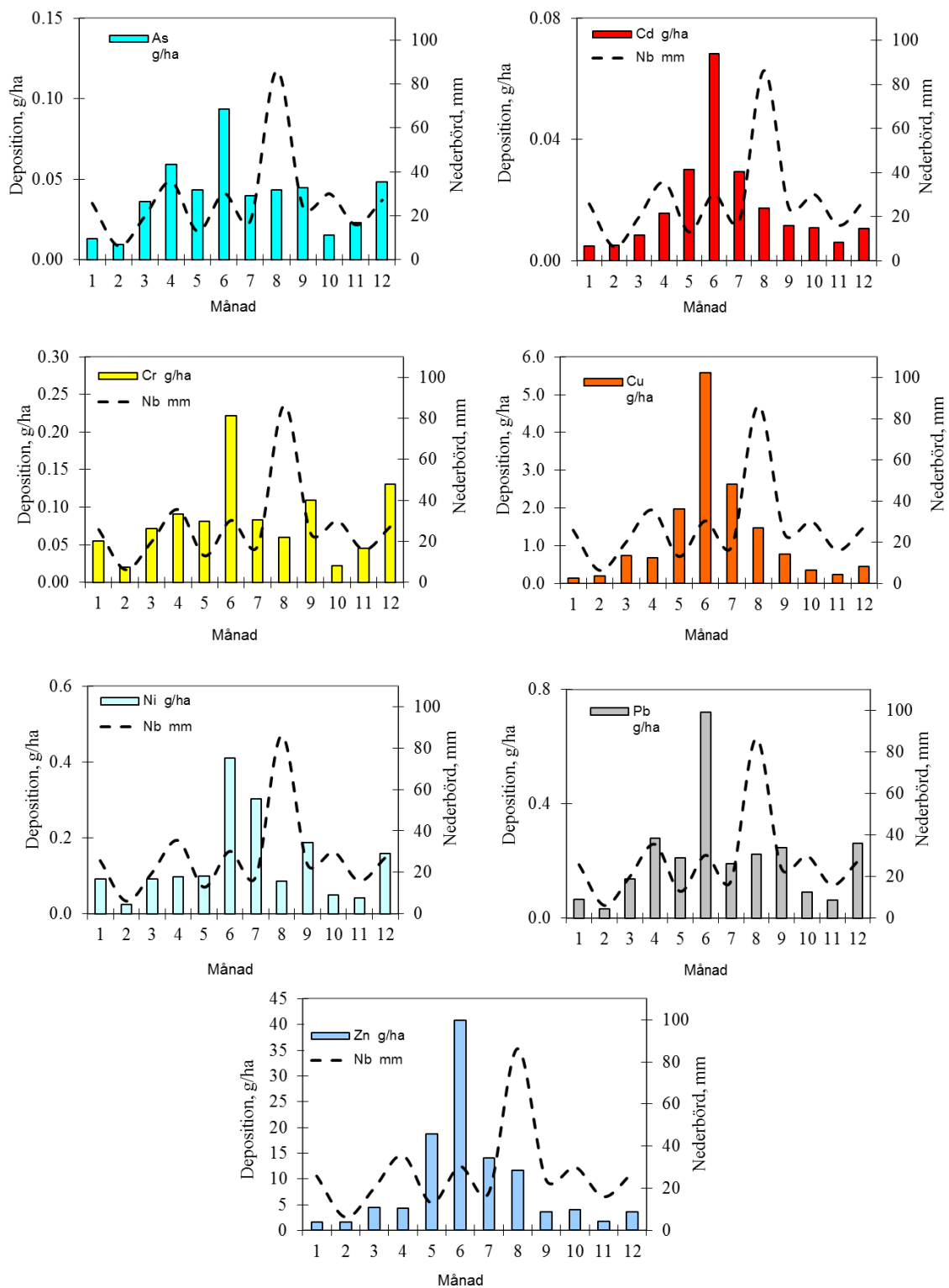
På uppdrag av Vätternvårdsförbundet mäter IVL Svenska Miljöinstitutet AB, sedan mars 1993, nederbördens innehåll av tungmetaller på Visingsö. Av praktiska skäl flyttades mätplatsen 3 km söderut, från Säby till Kumlaby, i januari 2002. Under mars/april 2005 flyttades mätningarna tillbaka till Säby, ca 100 meter från den ursprungliga platsen (koordinater: x, 6439800; y, 1414660). Data mellan januari 2002 och mars/april 2005 från Kumlaby kommer från en placering som är mindre vindexponerad än den vid Säby. Mindre vindexponerade lokaler är gynnsamma ur provtagningssynpunkt eftersom nederbördsmängden kan underskattas vid stark vind.

Resultat 2018 och jämförelse med tidigare mätningar

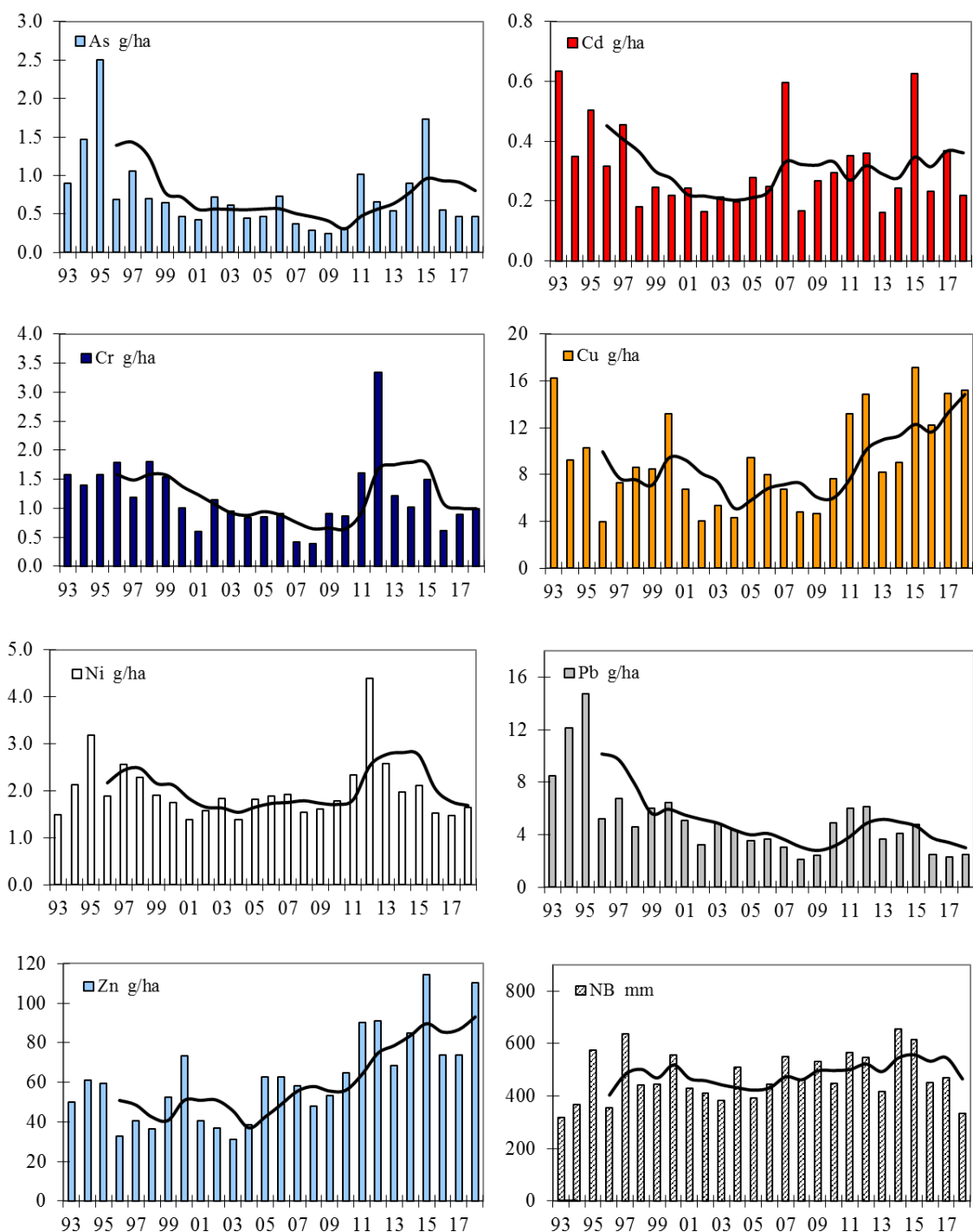
Figur 96 visar månadsvis deposition av tungmetaller och nederbördsmängder, insamlade med metallprovtagaren, på Visingsö under 2018. Metalldepositionen varierar ofta med nederbördsmängden men beror också på varifrån luftmassorna kommer, det vill säga hur förorenad luften är.

I Figur 96 ser man att det högsta nedfallet av samtliga mätta metaller; arsenik, kadmium, krom, koppar, nickel, bly och zink skedde under juni månad. Nedfallet av kadmium, koppar och zink visar en tydlig säsongsvariation med högre deposition under sommar- jämfört med vintermånaderna. Arsenik, krom, nickel och bly uppvisar en mer jämn deposition över året förutom under juni/juli och december där nedfallet var högre.

I **Figur 97** visas årsmedeldepositioner för Visingsö under perioden 1993 - 2018. Variationen i deposition mellan enskilda år är ofta stor, varför det i allmänhet inte går att dra någon slutsats angående trender utifrån data från korta tidsperioder. Därför har 4-års glidande medelvärden räknats fram, vilka visas i figuren som heldragen svart linje. Med hjälp av dessa kan det urskönjas en uppåtgående trend för nedfallet av främst zink, men även för koppar för de senaste 10–12 åren. Blynedfallet minskar stadigt tack vare förbud mot bly i bensin och minskande användning i produkter. Som tidigare nämnts har mellanårsvariationen i metallnedfallet ofta varit stor och med undantag från zink, koppar och bly kan inte några tydliga trender skönjas.

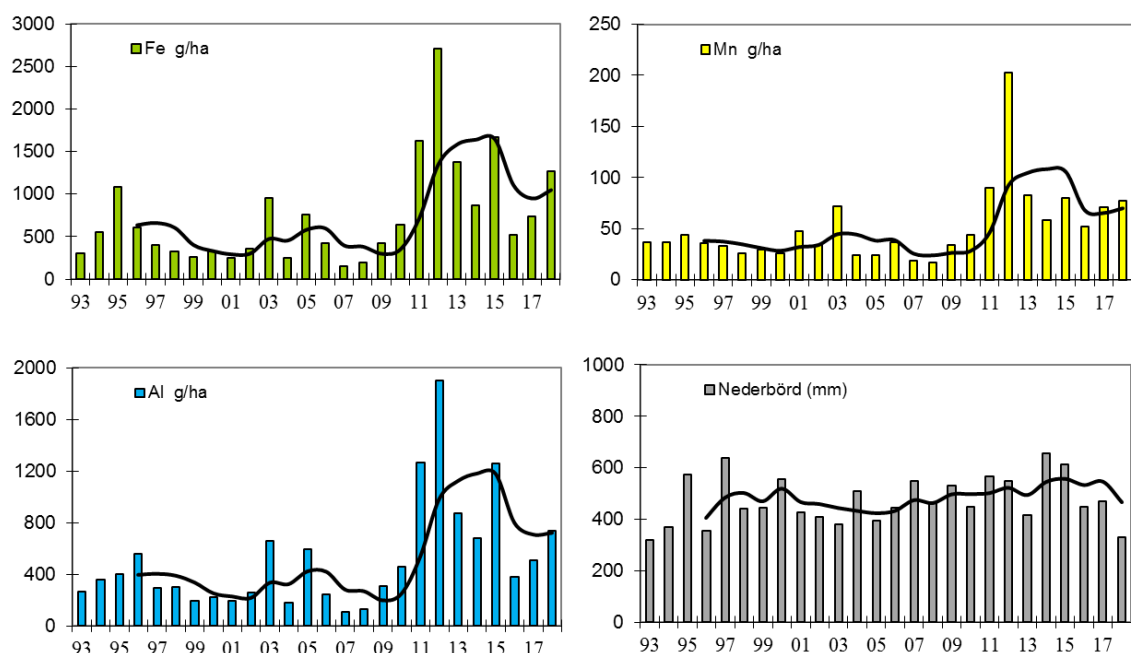


Figur 96. Månadsvisa metalldepositioner (staplar) och nederbördsmängder (streckad linje) på Visingsö under 2018.



Figur 97. Årlig deposition med nederbörden till öppet fält av metallerna arsenik (As), kadmium (Cd), krom (Cr), koppar (Cu), nickel (Ni), bly (Pb), zink (Zn) och nederbördsmängd (NB) på Visingsö från 1993 till 2018. Svart streckad linje visar glidande 4-årsmedelvärden. Depositionsvärden för 2003 härrör endast från mätningar under mars – december, varför de värden som visas i figuren troligtvis är något underskattade årsmedeldepositioner.

En trendanalys med Mann-Kendall-metodik konfirmerar en statistisk signifikant ökning av nedfallet av zink och koppar under perioden 1994 till 2018 samt att nedfallet av bly minskat under samma period. Orsaken till ökningen av zink- och kopparnedfallet är ännu okänd, men påverkan



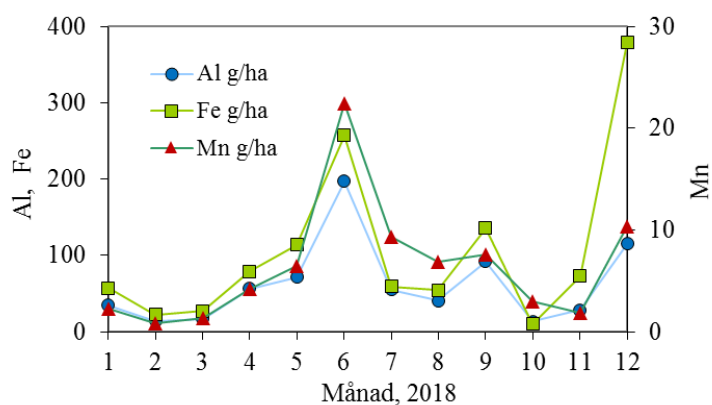
Figur 98. Årlig deposition med nederbörden till öppet fält av järn (Fe), mangan (Mn) och aluminium (Al) samt årsnederbörd på Visingsö under perioden 1993 - 2018. Svart heldragen linje visar glidande 4-årsmedelvärden. Data för 2003 här rör endast från mätningar under mars - december, varför de värden som visas i figuren troligtvis är något underskattade årsmedeldepositioner.

från en eller flera svenska källor avseende zink och koppar samt även andra metaller kan inte uteslutas.

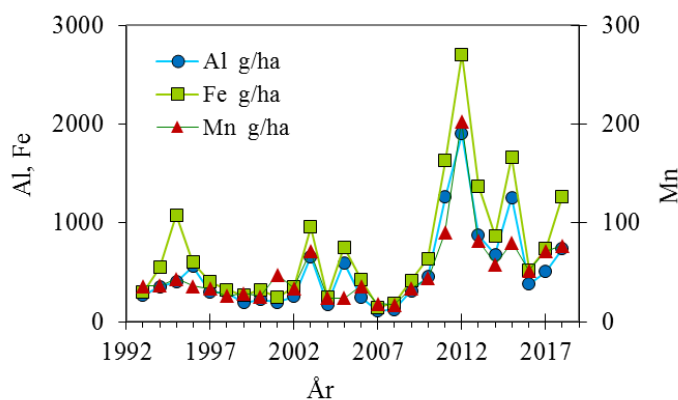
Även metallerna, järn (Fe), mangan (Mn) och aluminium (Al) analyseras i nederbördsproven och årsmedeldepositionen samt årsnederbörds mängderna för perioden 1993 - 2018 visas i Figur 98. Deposition av dessa metaller utgör en relativt liten ekologisk risk, men förändringar med tiden bör ändå noteras. De lägsta depositionerna av järn, mangan och aluminium uppmättes under 2007-2008. Därefter ökade depositionen och uppnådde år 2012 de högsta värdena sedan mätningarna startades. Under senare år är dock återigen depositionen tillbaka på en lägre nivå, om än inte lika låg som under 1990-talet.

I Figur 99 jämförs månadsmedelvärden av deposition av aluminium, järn och mangan på Visingsö under 2018.

Likheten i årstidsvariationen mellan de tre metallerna är slående. Förmodligen beror detta dels på att nederbörds mängderna spelar roll för storleken på depositionen, dels på att metallerna emitteras från liknande källor. Troligtvis rör det sig om lokal spridning av jordpartiklar via markerosion. Aluminium-, järn- och mangandepositionerna har även under tidigare år varit väl korrelerade, vilket visas i Figur 100.



Figur 99. Variation i månadsdeposition med nederbörden till öppet fält av aluminium (Al), järn (Fe) och mangan (Mn) på Visingsö under 2018.



Figur 100. Årsdepositionen med nederbörden till öppet fält av aluminium (Al), järn (Fe) och mangan (Mn) under perioden 1993 - 2018.

Jämförelse med övriga lokaler i Sverige

I Figur 101 jämförs resultat från Visingsö med motsvarande mätresultat från tre andra platser i landet: Arup och Vavihill/Hallahus i Skåne, Råö/Gårdsjön i Halland/Bohuslän och Bredkålen i Jämtland, där IVL genomför mätningar inom den nationella miljöövervakningen på uppdrag av Naturvårdsverket. Mätningarna i Bredkålen avslutades 2002 men återupptogs 2009. Mellan 2009 och 2015 ersattes Arup med Vavihill, belägen ca 45 km nordväst om Arup. Första januari 2016 ersattes Vavihill i sin tur med Hallahus en mätplats ca 1 km norr om Vavihill. Mätningarna vid Gårdsjön, i det inre av Bohuslän, ersattes 2009 med mätningar vid Råö, vilket är en kustnära mätstation i norra Halland, belägen ca 76 km söder om Gårdsjön. Insamling och analys av nederbördsprov på dessa platser är inte helt lik den som sker på Visingsö. Insamlarnas utformning är något annorlunda, och radien på provtagningskärnen är mindre inom den nationella övervakningen. På grund av misstänkt kontaminering redovisas inte resultatet för koppar från Arup, Gårdsjön och Bredkålen under perioden 1995 - 1997.

Med undantag för vissa år har de lägsta metallhalterna återfunnits i Bredkålen i Jämtland. Ofta har halterna på stationerna Råö/Gårdsjön och Vavihill/Arup varit inbördes lika och i samma storleksordning som de som uppmätts på Visingsö. För nickel och zink har halterna vanligen varit högre på Visingsö än vid de andra mätstationerna. Under senare år har samma sak även gällt för krom, koppar och bly. Varför zink- och nickelhalterna varit högre på Visingsö är inte klart, men en jämförelse av zinkhalterna på Visingsö, Gårdsjön och Arup uppvisar en viss samvariation under perioden 2005 till 2009. Ett liknande mönster kan även skönjas angående nickel och kan vara en effekt av storskalig påverkan, d.v.s. långväga transport. Varför halterna av kadmium, krom, koppar, nickel, och zink under senare år varit högre på Visingsö än vid de andra mätplatserna har dock inte kunnat förklaras.

Tabell 10 visar EF-värden (Enrichment Factors) för tungmetaller som mättes på Visingsö under 2018.

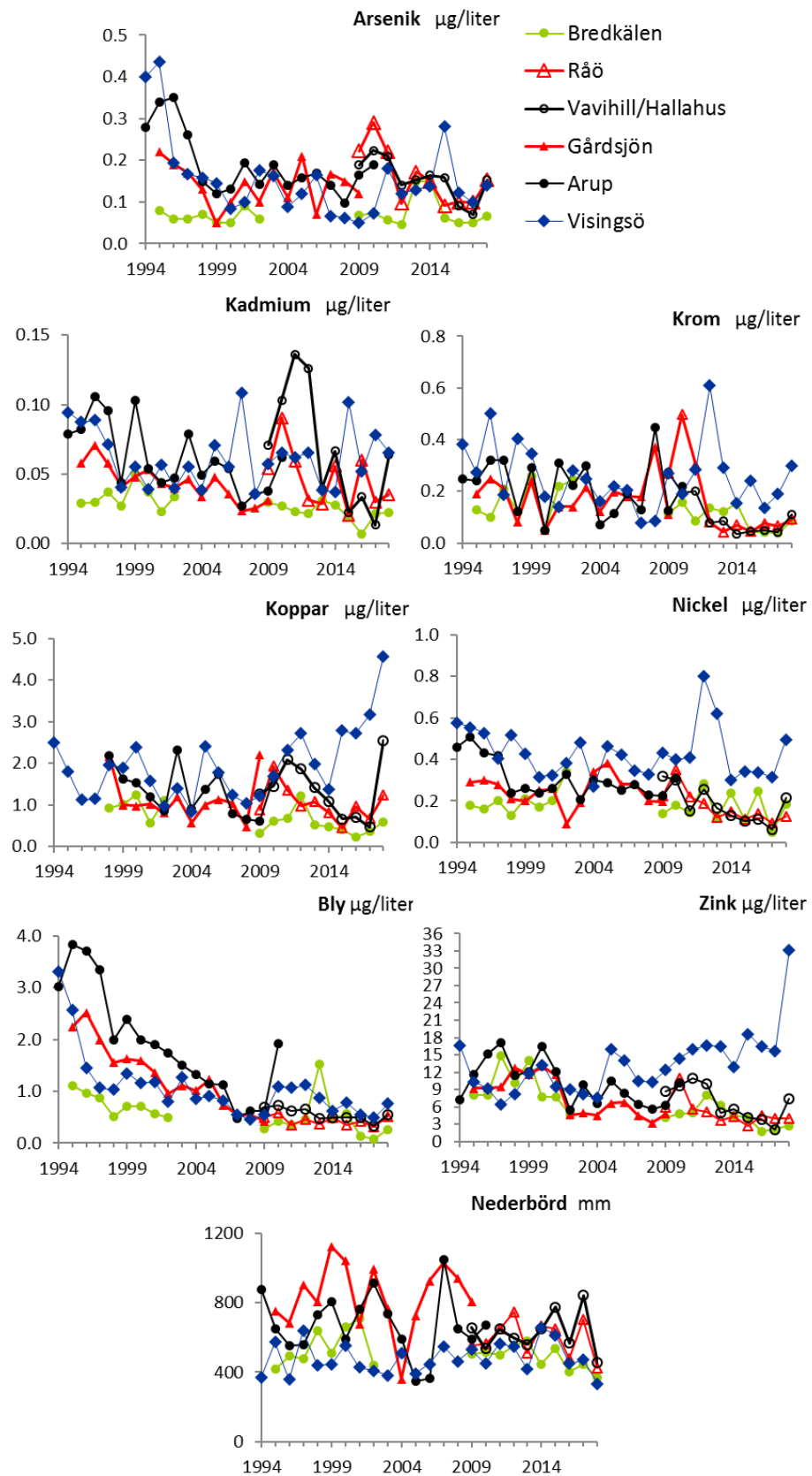
Tabell 10. Beräknade Enrichment Factors (EFs) för tungmetaller i nederbörd på Visingsö under 2018. För metodik, se Kapitel 4.

As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
1	30	1	14	2	4	37

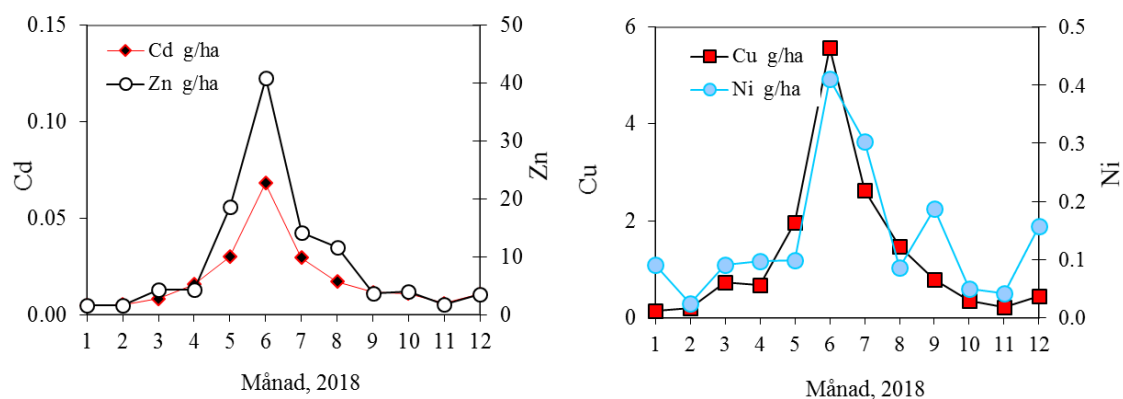
EF-värden > 10 anses indikera mänsklig påverkan, vilket kan orsakas av emissioner från närbelägna eller avlägsna antropogena källor. Således skulle halterna av kadmium, koppar och zink kunna vara förhöjda till följd av mänskliga utsläpp. Dock kan EF-faktorerna angående kadmium, koppar och zink vara något missvisande med tanke på att i avsaknad av referenshalter från Visingsö av dessa metaller har medelvärden som gäller för berggrunden kring Vättern använts. Samma referenshalter visar att halterna av krom, nickel, arsenik och bly i den lokala berggrunden är förhöjd, vilket kan förklara de låga EF-värdena för dessa metaller vilka indikerar uppmätta bakgrundshalter.

Det är känt att koppar- och zinksulfider m.m. förekommer på Visingsö. Därför är det tänkbart att dessa metaller har ett lokalt ursprung.

De månadsvisa mönster som kadmium, koppar, nickel och zink uppvisat, se Figur 102, påminner starkt om motsvarande mönster som aluminium, järn och mangan uppvisat, vilket talar för ett lokalt ursprung även för dessa metaller, se Figur 100. Vid jämförelse med Figur 100 och Figur 102 kan man urskilja vissa likheter såsom att depositionen under mars månad var lite högre än under månaderna innan och efter och att depositionerna främst under juni och juli var förhöjda. De relativa magnituderna skiljer sig dock åt, men mönstren är tämligen lika. De höga halterna i nederbörd av metallerna kadmium, krom, koppar, nickel, och zink på Visingsö är dock fortfarande förbryllande. Kanske kan de avancerade statistiska metoder som föreslås av Reimann och Caritat (2005) appliceras för att komma vidare.



Figur 101. Volymviktade årsmedelhalter av tungmetaller i nederbörd från Visingsö jämfört med lokaler inom den nationella övervakningen.



Figur 102. Jämförelser av månadsvärden av deposition för kadmium och zink respektive koppar och nickel under 2018.

Metoder

Provtagningen på Visingsö sker på månadsbasis. Från början användes två olika provtagare under sommar- respektive vinterperioden. Sommarprovtagaren utgjordes av en tratt och en 2-liters dunk, medan en öppen 2-liters hink användes under vintern. Under vissa perioder förekom tidigare problem med indunstning av nederbörd i provtagaren, vilket kunde resultera i underskattade volymer och därigenom en överskattning av metallkoncentrationerna. Detta bör dock inte ha påverkat den beräknade depositionen nämnvärt. Sedan december 2001 används en s.k. Büchnertratt av polypropenplast och en 2-liters dunk för insamling av nederbörd såväl sommar som vinter. Med den här insamlingsmetoden minskas avdunstningen. Tratten har höga kanter och är därför lämpad för insamling av både regn och snö. Att utrustningen skiljer sig mellan mätningarna av metaller och mätningarna av försurande och övergödande ämnen medför att en skillnad i nederbördsmängd kan uppstå.

De årsmedelkoncentrationer av metaller i nederbörd som presenteras nedan är viktade med avseende på nederbörd enligt,

$$C_{\text{medel}} = \Sigma (D_{\text{prov}} \times C_{\text{prov}}) / \Sigma (D_{\text{prov}}) \quad (1),$$

där D_{prov} och C_{prov} är månadsprovets nederbördsmängd (mm) respektive metallkoncentration.

Provbyten har utförts av Ingemar Zander som är bosatt på Visingsö. Vid provbyte byts hela insamlaren och skickas till IVL i Göteborg för syralakning och analys. Efter två veckors syralakning av respektive prov analyseras de med avseende på tungmetaller med ICP-MS.

Berikningsfaktorer eller Enrichment Factors (EF) kan användas för att uppskatta betydelsen av antropogen påverkan av metallhalter i luft och nederbörd utöver den som sker till följd av lokal erosion och suspension av partiklar. Förekomst av aluminium, järn och mangan i nederbörd anses till stor del bero på den lokala förekomsten av dessa metaller i jordskorpan och är endast till en mindre del en effekt av mänsklig påverkan.

$$EF = \frac{(C_x / C_{ref})_{nederb.}}{(C_x / C_{ref})_{berggr.}} \quad (2)$$

Enrichment Factors beräknas enligt ekvation (2), där $(C_x / C_{ref})_{nederb.}$ är koncentrationen av den undersökta metallen (C_x) i berggrunden dividerat med motsvarande halt av referensmetallen (Zoller m. fl., 1974; Reimann och Caritat, 2005). Vid beräkningarna som visas har järn använts som referens. Halterna av järn och de undersökta metallerna i jordskorpan har hämtats från SGU:s databaser, som finns att tillgå i Öppna data Markgeokemi, analysdata - grundämnena i morän, och utgörs av medelvärden av provplatser kring Vättern.

Referenser

- Reimann, C., de Caritat, P. 2005.** Distinguishing between natural and anthropogenic sources for elements in the environment: regional geochemical surveys versus enrichment factors. *Science of the Total Environment* 337 (2005) 91– 107.
- Zoller, W.H., Gladney, E.S. och Duce, R.A.. 1974.** Atmospheric Concentrations and Sources of Trace Metals at the South Pole. *New Series*, Vol. 183, No. 4121 (Jan. 18, 1974), pp. 198-200.
- SGU:s hemsida. Öppna data Markgeokemi, analysdata - grundämnena i morän** <https://www.sgu.se/produkter/geologiska-data/oppna-data/geokemi-oppna-data/markgeokemi-analysdata/>

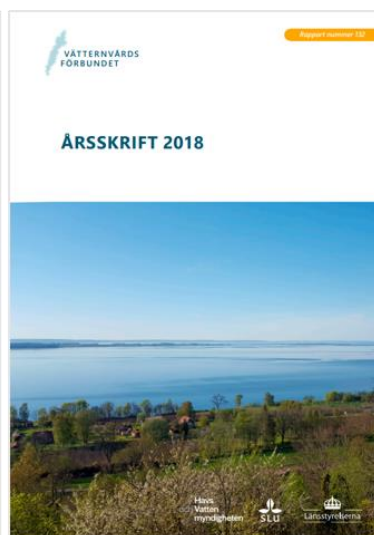
Publiceringar under 2019

RAPPORTER

131: Mikroplast i Vänern, Vättern, Mälaren och Hjälmaren 2017

132: Årsskrift 2018

133: Kiselalger I Vättern 2018



FAKTA

1:2019 Glacialrelikta kräftdjur i Vänern, Vättern och Mälaren 2019

2:2019 Kort redovisning av lekfiskräkningen i Vätterns tillflöden 2019





Havs
och Vatten
myndigheten

