



Mälaren 2018

**Sammanfattande resultat från miljöövervakning och
forskningsprojekt knutna till samarbetet med MVVF**

Karin Wallman, Stephan Köhler & Stina Drakare

SLU, Vatten och miljö: Rapport 2019:4

Referera gärna till rapporten på följande sätt:

Wallman, K., Köhler, S., Drakare, S. (2019) Mälaren 2018 – Sammanfattande resultat från miljöövervakning och forskningsprojekt knutna till samarbetet med MVVF. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö; Rapport 2019:4

Omslagsfoto: Ekoln, foto: Karin Wallman, SLU

Tryck: endast digital upplaga

Publiceringsår: 2019

Kontakt

stina.drakare@slu.se

<http://www.slu.se/vatten-miljo>

Innehåll

Sammanfattning	1
Summary	2
1 Inledning	3
2 Beskrivning av det pågående samarbetet under 2018.....	3
2.1 Provtagningsturer 2018	4
2.2 Plan för 2019	5
2.2.1 Ancylus II.....	5
2.2.2 Årsstämma och Mälarseminarium	6
2.2.3 Populärt om provtagning - vad, var, när och varför	6
2.2.4 Mälaren på webben	6
3 Väder och vattenstånd 2018 i Mälaren	7
4 Resultat från miljöövervakningen 2018.....	8
4.1 Temperatur och syrgasförhållanden	8
4.2 Vattenkemi	12
4.2.1 Näringsämnen	12
4.2.2 Siktdjup	13
4.2.3 Tungmetaller	14
4.3 Biologiska parametrar	15
4.3.1 Växtplankton	15
4.3.2 Djurplankton	19
4.3.3 Bottenfauna	21
4.3.4 Pelagisk fisk	23
4.4 Syntes av miljöövervakningen 2018	24
5 Forskningsresultat	25
5.1 SafeDrink	25
5.2 Crosslink – Biodiversa	26
5.3 Multielektroder inom miljöövervakning - utvärdering.....	27
6 Resultat från exjobb	30
6.1 Undersökning av organiska mikroföroreningar i Mälervatten	30
6.2 Badplatsers rapportering av algblomningar	31
Referenser	34
Appendix.....	35

Sammanfattning

Sedan 2018 samarbetar Mälarens vattenvårdsförbund (MVVF) och Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) för att öka utbytet mellan forskning och samhällsintressen kring Mälaren.

Miljöövervakningsresultaten från 2018 visade att det varma och torra vädret påverkade vattenmiljön med lägre vattenstånd och varmt ytvatten redan i maj. Det varma vattnet ledde till att det blev en sommar där växtplanktonproverna dominerades av cyanobakterier vilket ledde till relativt låg ekologisk status baserad på växtplankton. Den långa perioden med skiktade förhållanden ledde till att flera av sjöns djupa bassänger fick lägre syrgashalter än normalt. Detta påverkade bottenfaunan negativt. Precis som tidigare år visar 2018 års provtagning att den bästa vattenkvaliteten finns i den östra delen av Mälaren, d.v.s. den del som domineras av stora och djupa fjärdar. Här är statusen generellt sett god eller hög medan den västra och nordöstra delen vanligen har måttlig status eller sämre.

Forskningsresultat från projekt om säkert dricksvatten med bland annat Mälaren som exempel visar att det behövs bättre övervakningsstrategier och vattenbehandlingsmetoder för att få bort toxiska ämnen. Forskningsprojekt om metoder för att säkerställa biologisk mångfald i samhällsplaneringen visar att i kopplingen till vatten, d.v.s. den grönbå infrastrukturen, är träd nyckelorganismer för att skydda organismer i bäckar vid varmt väder genom sin skuggande funktion. Två studentarbeten presenterades under året, ett om läkemedelsrester (masternivå) och ett om algblomningar (kandidatnivå) i Mälaren.

Summary

Since 2018, Mälaren's Water Conservation Association (MVVF) and the Swedish Agricultural University (SLU) have been collaborating to increase the exchange between research and social interests around Lake Mälaren.

The environmental monitoring results from 2018 showed that the warm and dry weather affected the aquatic environment with lower water levels and warm surface water as early as May. The warm temperatures led to a summer where the phytoplankton samples were dominated by cyanobacteria, which led to relatively low ecological status based on phytoplankton. The long period of stratified conditions led to low oxygen concentrations in some of the lake's deeper basins. This negatively affected the bottom fauna. As in previous years, the 2018 sampling shows that the best water quality is found in the eastern part of Lake Mälaren, i.e. the part dominated by large and deep basins. Here the status is generally good or high, while the western and north-eastern part usually has moderate status or worse.

Research findings from research projects about safe drinking water with examples from Lake Mälaren show that better monitoring strategies and water treatment methods are needed to remove toxic substances. Research projects on methods for ensuring biodiversity in community planning show that in the connection to water, i.e. the green-blue infrastructure, trees are key organisms to protect aquatic organisms in streams during hot weather by shading. Two student projects were presented during 2018 with new knowledge about drug residues in water (master level), and algal blooms (bachelor level) in Lake Mälaren.

1 Inledning

Mälarens vattenvårdsförbund, MVVF, är en ideell förening som syftar till att bidra till ett bättre underlag för samhällsplanering och annan verksamhet av betydelse för miljöförhållandena i Mälaren, bland annat genom att bedriva miljöövervakning. Vattenvårdsförbundet har idag 52 medlemmar, bland annat kommuner, länsstyrelser, vattenvårdsförbund och olika företag.

Sedan 2018 samarbetar MVVF med SLU för att öka utbytet mellan forskning och samhällsintressen kring Mälaren. Samarbetspartner på SLU är Institutionen för vatten och miljö som utför miljöövervakningen och då har möjlighet att knyta pågående forskningsprojekt på SLU till viktiga frågeställningar som MVVF identifierar i Mälarens avrinningsområde.

Resultat från miljöövervakningen av Mälaren redovisas, från och med 2018 års provtagningsäsong, årligen i denna typ av rapport tillsammans med populärvetenskapligt presenterade Mälarkanutna resultat från studentarbeten på kandidat- och masterexamennivå samt från forskningsresultat från utvalda projekt på SLU. År 2024 kommer en mer utförlig resultatrapport att skrivas med trendanalyser och statusbedömningar för perioden 2017-2023.

Eftersom sommaren 2018 var extra varm och torr analyserar vi hur extrem denna sommar var för de parametrar som följs i sjön. På forskningssidan presenterar vi bland annat resultat från det just avslutade SafeDrink-projektet om hur dricksvattnet ska förbli säkert att dricka i framtiden samt två studentarbeten, ett om läkemedelsrester och andra mikroföroreningar och ett om algblomningar.

Kontaktpersoner SLU, Institutionen för vatten och miljö:

Stina Drakare (projektledare), stina.drakare@slu.se, 018-67 31 02

Stephan Köhler, stephan.kohler@slu.se, 018-67 38 26

Kontaktperson MVVF:

Ingrid Hägermark (förbundschef), ingrid.hagermark@lansstyrelsen.se, 010-224 93 72

2 Beskrivning av det pågående samarbetet under 2018

Samarbetet samlade under 2018 som mest personer under **MVVF årsstämma** under våren och under **Mälarseminariet** på hösten. Vid årsstämman presenterades för MVVF medlemmarna 2017 års miljöövervakningsresultat med statusbedömningar samt en kort presentation om vilken typ av forskning som bedrivs vid Institutionen för vatten och miljö på SLU. Vid Mälarseminariet var det fokus på

forskningsprojekt och resultat med anknytning till Mälaren. Detta för att öka möjligheter för samarbeten mellan forskare samt för att presentera och diskutera resultat och behov som MVVF har. Mälarseminariet hölls för första gången 2018 och är tänkt att bli en årligt återkommande aktivitet varje höst.

2018 års årsstämma hölls på Ängsö i Mälaren den 16 maj 2018. Stina Drakare och Stephan Köhler var med och presenterade samarbetet och vad SLU kan bidra med. Stämmans deltagare hade också möjlighet att genom gruppdiskussioner ge förslag på önskade ämnen att ta upp inom forskningssamarbetet. Efter stämman kom pressmeddelandet ut om samarbetet (<http://media.malaren.org/2018/05/Forskningssamarbete-om-M%C3%A4laren-mellan-MVVF-och-SLU-pessmeddelande-180517.pdf>) och det uppmärksammades bland annat på SVT:s lokalyheter i Stockholm (<https://www.svt.se/nyheter/lokalt/stockholm/forskningssamarbete-ska-sakra-vattenkvaliteten-i-malaren>) och Västmanland den 21 maj 2018 (<https://www.svt.se/nyheter/lokalt/vastmanland/malaren-i-fokus-i-nytt-samarbete>).

Mälarseminariet som lockade 90 deltagare hölls den 25 oktober 2018 på SLU:s campus i Ultuna, Uppsala. Från 2018 års provtagning presenterades nyss sammanställda temperatur- och syrgasdata från den extremvarma sommaren, där den rapport du nu läser presenterar lite mer om effekterna av detta väder. En historisk återblick gjordes av Eva Willén som var med när miljöövervakningen i Mälaren startade i mitten av 1960-talet. Forskningsprojekt från Institutionen för vatten och miljö, SLU, som presenterades handlade om optiska sensorer, säkert dricksvatten och förekomst av läkemedel i Mälaren samt om kopplingen mellan artdiversitet och grön-blå infrastruktur. Dessa projekt beskrivs även i denna rapport i kapitel 5. Ett projekt med bekämpning av den invasiva vattenväxten sjögull presenterades också. Från SLU:s Institution för akvatiska resurser som håller till på Sötvattenslaboratoriet i Drottningholm och utför nationell miljöövervakning av fisk i Mälaren, fick vi presentationer om hydroakustik som metod att övervaka fisk i stora sjöar som Mälaren samt hållbart gösfiske. LIFE-IP-projektet Rich waters presenterades också av David Liderfeldt från länsstyrelsen i Västmanlands län. Samordning, anpassning och utveckling av miljöövervakning diskuterades och deltagarna presenterade efter gruppdiskussioner en lång önskelista på möjliga självständiga arbeten som skulle kunna erbjudas för de studenter på masterexamensnivå som vill ha fokus på Mälaren. En sammanfattning av de viktigaste resultaten från seminariet skickades ut till medlemmarna i form av en pdf-fil några veckor efter seminariet.

2.1 Provtagningsturer 2018

2018 års miljöövervakning i Mälaren startade den **5 februari** med provtagning som ska representera vinterförhållanden. Grundprogrammet som omfattar 11 stationer provtogs i de flesta fall från hydrokopter då isen på flera ställen var mycket tunn. Södra Björkfjärden och Prästfjärden hade fortfarande öppet vatten i februari. Svinnegarnsviken och Ulvhällsfjärden hade tjockare is och provtogs genom att gå ut till provpunkterna på isen och borra hål med en isborr, det mer traditionella sättet att

provta vintertid. Vårprovtagningen **24-27 april** var blåsig och utfördes med gamla båten, en motorbåt med hytt och fyra kojplatser. Maj månads provtagning skedde samma vecka som årsstämman, **14-17 maj**. Vädret var varmt och de som var med på provtagningen passade på att bada. Sommarprovtagning nummer ett skedde **17-19 juli**, en mycket varm provtagning i stekande sommarsol. Sommarprovtagning nummer två gjordes den **21-30 augusti**. Detta är den mest omfattande provtagningen med flest provtagningsstationer och parametrar. Det var en fin provtagning i varierat lite svalare väder. För att komma åt stationerna Brobyviken och Garnsviken sjösattes en gummibåt från den större båten. Höstprovtagning skedde i två omgångar p.g.a. att det blev mycket blåsig väder som hindrade säkert arbete. **13-19 september** och **1 oktober**. Det var sista turen med gamla båten.

2.2 Plan för 2019

2.2.1 Ancyclus II

Den båt som tidigare använts vid provtagningarna är gammal och i behov av att bytas ut mot en lättare båt med ökad framkomlighet i olika typer av vatten samt med teknik som gör provtagning mer ergonomisk. I januari beställdes en ny båt, en Ockelbo B21 Cab, som är 6,5 meter lång, har hytt och bra utrymme både fram- och baktill för provtagning. Båten hämtades den 4 april 2019 och döptes dagen efter till Ancyclus II i en liten ceremoni på Institutionen för vatten och miljö, SLU. Namnet bestämdes i en namntävling. Båten har precis använts för april månads provtagning 2019, vilket fungerat utmärkt (Figur 1)!



Figur 1: Påfyllning av provflaskor från en Ruttnerhämtare i blåsig väder ombord på den nya båten Ancyclus II i april 2019. Foto: Joel Segersten, SLU

När övervakningen av stora sjöarna började på sextioalet hette båten Ancyclus och efter ca 20 år med en båt utan namn är det nu dags för Ancyclus II att ta över. Ancyclus är det latinska släktnamnet på en sötvattensnäcka som nog är mest känd via namnet Ancylussjön, namnet på ett tidigare sött stadium av Östersjön. Snäckan lever i starkt strömmande vatten som i bäckar och vid vindexponerade stränder i sjöar.

2.2.2 Årsstämma och Mälarseminarium

På stämman den 17 maj 2019 kommer denna rapport att presenteras och vi forskare uppdaterar oss genom medlemmarna i MVVF vad som pågår i och omkring Mälaren. Årstämman hålls på SLU:s campus i Uppsala och det kommer att finnas möjlighet att se den nya båten Ancyclus II som vi för tillfället kör upp en bit i Fyrisån så att det går att promenera ner till båten. Det kommer också gå att besöka laboratorier som utför vattenkemiska och biologiska analyser av de prover som tas i sjön och i övrig nationell miljöövervakning.

2019 års Mälarseminarium planeras till den 24 oktober på SLU:s campus Ultuna med forskning i fokus. Förhoppningsvis blir det också ett MVVF-möte i anslutning till Mälarseminariet dagen efter, för politiker som är knutna till projektet Mälaren – en sjö för miljoner, MER.

2.2.3 Populärt om provtagning - vad, var, när och varför

Två mindre projekt kommer under 2019 ta fram populärvetenskapliga texter som beskriver alla de parametrar som provtas i Mälaren och varför man gör det, samt varför val av stationer och provtagningsfrekvenser ser ut som de gör. Förhoppningen är att fler ska förstå mer detaljerade resultat och att kunskapen om Mälaren på så sätt ska öka.

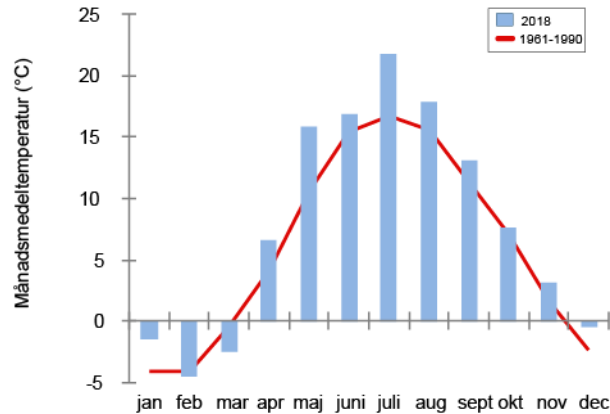
2.2.4 Mälaren på webben

Vi planerar just nu en SLU-baserad webbsida för Mälarsamarbetet som ska presentera miljöövervakning, publikationer, studentarbeten och forskningsprojekt samt att webbsidan på ett bra sätt ska koppla till MVVF:s webbsida www.malaren.org. Lathundar för utsökning av Mälardata från dataportalen MVM-miljödata utlovas. Sidan kommer att ligga under Institutionen för vatten och miljö webbsida men få ett kortnamn.

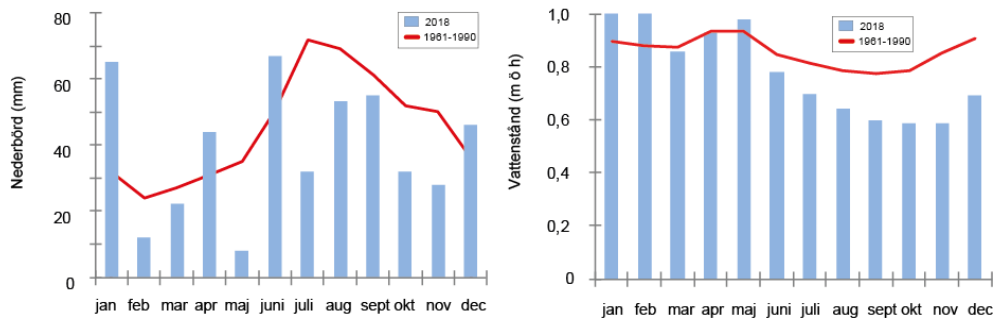
Havs- och vattenmyndigheten lanserar i år en webbsida för att synliggöra all övervakning i vatten – grundvatten, vattendrag, sjöar, kust och hav. Sidan ska fokusera på tillstånd, orsaker och åtgärder till de vanligaste miljöproblemen och kommer att presentera trendanalyser från stationer med minst 10-åriga serier om data finns hos nationell datavärd, i Mälarens fall hos SLU. Mälaren kommer förstås att vara med på denna sida var webbadress kommer att vara <http://www.sverigesvattenmiljo.se/>. Lansering sker under Havs- och vattenforum den 4-5 juni 2019. Håll utkik efter mer info på www.havochvatten.se.

3 Väder och vattenstånd 2018 i Mälaren

Väderåret 2018 kännetecknades av en mycket varm och torr sommar där luftmedeltemperaturen i maj och juli var fem grader över det normala (Figur 2). Nederbördsmissigt var det lite nederbörd under en stor del av året vilket ledde till ett onormalt lågt vattenstånd i Mälaren från och med juni månad (Figur 3).



Figur 2: Månadsmedeltemperaturen i Västerås 2018 och medeltemperaturerna 1961–1990. Källa: SMHI:s väder och vatten.



Figur 3: Månadsmedelnederbörd i Västerås 2018 och medelnederbörd 1961–1990 respektive månadsmedelvattenståndet i Mälaren 2018 och medelvattenståndet 1961–1990. Källa: SMHI:s väder och vatten.

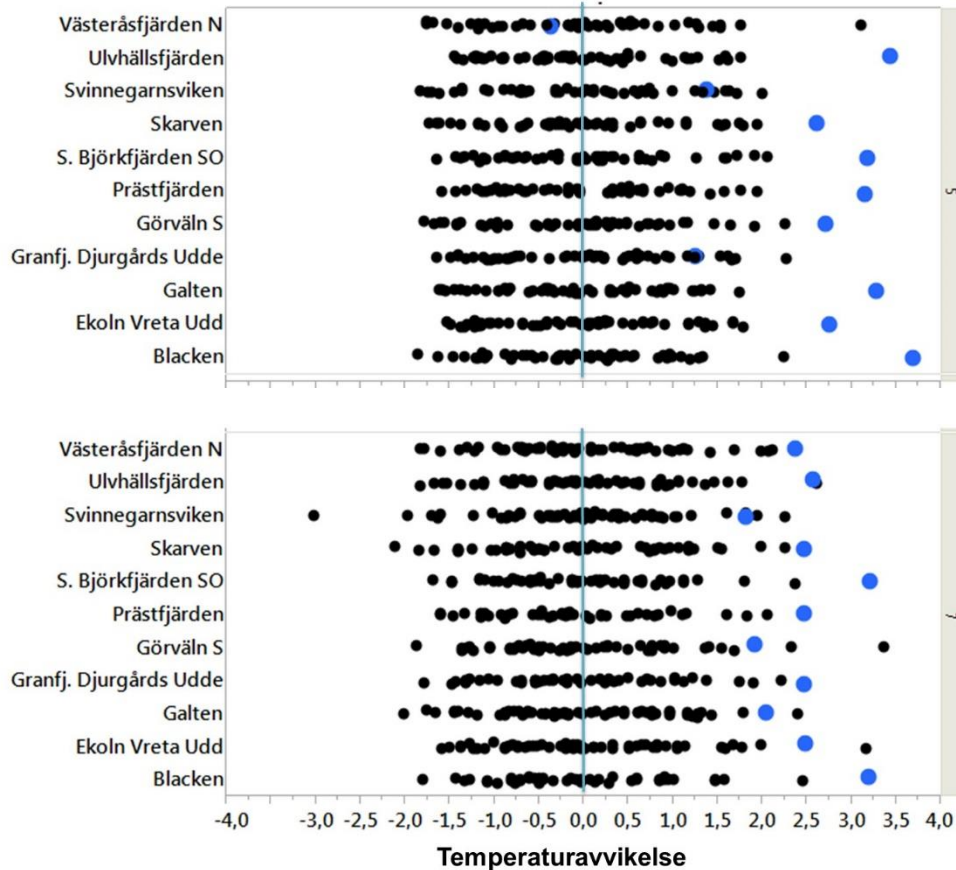
4 Resultat från miljöövervakningen 2018

Nedan följer en redovisning av ett urval av resultaten från provtagningarna 2018 i Mälaren samt statusklassningar av 2018 års data. Statusklassningarna har gjorts enligt senaste föreskrifterna för bedömningsgrunder (HVMFS 2013:19 och 2018:17) med undantaget att enbart data för 2018 har använts istället för medelvärden för de tre senaste åren. Den statusklassning som gäller för Mälaren officiellt är den klassning som gjorts av Länsstyrelserna och finns tillgänglig i VISS (<https://viss.lansstyrelsen.se/>).

Analysresultaten i sin helhet finns tillgängliga via nationell datavärd som i Mälarens fall är SLU och presenteras på webbportalen Miljödata-MVM. En datasökning för nationell miljöövervakning i stora tre största sjöarna Vänern, Vättern och Mälaren med 2018 års data kan användas för att ladda ner tillgängliga data för Mälaren: <http://miljodata.slu.se/mvm/Query?studies=170&products=0,3,4,6,8&startdate=2018-01-01&enddate=2018-12-31>.

4.1 Temperatur och syrgasförhållanden

I och med den varma sommaren blev vattentemperaturen i ytvattnet ovanligt varmt i sjön under 2018. För att kunna analysera hur extrema temperaturerna och syrgasnivåerna var 2018 behöver man jämföra med tidigare år. I Mälaren finns data från 1964 och en analys gjordes av hur mycket årets värden skiljer sig från medelvärdet för hela den mer än 50 år långa tidsserien (långtidsmedelvärde 1964-2017). För ytvattentemperaturen var 2018 ett extremt varmt år (Figur 4). Nästan alla stationer hade en majmånad med ungefär 3 grader varmare vatten än långtidsmedelvärdet. Långtidsmedelvärdet för ytvattnet i maj varierar lite mellan olika bassänger mellan 8 och 12 grader. Skillnaden är något lägre än för lufttemperaturskillnaden i maj (Figur 2), men det är inte samma perioder som har jämförts. Även juli var 2018 varmaste året i tidsserien vid många stationer och näst varmaste i flera andra, då var 2014 varmaste året. Här var skillnaden (Redovisat som temperaturavvikelse i Figur 4) 2,5 grader varmare än långtidsmedelvärdet som i juli varierar mellan 18 och 20 grader beroende på station. För april var inte ytvattentemperaturerna extrema 2018. För juni saknas mätvärden och i augusti var det inte heller extremt 2018, det hade redan hunnit bli svalare vid provtagningen som skedde i slutet av augusti.

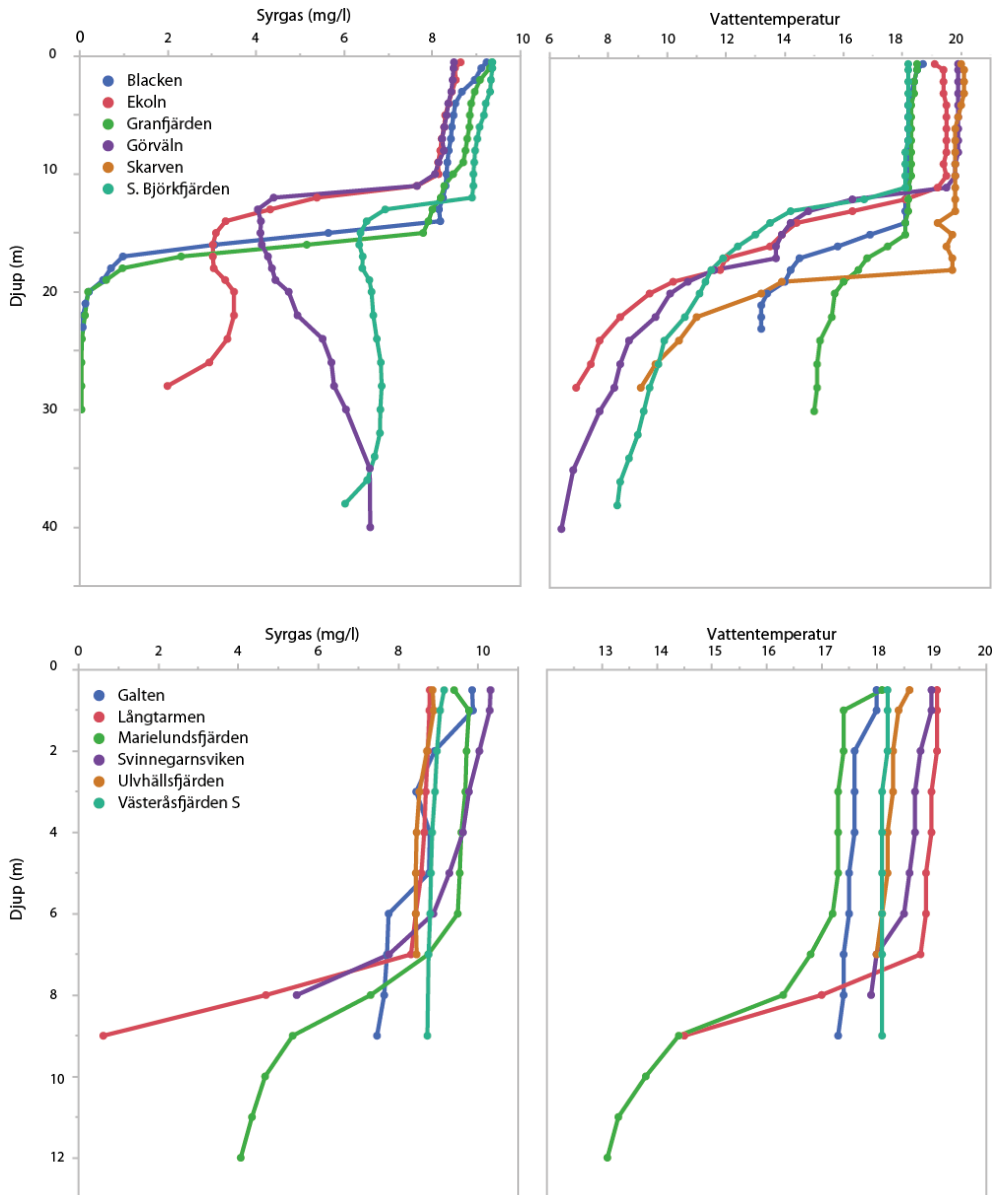


Figur 4. Temperaturavvikelse i Mälarens olika delbassänger i maj (övre) och juli (nedre). Blå punkter visar 2018 års värden. Övriga punkter är mätvärden från 1964-2017. Temperaturavvikelse noll grader representerar långtidsmedelvärdet för respektive månad.

Sammanlagt innebär mycket varmt väder redan i maj att sjön temperaturskiktas tidigare än normalt. Vid temperaturskiktade förhållanden har de två vattenpaketen över och under skiktningen dålig kontakt med varandra. På våren när hela vattenmassan är omblandad är syrgashalten lika hög i bottenvattnet som i ytvattnet. Eftersom nedbrytningsprocesser som använder syrgas dominerar i den undre vattenmassan riskerar långa perioder med skiktning att använda slut på tillgänglig syrgas så att det blir syrgasbrist i bottenvattnet. På sextioalet hade Mälaren flera bassänger med syrgasbrist under sommaren eftersom sjön var mycket övergödd och algbloomingar var vanliga. Algerna sedimenterade ner till botten och behövde brytas ner vilket använde upp all tillgänglig syrgas. Både övergödning och lång period med sommarskiktning ökar alltså risken för låga syrgasnivåer på sensommaren i bottenvattnet. Grunda bassänger som inte har en temperaturskiktning på sommaren förväntas ha höga syrgashalter i bottenvattnet hela sommaren.

I slutet av augusti mättes temperatur- och syrgasprofiler i tolv bassänger. Vattentemperaturen hade då sjunkit till cirka 20 grader i ytvattnet. I de djupare bassängerna var det en tydlig temperaturskiktning mellan 8-20 meter beroende på station (Figur 5). Skarven är den station vars skiktning låg djupast, där vattentemperaturen

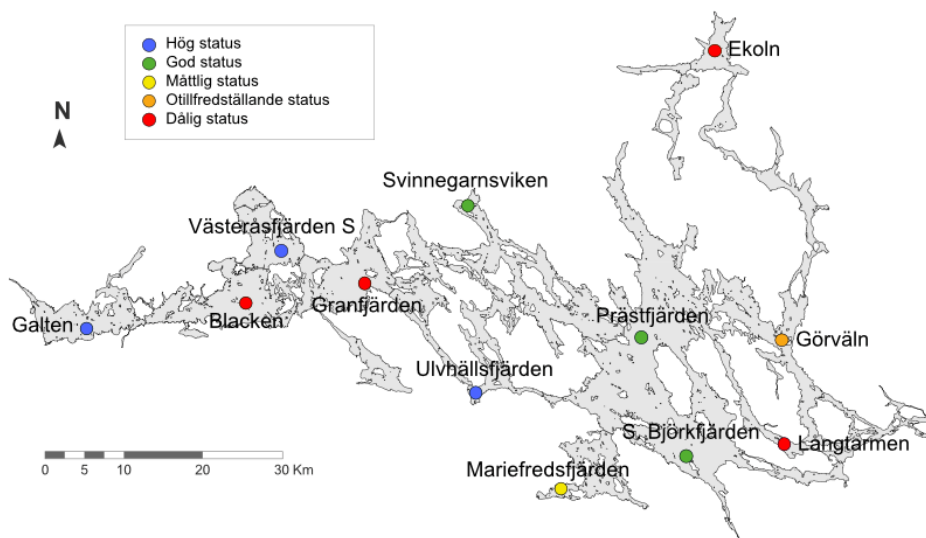
var 20 grader ända ned till 20 meters djup. De grundare stationerna var inte temperaturskiktade. Där kan vattenmassan blandas om hela sommaren vilken ger en stabil temperatur från yta till botten.



Figur 5: Mälarens syrgas- och temperaturprofiler i augusti 2018 uppdelade i bassänger som är djupare än 15 m (överst) och grundare bassänger (nedre).

De lägsta nivåerna av syrgas under året återfanns i Blacken och Granfjärden i augusti. Djupprofilsmätningarna visar att det var helt syrgasfritt i bottenvattnet (Figur 5). Syrgashalten i bottenvattnet i Långtarmen var också mycket lågt (0,62 mg/l) i augusti samt i Ekoln (0,52 mg/l) i februari. En syrgashalt på 3 mg/l brukar vara vad fiskar klarar av. Även bottenfaunan påverkas av så låga syrgasnivåer. Statusklassning av dessa provpunkter visar på dålig status med avseende på syrgas (Figur 6).

För att en statusklassning ska kunna göras ska provtagning ske i den djupaste delen eller de djupaste delarna i sjön beroende på sjöns morfometri. Provtagning i skiktade sjöar ska ske under sommarstagnationen. I sjöar där hela vattenmassan ofta omblandas under året ska provtagning ske under sensommaren. Vid bedömningar av syrgasförhållandena ska minimivärdet under en mätperiod användas för att säkerställa att vattnets ekosystem inklusive fiskesamhället inte är utsatt för påverkan orsakad av låga syrgashalter (HVMFS 2018:17).



Figur 6. Statusklassning för syrgas 2018 i Mälaren.

Temperatur- och syrgasprofiler har inte mätts vid alla provpunkter och vid alla provtagningar varmed det inte kan uteslutas att det finns flera provpunkter där status med avseende på syrgas är dålig. Djupprofiler mäts vid samtliga provtagningar under året i Ekoln, Görväln och Södra Björkfjärden. Utöver dessa skulle syrgas och temperaturprofiler enligt provtagningsprogrammet 2018 mätas i Svinnegarnsviken, Blacken, Galten, Granfjärden, Långtarmen, Marielundsfjärden, Skarven, Stora Ullfjärden samt Västeråsfjärden S. Mätningen i Stora Ullfjärden missades och istället utfördes en mätning i Ulvhällsfjärden. Temperaturmätning utfördes i Skarven men däremot inte syrgas. Utöver de beställda profilerna har ytterligare mera detaljerade mätningar med avseende på djupintervall gjorts i Galten, Granfjärden och Prästfjärden i ett annat projekt på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten (se kapitel 5). dessa mätningar stämmer mycket bra överens med ordinarie provtagnings mätvärden.

Även för bottenvattnets syrgashalter kan vi göra jämförelser med långtidsmedelvärden för de stationer som provtagits regelbundet sedan 1964. Jämförelsen visar att de grunda bassängerna som är omblandade hela sommaren faktiskt hade högre syrgashalter än normalt (Tabell 1). Dessa stationer har halter av syrgas i bottenvattnet som motsvarar ytvattnets halter, alltså mycket bra. De djupare stationerna har i flera fall bottennoteringar i ett 50-årsperspektiv vad gäller syrgasnivåer. Dessa stationer är Blacken, Ekoln och Granfjärden. De har låga långtidsmedelvärden men 2018 var ett av de allra sämsta åren för syrgashalterna, något som troligtvis beror på den långa perioden med skiktning (Tabell 1). Även Björkfjärden som normalt har höga halter av syrgas i bottenvattnet hade sitt sjätte sämsta år vad gäller syrgashalten även om den var relativt hög på 6,0 mg/l. Även för syrgashalter i bottenvattnet var alltså det varma året 2018 ett extremt år.

Tabell 1. Syrgashalter i bottenvattnet vid 8 stationer i Mälaren augusti 2018 sorterade efter djupaste provtagningsdjup. Noteringar om bättre och sämre är jämfört med långtidsmedelvärdet från 1964-2017. Stationerna är valda för att de har långa tidsserier att jämföra med.

Station	Djup	Syrgas, medelvärde 1964-2017 mg/l	Syrgas, 2018 mg/l
Ulvhällsfjärden	10	6,8	8,4 – topp 3
Svinnegamsviken	10	4,8	5,5 – bättre
Galten	10	7,1	7,5 – bättre
Blacken	25	2,3	0,1 – sämsta
Ekoln	30	3,5	2,0 – 5:e sämsta
Granfjärden	30	1,6	0,04 – 3:e sämsta
S Björkfjärden	40	7,1	6,0 – 6:e sämsta
Görväln	40	6,6	6,6 – lika

4.2 Vattenkemi

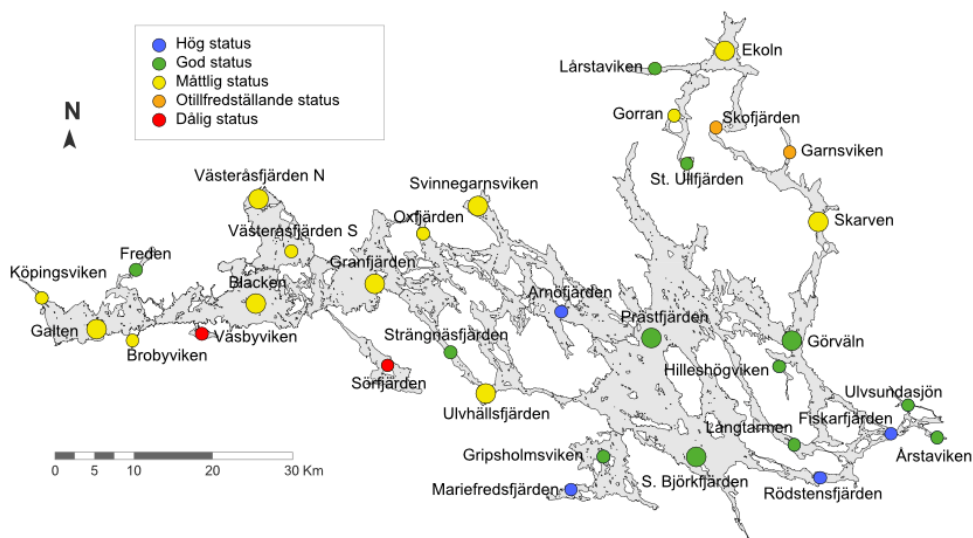
4.2.1 Näringsämnen

Fosfor och kväve är nödvändiga näringsämnen för växtplanktonproduktion. Förhöjda halter av dessa näringsämnen kan leda till algblomningar som i sin tur vid nedbrytning kan leda till syrgasbrist i bottenvattnet. Förutom en naturlig tillförsel av närsalter från den omgivande marken till vattnet tillförs näringsämnen också från brukad och gödslad jordbruksmark, reningsverk, industrier, dagvatten och enskilda avlopp. Kväve tillförs även från luften genom atmosfärsdeposition direkt på sjöar och vattendrag och i sjöar kan fosfor frigöras från sedimenten vid syrgasbrist i bottenvattnet.

Halterna av näringsämnen i vattnet är lägst i de sydöstra delarna av Mälaren. Denna del av Mälaren har lägre halter på grund av att den saknar större tillflöden av åar samt har en långsammare vattenomsättning jämfört med övriga Mälaren (Sonesten m.fl. 2013). I bassänger med långsam vattenomsättning hinner näringsämnen tas upp av organismer och bindas till partiklar och på så sätt ”tvättas” större

delen av tillförda näringsämnen ut och fastläggs i sedimenten. Statusen i den sydöstra delen med avseende på totalfosfor klassades som god eller hög (Figur 7). I de mer näringsrika västra och nordöstra delarna varierade statusen från god till dålig.

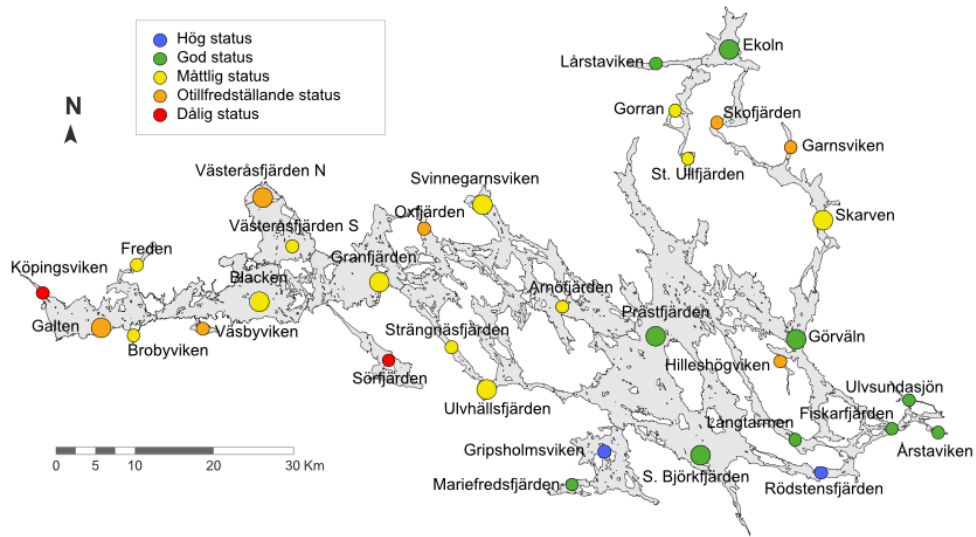
Klassningen var vid flera provpunkter en klass sämre än vid utvärderingen av 2017 års data (Sonesten 2018). I några fall kan detta bero på att på årsmedelvärdet användes 2018 istället för bara augustivärdet som i rapporten 2017. Klassningen låg för de flesta av dessa provplatser ändå i linje med den statusklassning som gjordes i VISS 2013 (<https://viss.lansstyrelsen.se/>). Arnöfjärden har dock de senaste två åren fått hög status med avseende på totalfosfor medan VISS 2013 klassade Arnöfjärden till måttlig status. Skofjärden, Garnsviken och Väsbyviken har både 2017 och 2018 visat på en sämre status än vad de har i VISS klassning 2013.



Figur 7: Statusklassning av totalfosfor i Mälaren 2018. Referensvärdena har hämtats från VISS. Årsmedelvärden har använts för bedömning av de stationer som provtas sex gånger om året (stora punkter) och resultaten från augusti för de provplatser som enbart provtas i augusti (små punkter).

4.2.2 Siktdjup

Siktdjup ger en samlad information om vattnets färg, grumlighet samt mängden växtplankton i vattnet. Statusklassningen med avseende på siktdjup visar på god till hög status i de sydöstra delarna med undantag för Hilleshögviken där det var otillfredsställande status (Figur 8). I de västra delarna var statusen måttlig till dålig och i de nordöstradelarna god till otillfredsställande.



Figur 8: Statusklassning av siktdjupet i Mälaren 2018. Referensvärdena har hämtats från VISS. Medelvärde maj-september har använts för de stationer som provtas sex gånger om året (stora punkter) och resultaten från augusti har använts för de provplatser som enbart provtas i augusti (små punkter).

4.2.3 Tungmetaller

I Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om miljö kvalitetsnormer finns gränsvärden för flera metaller. För koppar, nickel, bly och zink gäller gränsvärdena den biotillgängliga koncentrationen.

Alla metaller 2018 utom arsenik låg långt under gränsvärdena (Tabell 2). Årsmedelvärdet av arsenik låg över gränsvärdet i Fiskarfjärden och strax under gränsvärdet vid övriga stationer. Bedömningsgrunderna säger dock att hänsyn ska tas till den naturliga bakgrunden. Det finns framtagna bakgrundshalter baserade på eko-region, humushalt och kalkhalt (Herbert et.al. 2009, Köhler, 2016) som visar att halterna för arsenik i Mälaren ligger i nivå eller till och med under de framtagna bakgrundshalterna. De naturliga bakgrundshalterna av arsenik ligger i detta fall över miljö kvalitetsnormens gränsvärde. Halterna av arsenik var således rimliga vid de undersökta stationerna i Mälaren 2018.

Tabell 2: Filtrerade metaller, årsmedel 2018 (Fiskarfjärden enbart provtagning i augusti) och gränsvärden enligt HVFMS 2015:4 och 2018:17. Värdena inom parentes är bakgrundshalterna för arsenik.

	Arsenik (µg/l)	Kadmium (µg/l)	Krom (µg/l)	Koppar* (µg/l)	Nickel* (µg/l)	Bly* (µg/l)	Zink* (µg/l)
Gränsvärde	0,50	0,15	3,4	0,5	4	1,2	5,5
Ekoln	0,49 (0,57)	0,007	0,26	0,04	0,44	0,06	0,21
Fiskarfjärden	0,55 (0,73)	0,002	0,08	0,05	0,55	0,10	0,04
Galten	0,44 (0,49)	0,009	0,24	0,02	0,22	0,07	0,47
Granfjärden	0,40 (0,49)	0,006	0,21	0,04	0,43	0,09	0,29
Södra Björkfjärden	0,47 (0,33)	0,002	0,12	0,06	0,70	0,11	0,17

*Biotillgänglig halt. Cu, Ni, Zn har beräknats med hjälp av Biomet_bioavailability_tool_v2.3_04-12-2013 och Pb med Pb simulation tool (Köhler et al. 2016).

4.3 Biologiska parametrar

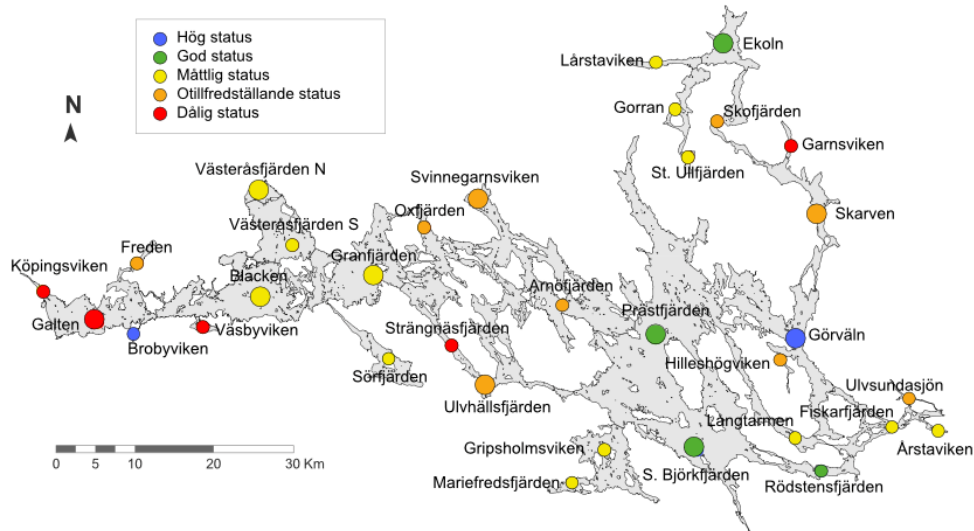
4.3.1 Växtplankton

Växtplankton har en viktig roll i sjöecosystemet som primärproducenter, det vill säga de producerar organiskt material av koldioxid, näringsämnen och solljus, och utgör basen i födoväven i den fria vattenmassan. De äts framförallt av djurplankton i vattnet och när de sedimenterat till botten äts de av bottendjur. Musslor på grundare bottnar äter också en stor mängd av både växt- och djurplankton som de får i sig genom att filtrera en stor mängd vatten. Information om biomassa och artsammansättning hos växtplankton används för att kunna tolka förändringar på andra nivåer i födoväven såsom djurplankton, bottenfauna och fisk. Vi vill också känna till eventuellt höga halter av cyanobakterier som kan vara toxiska och därför innebära hälsorisker för människor och husdjur som riskerar att exponeras för dessa vid bad. Toxiska cyanobakterier förordar också beredning av dricksvatten eftersom extra reningssteg behövs för att få bort toxinerna. Växtplanktonsamhällets utveckling styrs av tillgången på ljus och näring, vilka i sin tur påverkas av klimatfaktorer, samt temperatur och betning av djurplankton och musslor.

4.3.1.1 Klorofyll a

Klorofyll a är ett av växternas pigment som möjliggör fotosyntes, vilket gör att halten av klorofyll a är ett indirekt mått på hur mycket växtplankton det finns i vattnet. Klorofyllanalyser som indirekt mått på växtplankton är billigare än att räkna växtplankton i mikroskop vilket möjliggör prover från fler provplatser eller tillfällen, även om växtplanktonanalyser ger mer information. Statusklassningen med avseende på klorofyll visar på måttlig till hög status i de sydöstra delarna med undantag för Hilleshögsviken och Ulvsundasjön där det var otillfredsställande status (Figur 9). I de västra delarna var statusen dålig till måttlig med undantaget i Brobyviken

där den var hög. I de nordöstra delarna varierade statusen mellan dålig till god med den dåliga statusen i Garnsviken och den goda statusen i Ekoln.



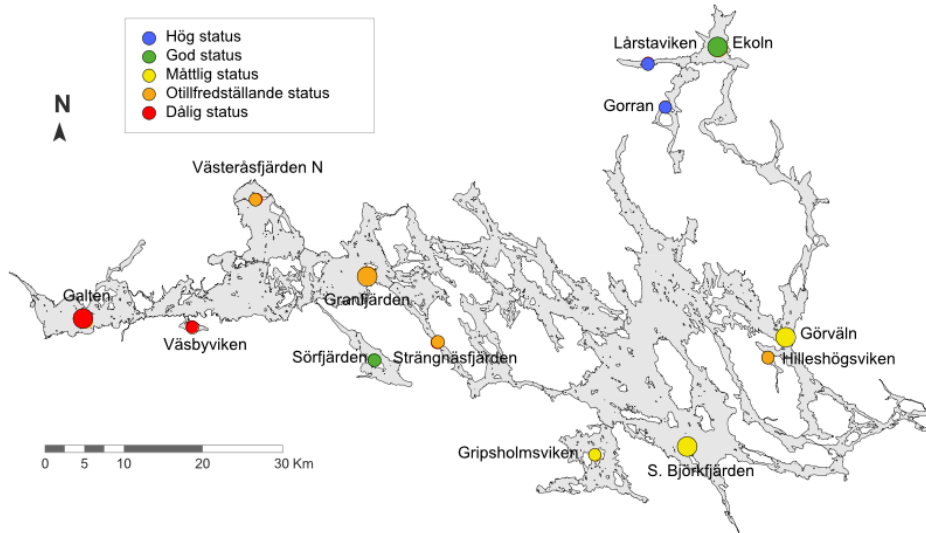
Figur 9. Statusklassning av klorofyll i Mälaren 2018. Referensvärdena har hämtats från HVMFS 2018:17 tabell 1.2. Medelvärde juli-augusti har använts för de stationer som provtas sex gånger om året (stora punkter) och resultaten från augusti har använts för de provplatser som enbart provtas i augusti (små punkter).

4.3.1.2 Totalbiovolym och planktontrofiskt index (PTI)

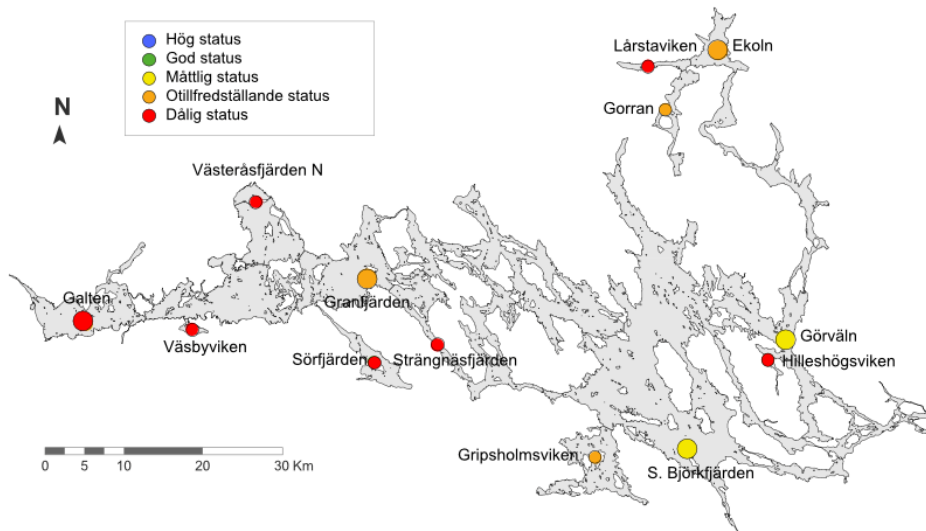
Klassningar av den ekologiska statusen med hjälp av växtplankton baseras på flera olika faktorer som speglar mängden plankton och/eller artsammansättningen. 2018 kom det ut en ny föreskrift där statusen bestäms utifrån planktontrofiskt index (PTI) istället för trofiskt planktonindex (TPI). Fördelen med det nya indexet är att det innehåller fler släkten av växtplankton över hela näringsgradienten vilket gör det nya indexet mer robust än det gamla. Både PTI och totalbiomassa visar näringspåverkan, precis som klorofyll *a*.

De stationer som ingick i 2018 års provtagning av växtplankton visade att den ekologiska statusen i den västra delen av Mälaren var 2018 dålig eller otillfredsställande både med avseende på biovolym och med PTI (Figur 10, Figur 11). Ett undantag var Sörfjärden där biovolymen visade på god status medan PTI gav dålig status. Anledningen till detta är att biovolymen i Sörfjärden var låg men att samhället främst bestod av cyanobakterier (Figur 13).

I nordöstra Mälaren var statusen god eller hög med avseende på biovolymen växtplankton men otillfredsställande eller dålig med avseende på PTI (Figur 10, Figur 11). Även här beror det på artsammansättningen i provet som bidragit till den låga statusen med avseende på PTI.



Figur 10: Statusklassning av växtplanktonbiovolym i Mälaren 2018. Medelvärde juli-augusti har använts för Galten, Granfjärden, S. Björkfjärden, Görvåln och Ekoln (stora punkter) medan övriga stationer enbart baserar sig på resultat från provtagning i augusti (små punkter).



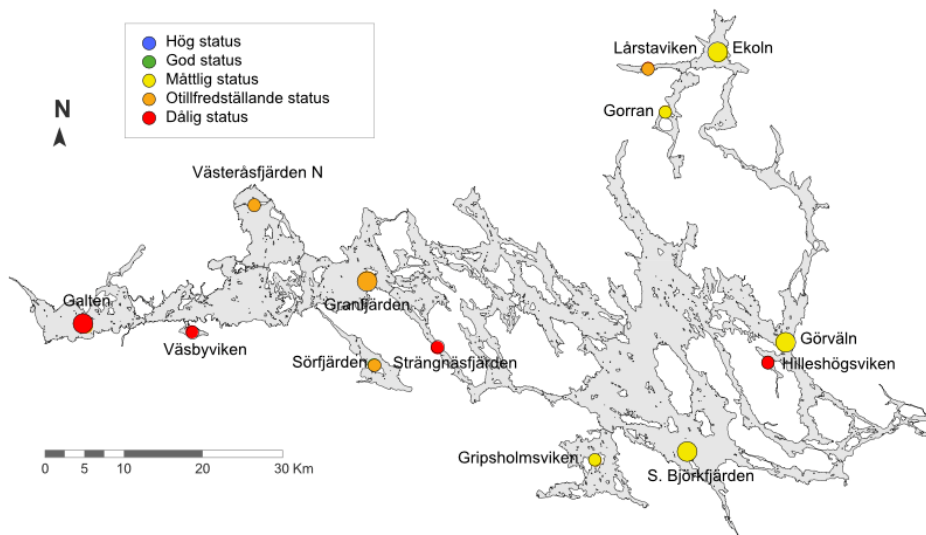
Figur 11: Statusklassning växtplankton plankton trofiskt index (PTI) i Mälaren 2018. Medelvärde juli-augusti har använts för Galten, Granfjärden, S. Björkfjärden, Görvåln och Ekoln

(stora punkter) medan övriga stationer enbart baserar sig på resultat från provtagning i augusti (små punkter).

4.3.1.3 Sammanlagd bedömning för växtplankton

Vid klassificeringen av sjöns status med avseende på näringsämnen sammanvägs bedömningarna av klorofyll, totalbiomassa och PTI. Den sammanlagda statusen med avseende på växtplankton var dålig eller otillfredställande i västra Mälaren 2018 (Figur 12). I övriga Mälaren var statusen måttlig med undantaget Hilleshögs-viken där den var dålig och Lårstaviken där den var otillfredställande.

Statusen 2018 för växtplankton med avseende på näringspåverkan vid de fem ordinarie provpunkterna kan jämföras mot statusklassningen i VISS. I Ekoln, Granfjärden, Görvål och S. Björkfjärden var statusen 2018 en klass sämre än den gällande bedömningen i VISS som gjordes på data från 2007-2011. I Galten gav bedömningen i VISS måttlig status vilket skiljer sig från 2018 års klassning som visade på dålig status.

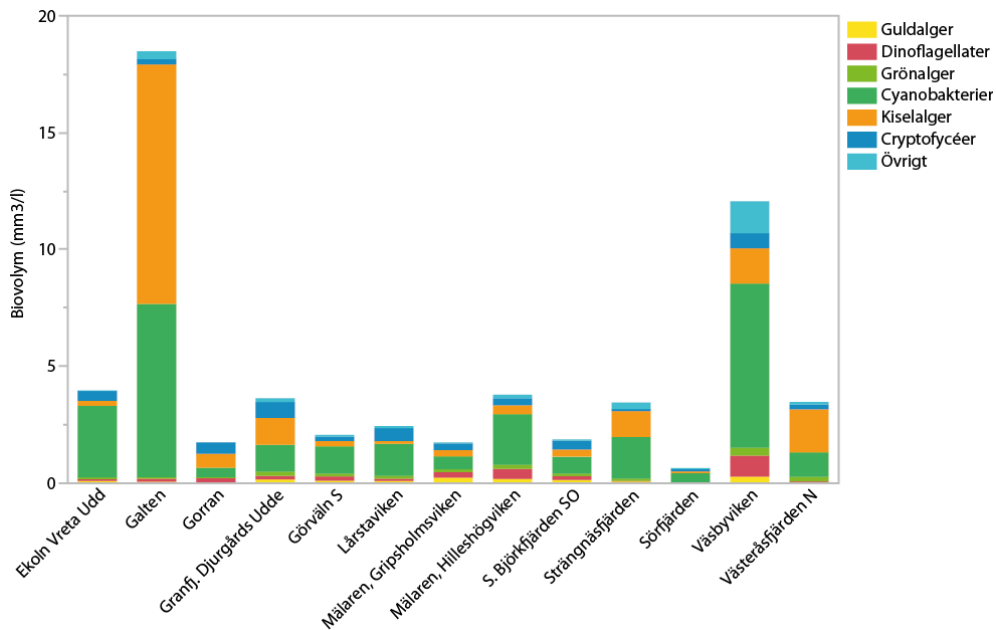


Figur 12: Sammanvägd bedömning växtplankton i Mälaren 2018. Beräknad utifrån PTI, växtplankton och biomassa. Medelvärde juli-augusti har använts för Galten, Granfjärden, Södra Björkfjärden, Görvål och Ekoln (stora punkter) medan övriga stationer enbart baserar sig på resultat från provtagning i augusti (små punkter).

4.3.1.4 Växtplanktonsamhällets sammansättning

Mälaren är en artrik sjö vad gäller växtplankton vilket är förväntat eftersom den både har varierade djupförhållanden och vattenkemi i de olika delbassängerna vilket ger många möjliga nischer för olika typer av växtplankton. För att kunna jämföra växtplanktonsamhällets sammansättning i så många som möjligt av Mälarens

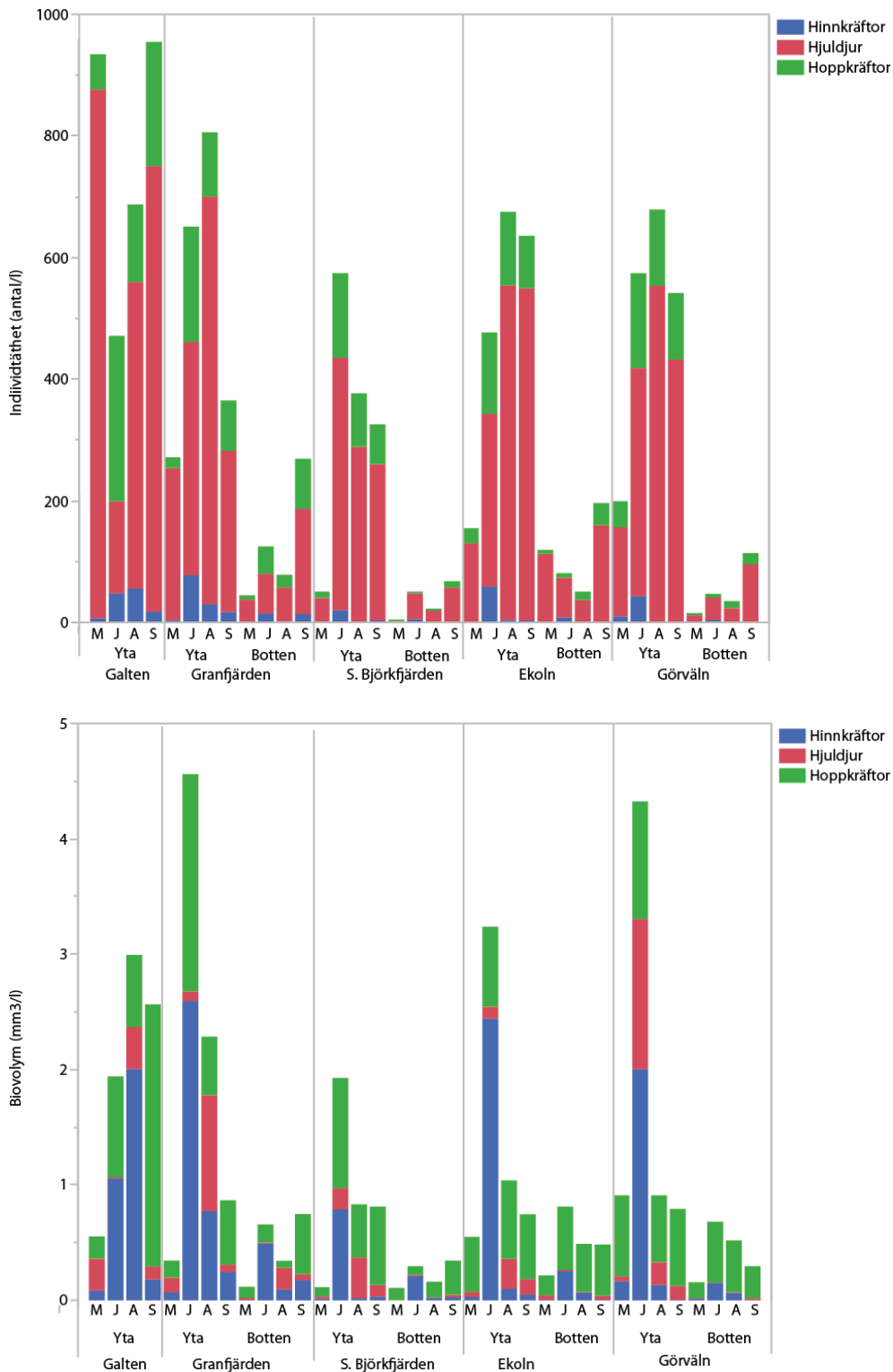
olika delar beskrivs här augustiprovtagningen då det största antalet provplatser undersöktes. Resultaten är sannolikt till stor del påverkade av den ovanligt varma sommaren 2018, vilket framförallt illustreras av ovanligt stor andel cyanobakterier i augusti jämfört med 2017 (Figur 13). Även biomassan av cyanobakterier var hög i flera bassänger 2018. Biomassan av cyanobakterier var dubbelt så hög 2018 jämfört med 2017 om man jämför hela provtagningssäsongen för alla de stationer som mättes båda åren ($0,6 \text{ mm}^3/\text{l}$ 2017 och $1,14 \text{ mm}^3/\text{l}$ 2018).



Figur 13: Växtplanktonssammansättning augusti 2018 vid tretton stationer i Mälaren

4.3.2 Djurplankton

Djurplankton provtas vid fem stationer i Mälaren både över och under temperaturskiktningen, då de simmar mellan dessa för att söka föda i övre delarna och gömma sig för planktonätande fisk i de djupare delarna med sämre ljus. Både individtätheterna och biovolymerna av djurplankton var högst i det yttligare vattenskiktet (Figur 14). Störst tätheter noterades i Galten medan årets största biovolym noterades i Granfjärden i juli som en följd av de stora hinnkräftor som fanns vid denna provpunkt.



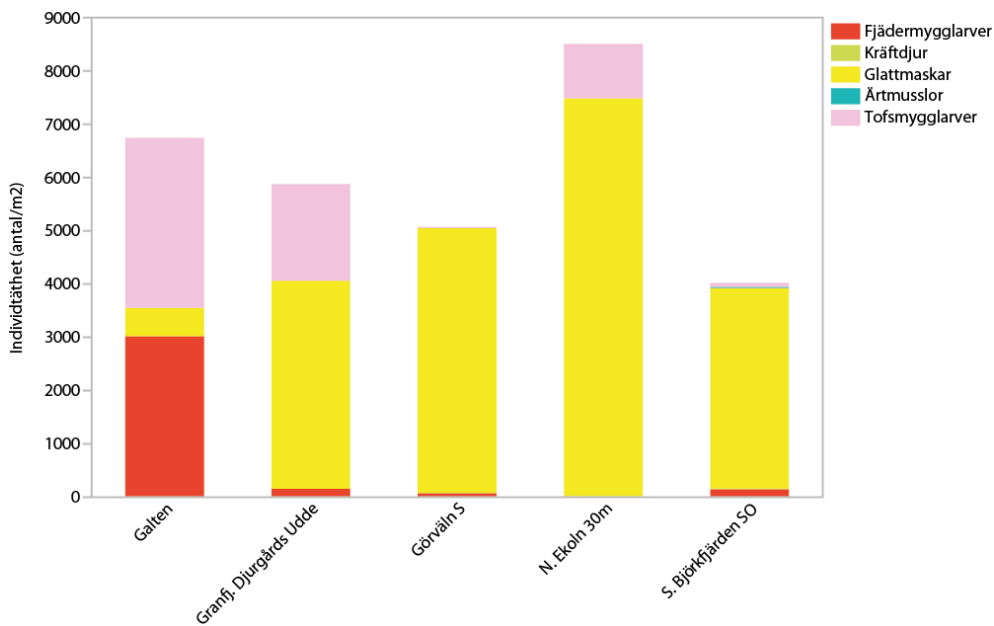
Figur 14: Individdensitet och biovolym av de tre stora djurplanktongrupperna i Mälaren i maj (M), juli (J), augusti (A) och september (S) 2018. Prover togs i ett ytligt vattenskikt 0–10 samt om möjligt i ett djupare skikt från 15 m ned till 25–40 m beroende på provplatsens vattendjup. I Galten tas endast i det ytligare skiktet på grund av det ringa vattendjupet.

4.3.3 Bottenfauna

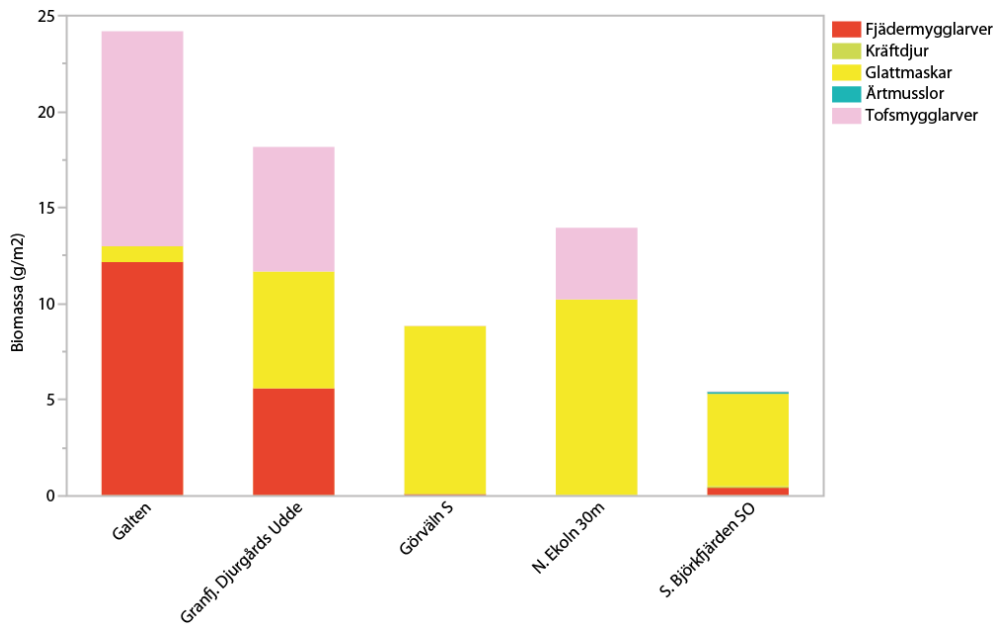
Bottenfaunasamhället i profundalzonen (djupbottnarna) består av konsumenter som antingen äter organiskt material som sedimenterar ner från överliggande vattenmassa eller lever som rovdjur på annan bottenfauna. Samhällets sammansättning påverkas dels av tillgången på föda, dels på olika miljöfaktorer som temperatur och syrgashalt. Olika bottenfaunaarter varierar i känslighet för t.ex. näringspåverkan i form av syrgasförhållanden och surhet. Mälaren har inte alls surt vatten så här används djupbottnarnas fauna mest för att följa hur näringspåverkan indirekt påverkar bottenfaunan genom syrgasförhållandena.

4.3.3.1 Bottenfaunasamhällets sammansättning

Bottenfaunasamhällets individtäthet domineras av de småväxta glattmaskarna i alla bassänger förutom Galten (Figur 15, Figur 16). Galten och Granfjärden har en mer varierad sammansättning med större tätheter och biomassor av tofsmygglarver och fjädermygglarver än övriga bassänger. Ekoln saknade helt fjädermygglarver vid provtagningen 2018 och samhället består bara av tofsmygglarver och glattmaskar.



Figur 15: Bottenfaunasamhällets sammansättning på Mälarens djupbottnar i september-oktober 2018 med avseende på individtätheter per kvadratmeter.

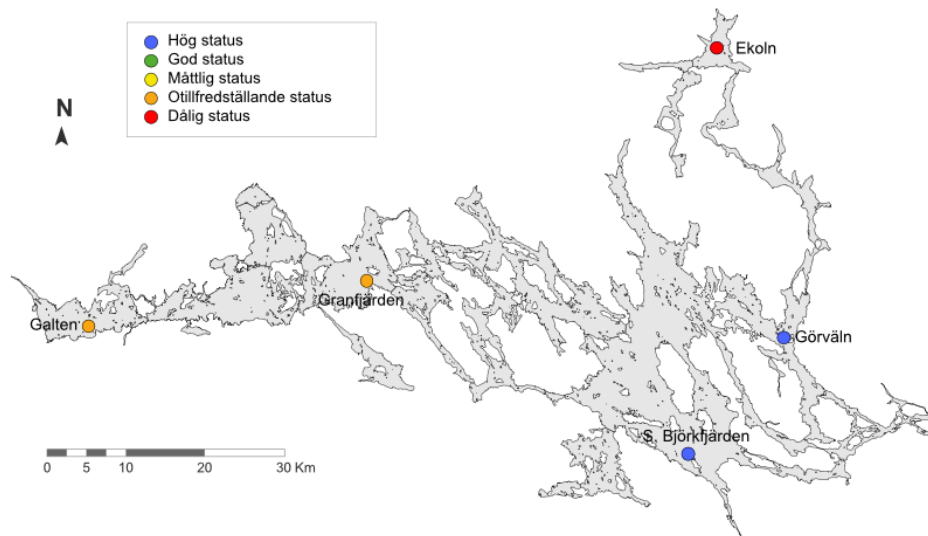


Figur 16: Bottenfaunasamhällets sammansättning på Mälarens djupbottnar i september-oktober 2018 med avseende på biomassan per kvadratmeter.

4.3.3.2 Benthiskt kvalitetsindex (BQI)

För bottenfauna bedöms den ekologiska statusen med avseende på näringspåverkan (syrgasförhållandena) med hjälp av Benthic Quality Index (BQI). Indexet utnyttjar kunskapen om olika fjädermyggarterns känslighet mot låga syrgashalter.

Den ekologiska statusen i de sydöstra delarna av Mälaren var hög med avseende på BQI-indexet (Figur 17). Detta sammanfaller med den goda statusen med avseende på totalfosfor, siktdjup och klorofyll i S. Björkfjärden och Görväln. Statusen i de västliga fjärdarna hade otillfredsställande status och den nordostliga delen dålig status. Statusen i Galten och Granfjärden sammanfaller med de höga biomassorna av fjädermygglarver i dessa bassänger (Figur 16). Flera fjädermygglarvsarter har en god förmåga att kunna leva under förhållanden med låga syrgashalter, vilket ofta förekommer vid förhöjda näringsnivåer.



Figur 17: Statusklassning av bottenfauna i Mälaren 2018. Referensvärdena har hämtats från rapporten "Bottenfauna i sjöar – vägledning för statusklassificering" (Havs- och vattenmyndighetens rapport 2018:34) .

4.3.4 Pelagisk fisk

Institutionen för akvatiska resurser, SLU, analyserar årligen pelagisk fisk i Mälaren på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten. Senaste resultatrapportering är från 2017 och undersökningen gjordes 18-27 september 2017. Kung Carl XVI Gustaf deltog vid provtagningen på Lambarfjärden den 27 september.

Från rapportens sammanställning kan man läsa att norsbeståndet var fortsatt stabilt med god rekrytering framför allt i västra Mälaren och Ekoln. Siklöjebeståndet har varit på jämförelsevis god nivå sedan 2012 med återkommande god rekrytering. Starka årsklasser noterades för 2016 och 2017 både i Präst-/Björkfjärdarna och Görväln, men för 2017 noterades ökat bestånd bara i Präst-/Björkfjärdarna medan beståndet minskade i Görväln. Gösbeståndet ökade kraftigt i Granfjärden 2017 medan en minskning noterades för Präst-/Björkfjärdarna och Görväln. Gösbeståndet i Ekoln fortsatte en måttlig ökning 2017. Braxen fortsatte att minska i Präst-/Björkfjärdarna och Görväln, men fortsatte att öka i Granfjärden.

I nuläget rapporteras dessa resultat bara till Havs- och vattenmyndigheten och finns inte enkelt tillgängliga för MVVF. Förhoppningen är att resultat från denna typ av undersökning ska göras mer åtkomliga för förbundet i framtiden.

4.4 Syntes av miljöövervakningen 2018

I och med den varma sommaren blev vattentemperaturen i ytvattnet ovanligt varm i sjön under 2018. För att kunna analysera hur extrema temperaturerna och syrgasnivåerna var 2018 gjordes jämförelser med tidigare år. I Mälaren finns data från 1964 och en analys gjordes av hur mycket årets värden skiljer sig från medelvärdet för hela den mer än 50 år långa tidsserien (långtidsmedelvärde 1964-2017). För ytvattentemperaturen var 2018 ett extremt varmt år (Figur 4).

Även för bottenvattnets syrgashalter kan vi göra jämförelser med långtidsmedelvärden för de stationer som provtagits regelbundet sedan 1964. Jämförelsen visar att de grunda bassängerna faktiskt hade högre syrgashalter än normalt (Tabell 1). Dessa stationer har halter av syrgas i bottenvattnet som motsvarar ytvattnets halter, alltså mycket bra. De djupare stationerna har i flera fall bottennoteringar i ett 50-årsperspektiv vad gäller syrgasnivåer. Dessa stationer är Blacken, Ekoln och Granfjärden. De har låga långtidsmedelvärden men 2018 var ett av de sämre åren för syrgashalterna (Tabell 1). Även S. Björkfjärden som normalt har höga halter av syrgas i bottenvattnet hade sitt sjätte sämsta år vad gäller syrgashalten även om den var relativt hög på 6,0 mg/l. Även för syrgashalter i bottenvattnet var alltså 2018 ett extremt år.

Sommaren 2018 verkade främst gynna cyanobakterier framför andra växtplankton vilket också gjorde att den ekologiska statusen bedömd med växtplankton blev generellt sett låg. Jämfört med 2017 var biomassan högre vid en del stationer och lägre i andra och den stora skillnaden mellan åren var dominansen av cyanobakterier som också gynnas av varmt väder jämfört med andra växtplankton. Bottenfaunan påverkades negativt i de stationer som hade mycket låga syrgashalter, även det en effekt av den varma sommaren.

Undersökningsresultaten från 2018 visar att den bästa vattenkvaliteten och den högsta ekologiska statusen finns i den östra delen av Mälaren, d.v.s. den del som företrädesvis har stora och djupa fjärdar. Detta mönster är generellt för samtliga undersökta vattenkvalitetsfaktorer, både kemisk-fysikaliska och biologiska. Detta är ett återkommande resultat. I den östra delen av sjön är statusen vanligen hög eller god, medan den i västra och nordöstra delen vanligen är lägre, oftast måttlig eller sämre. Detta generella mönster beror framförallt på att effekten av den belastning av näringsämnen mm som sker i de delar som har sämre vattenkvalitet till stor del hinner avta innan vattnet når Stockholm och utloppet till Östersjön. I detta avseende fungerar de stora och djupa fjärdarna som naturliga sedimentationsbassänger och biologiska reningsverk som reducerar belastningen under dess väg genom vattensystemet.

5 Forskningsresultat

5.1 SafeDrink

SafeDrink är ett just avslutat forskningsprojekt (FORMAS 2013-2018) som handlat om hälsofarliga kemikalier i dricksvatten. Projektet har letts av professor Karin Wiberg på SLU i samarbete med flera forskare på SLU, Uppsala universitet, Mittuniversitetet och Livsmedelsverket.

Eftersom vatten är vårt viktigaste livsmedel med en beräknad konsumtion på 2-2,5 liter per person och dag innebär det att även mycket låga halter av föroreningar kan leda till en hög exponering. Under de senaste åren har det rapporterats om problem med kemisk förorening av kommunalt dricksvatten orsakat av kemikalieanvändning i samhället. I SafeDrink fokuserade man på Uppsalas och Stockholms dricksvattensystem. Uppsala för den tydliga föroreningen av PFAS (per- och polyfluoralkylerade substanser) och Stockholm för att Mälaren är den stora ytvattentäkten där vattnet redan passerat flera samhällen innan det ska användas som dricksvatten, d.v.s. ett vatten där det bör kunna finnas en komplex föroreningsproblematik.

Halterna av de utvalda oönskade kemiska ämnena som mättes i dricksvattnet var i allmänhet låga. Vid koncentration av dricksvattenproverna uppvisade dock flera av proverna toxisk aktivitet som inte kunde förklaras av de uppmätta halterna. Detta innebär att andra ämnen än de som analyserades står för toxiciteten och att den kemiska analysen måste breddas för att hitta orsaken till toxisk respons. Den toxiska aktiviteten påvisades med olika biotester, vilket projektet föreslår som föredragen metodik tillsammans med kemisk analys för att detektera kemiska hot i dricksvatten, från källa till kran. SafeDrink visade också att konventionella tekniker för dricksvattenrening inte är tillräckligt effektiva för avlägsnande av oönskade vattenlösliga kemiska ämnen, vilket gör att dricksvatten kan ge betydande exponering för oönskade ämnen, t.ex. PFAS, även vid relativt låga halter. Projektet studerade även hur mer avancerade reningstekniker fungerar för akvatiska miljöföroreningar, särskilt för PFAS, samt hur naturliga organiska ämnen (som humus) påverkar reningen. Vidare undersöktes hur kraftfulla reaktiva behandlingsprocesser som ozonering, klorering och UV-behandling, påverkar vattnets kvalitet. Reaktiva processer kan i vissa fall bidra till bildandet av nya oönskade kemiska ämnen, och ytterligare reningssteg kan behövas efter sådan behandling.

Resultaten visar att det i stor skala behövs bättre övervakningsstrategier och nya vattenbehandlingsmetoder för säker produktion av dricksvatten. EU:s nya dricksvattendirektiv föreslår, i likhet med SafeDrink, en riskbaserad bedömning där bioanalyser kombineras med kemisk analys för att identifiera hälsofarliga ämnen. SafeDrink har lett till en hemställan till regeringen om inrättandet av ett kompetenscentrum (på SLU) för kemiska risker i dricksvatten initierat av landshövdingen i Uppsala län och signerat av ytterligare tio regionala aktörer (vattenproducenter, myndigheter, m.fl.). SafeDrink har också lett till en stor ansökan till Vinnova om

inrättandet av ett kompetenscentrum för säker produktion av framtida dricksvatten.

Läs mer på projektwebbsidan: <https://www.slu.se/institutioner/vatten-miljo/forskning/forskningsprojekt/alla-forskningsprojekt/safedrink/>

5.2 Crosslink – Biodiversa

Crosslink är ett internationellt forskningsprojekt (Biodiversa 2016-2020) som syftar till att öka förståelsen för kopplingar mellan grön och blå infrastruktur. Begreppet grön infrastruktur används i planering av våra samhällen för att säkerställa att olika områden ges möjlighet att bilda ekologiskt funktionella nätverk som då bör utformas, brukas och förvaltas på ett sådant sätt att biologisk mångfald bevaras och att viktiga ekosystemtjänster främjas i hela landskapet. Vattnet ingår i den gröna infrastrukturen men begreppet blå infrastruktur har ändå införts för att tydliggöra vattnets roll i samhällsplaneringen eftersom vattenekosystemen är mycket sårbara samt att det finns flera kunskapsluckor här som hindrar optimal samhällsplanering.

Crosslink är finansierat av EU:s ramprogram för forskning och innovation, Horisont 2020. Projektet leds av Brendan McKie (SLU) och är ett samarbete mellan forskare i Sverige, Rumänien, Norge, Belgien och Tyskland där det ingår fältstudier i fyra av länderna. I projektet fokuserar man på bäcknära zonen för att få ökad kunskap om kopplingen mellan land och vatten i denna zon samt kopplingen mellan olika delar i ett vattendrags nätverk av många bäckar och källflöden som samlas upp i större åar, älvar och floder. Processer som näringsämnesomsättning, översvämningsskydd, dricksvattenproduktion och friluftsliv är i fokus för att kunna föreslå hur planering och skötsel av vattenekosystem ska se ut för att bibehålla hög biodiversitet och fungerande ekosystemtjänster. För att mäta dessa processer används kartläggnings och bedömningsverktyget EU MAES-ramverket (<https://biodiversity.europa.eu/maes>) i kombination med mätning av viktiga ekosystemtjänster, som kapaciteten att rena vatten, nedbrytning av detritus, reglering av temperatur, kolomsättning, produktion av biomassa, produktion av omega-3 fettsyror mm. De organismer som provtagits är bottenfauna och kiselalger i vattnet, vegetation, spindlar, och skalbaggar i strandkantzonen samt deras närmiljö i form av flöde, temperatur, vattenkemiska variabler.

Träd är en nyckelorganism för att skydda biodiversiteten både på land och i vattendrag och projektet vill ta reda på den optimala strandzonen för att skydda biodiversitet och ekosystemtjänster. I Sverige ingår 30 provtagningsytor som ska representera olika kombinationer av skogbevuxna och jordbrukspåverkade rinnande vatten. De ligger alla Mälarens nordöstra avrinningsområde och rinner främst ut i Ekoln och resultaten från projektet är därför av särskilt intresse att följa i ett Mälarperspektiv. Allt fältarbete är nu klart och även laboratorieanalyserna. Projektet är nu inne i en intensiv period med statistisk analys av provresultaten. Fältarbetet påverkades starkt av de torra somrarna 2017 och 2018 som då tydliggjorde hur viktigt det är med högre vegetation utmed vattendrag för att skugga vid extremvarmt väder

och troligtvis än viktigare i framtiden. Vi följer projektresultaten i kommande års Mälarrapporter.

Följ projektet här: <http://www.biodiversa.org/1013>, https://www.slu.se/Biodiversa_Crosslink.

5.3 Multielektroder inom miljöövervakning - utvärdering

Under 2018 utvärderades användning av en multisonod inom den reguljära miljöövervakningen med medel från ett projekt som beviljades av Havs- och vattenmyndigheten till Stephan Köhler, SLU. Den klassiska tekniken är att hämta upp vattenprover från valda djup och läsa av temperaturen på termometern som sitter i hämtaren samt att analysera vattenprovet på laboratorium (Figur 18). Den nya tekniken innebär att flera elektroder anpassade för de parametrar man vill analysera placeras i en multisonod som sedan sänks ner i vattnet så att alla parametrar registreras direkt på plats.



Figur 18. Till vänster i syns en Ruttnerhämtare som används vid provtagning av vattenprover i sjöar. Den blå multisonoden i den högra bilden användes vid utvärderingen. Foto: Stina Drakare & Stephan Köhler, SLU.

Sonden utvärderades med avseende på dess precision och avvikelse från miljöövervakningens mätvärden för följande parametrar: ledningsförmåga, temperatur, turbiditet, pH, syrgas och organiskt material. Utöver det bestämdes redoxförmåga och halten cyanobakterier och klorofyll *a* men de utvärderades inte. De erhållna resultaten visar att bestämningen av nästan alla parametrar ligger inom den analytiska mätosäkerheten som används i dagens miljöövervakning (Tabell 3).

Tabell 3. Tabellerade mätosäkerheter samt beräknad relativ standardavvikelse (%) för sondens parametrar jämfört med laboratorieanalyser. Källa: Köhler et al. 2019.

Analys	Osäkerhet ¹	Enhet	Haltområde ²	\bar{x}_{RSD} ³	RSD _{MIN}	RSD _{MAX}	Enhet	n ⁴
Klorofyll	16 ⁷	%	-	6,0	1,8	9,6	%	160
Ledningsförmåga	10	%	< 10 mS/m	5,9	1,8	9,6	%	160
Ledningsförmåga	5	%	> 10 mS/m	-	-	-	-	-
TOC	10	%	< 20 mg/l	-	-	-	-	-
TOC	11	%	> 20 mg/l	-	-	-	-	-
pH	0,28	pH	-	5,9	1,8	9,6	%	160
Syrgashalt	5	%	-	5,5	3,2	9,6	%	160
Turbiditet	0,42	FNU	< 5 FNU	5,9	1,8	9,7	%	160
Turbiditet	5	%	> 5 FNU	-	-	-	-	-
Temperatur ⁵	-	-	-	5,9	1,8	9,6	%	160
fDOM (QSU) ⁶	-	-	-	5,9	1,8	9,6	%	160

¹ Laboratoriets beräknade mätosäkerhet för respektive analys

² Mätosäkerhetens relaterade haltområde för respektive analys.

³ Beräknat medelvärde för den relativa standardavvikelsen för sondens respektive analyser.

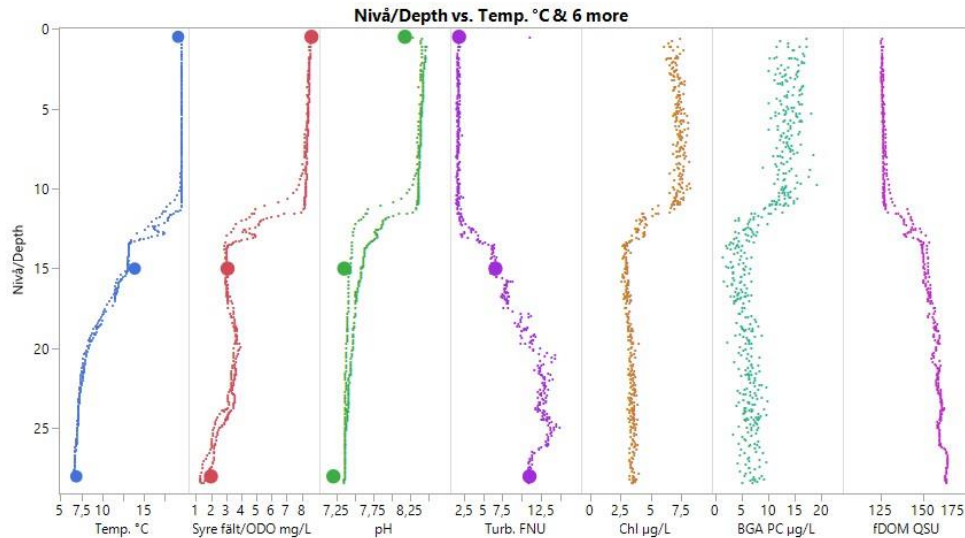
⁴ Antal laboratoriematchade provtagningsdjup som använts för beräkning av medelvärdet för den relativa standardavvikelsen.

⁵ Mätosäkerhet ej tillgänglig för laboratoriets mätningar.

⁶ Endast uppmätt av sonden.

⁷ Mätosäkerheten för klorofyll ej beräknad med bias.

De uppmätta profilerna visar tydligt temperaturskiktningen på sommaren i Mälaren vilket delar upp vattenmassan i två paket med liten kontakt med varandra tills höstomblandningen rör om hela vattenmassan. I exemplet från Ekoln (Figur 19) ligger temperaturskiktningen på ca 12 meters djup, syrgashalterna blir tydligt lägre under denna nivå för att nedbrytningsprocesser som konsumerar syrgas dominerar. Växtplankton mätt som klorofyll och cyanobakteriespecifika pigment visar att de dominerar i den övre solbelysta delen av vattenmassan. Parametrarna turbiditet och fDOM visar att det finns en stor mängd partiklar och organiskt material i den djupare delen av vattenmassan, ofta rester från vad som producerats i det övre skiktet som sedimenterar och bryts ner i syrgaskrävande processer och så småningom når botten och blir till sediment.



Figur 19. Exempelprofil med data från Ekoln, Mälaren sommaren 2018. Små punkter visar sondens mätningar och stora punkter laboratorievärden från miljöövervakningsprover för parametrarna temperatur, syrgashalt, pH, turbiditet. De tre profilerna längst till höger visar uppmätta men ej utvärderade profiler för klorofyll (Chl), pigment från cyanobakterier (BGA) och löst organiskt kol (fDOM). Källa: Köhler et al. 2019.

De erhållna djupprofilerna (tidsåtgång per profil ca. 30 min) innehåller en stor datamängd som ger möjlighet att extrahera värdefull och ny information som inte är tillgänglig via den vanliga provtagningen. Sammanställningen nedan är en ofullständig lista av möjliga frågeställningar och användningsområden av den typ av data som sonden ger:

- Kan data från sonden användas för att få fram volymintegrerade värden över humushalten i vattnet?
- Kan data från sonden ge bättre information om skiktning, skiktningdjupet och hur skiktningen påverkas av olika väderförhållanden?
- Kan antalet kemiska parametrar minskas ned och ersättas med sondbaserade värden?
- Kan profilerna av olika dataparametrar kopplas till modeller och meteorologiska förhållanden?
- Kan klorofyll och andra mätparameter från sonden användas för att få en bättre förståelse för planktonproduktionen och förekomsten av cyanobakterier? Sensorer för mätning av klorofyll och cyanobacteriespecifika pigment gjordes men utvärdering av dessa parametrar gjordes inte i detta projekt.

I dagsläget är det inte planerat för fler profiler från Mälaren. Institutionen för vatten och miljö, SLU, kommer dock vid efterfrågan att kunna erbjuda analysverksamhet med sonden för Mälarens vattenvårdsförbund och dess medlemmar. Därefter kan både de ekonomiska och miljövetenskapliga delarna utvärderas mera noggrant.

Resultaten från projektet finns publicerade i rapporten: Utvärdering av användningen av multielektrodsosonder inom miljöövervakning av sjöar med författarna

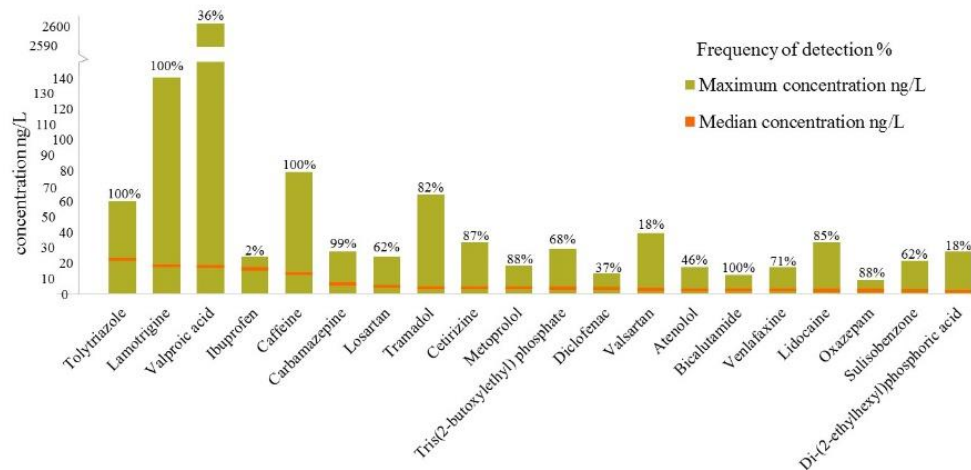
Stephan Köhler, Svenja Hoffmeister, Johannes Kikuchi, och Karin Wallman från 2019. Rapporten finns att läsa på följande webbsida: https://pub.epsilon.slu.se/16067/7/kohler_s_et_al_190412.pdf.

6 Resultat från exjobb

6.1 Undersökning av organiska mikroföroreningar i Mälervatten

Anna-Lena Rehr skrev under 2018 sitt självständiga arbete på masternivå. Anna-Lena gick den Europeiska masterutbildningen EnvEuro, European Master in Environmental Science som är ett samarbete mellan SLU och tre andra universitet i Danmark, Tyskland och Österrike med syftet att ge studenterna ett europeiskt och internationellt perspektiv på forskning, planering och förvaltning inom miljöområdet. Anna-Lenas studie har titeln **Occurrence and fate of organic micropollutants (OMPs) in Lake Mälaren** och finns att ladda ner från SLU med försenad publicering då studiens resultat först ska ingå i en annan vetenskaplig publikation. Länken till den fullständiga publikationen fungerar efter den 25 januari 2020: <https://stud.epsilon.slu.se/14185/>. Resultaten från studien presenterades också i samband med MVVF:s årstämma och på 2018 års Mälarseminarium.

Huvudsyftet med Anna-Lenas studie var att undersöka förekomst och fördelning av OMP i Mälarens vatten. Hur sådana ämnen varierar över tid och rum är relativt okänt. Studien sträckte sig därför över ett år för att fånga eventuell säsongsvariation samt deras fördelning i Mälaren, både geografiskt och vertikalt. Vattenproverna som togs anrikades med hjälp av fastfasextraktion och analyserades därefter med masspektrometri så kallad UPLC-MS/MS. Av 74 analyserade ämnen detekterades 50 ämnen minst en gång över kvantifieringsgränsen, som varierade från 0,010 till 10 ng/liter (Figur 20). De högsta koncentrationerna uppmättes för valproinsyra (2600 ng/liter) och lamotrigin (140 ng/liter). Båda dessa ämnen tillhör gruppen anti-epileptiska läkemedel som används mot t.ex. epilepsi och biopolär sjukdom. Mer vardagliga ämnen som koffein (från kaffe) samt ibuprofen (smärtlindrande läkemedel) hittades också i relativt höga halter med den metod som användes (Figur 20).



Figur 20. Sammanställning av resultat från analysen av utvalda läkemedel och andra organiska föroreningar i Mälaren. Resultaten visas som maxvärde och mediankoncentration samt % av förekomst i proverna. Källa: Rehr 2019.

Ekoln och Västeråsfjärden var de områden som var mest förorenade av OMP. Säsongsmonster observerades för flera OMP och endast 7 OMP saknade säsongsvariation. Ett fåtal vertikala distributionsmönster och koncentrationsgradienter observerades, t.ex. visade det djupaste provtagningsdjupet (30m) från Ekoln betydligt högre koncentrationer av OMP än motsvarande yt nära prov i februari. En stark positiv korrelation hittades mellan karbamazepin och lamotrigin (antiepileptiska läkemedel), men även för en del andra OMP. Två industrikemikalier detekterades frekvent, tolyltriazol (korrosionshämmare) och tris-(2-butoxyetyl)-fosfat (beståndsdel i flamskyddsmedel, lösningsmedel för hartser, mjukgörare i plast och gummiblandningar). Det rekommenderas att dessa kemikalier övervakas mer regelbundet. Inga korrelationer mellan vattenkemi och OMP kunde hittas.

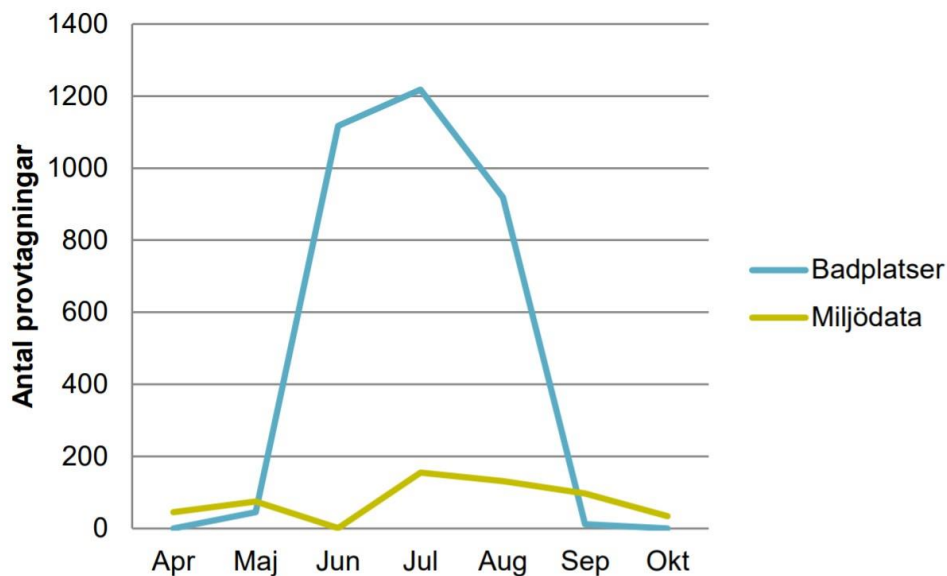
Resultaten kommer nu att följas upp med ytterligare en intensiv fältstudie under 2019 där även tillrinningsområdena, samt reningsverk och vattenverk kommer att ingå. Kontaktpersoner för projektet är Stephan Köhler och Oksana Golovko, SLU samt Ingrid Hägermark på MVVF.

6.2 Badplatsers rapportering av algblomningar

Anna Sjulgård skrev under 2018 sitt självständiga arbete i biologi på kandidatnivå på agronomprogrammets mark/växt-inriktning vid SLU. Studien har titeln **Algblomning vid badplatser – kan dess provtagning komplettera miljöövervakningen?** och finns att ladda ner från denna länk: https://stud.epslu.se/13991/1/sjulgard_h_181122.pdf.

Syftet med Hannas studie var att ta reda på om den övervakning av badplatsers vatten som görs av kommunerna och rapporteras in enligt EU:s badvattendirektiv kan

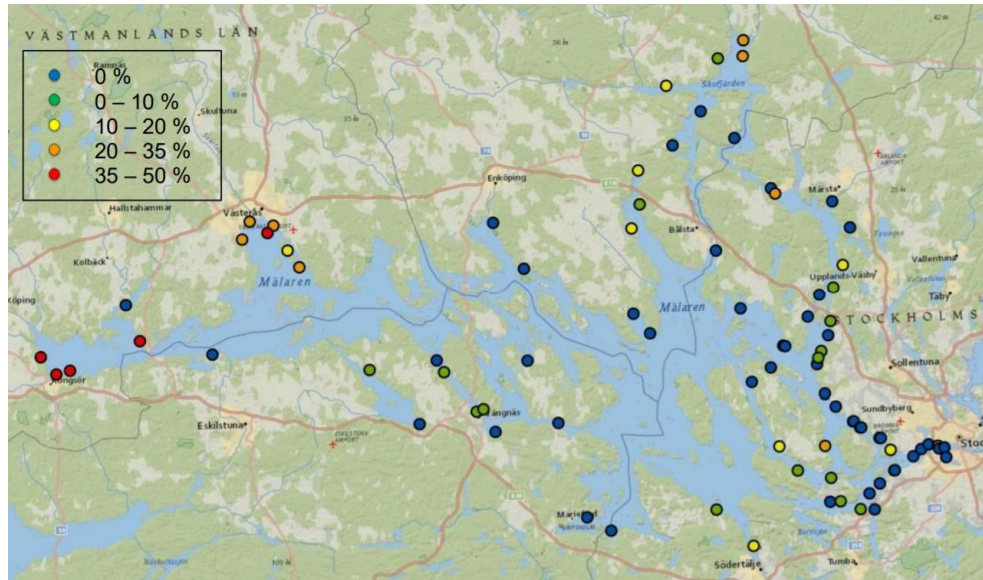
användas som komplement till den statusbedömning som görs enligt EU:s vattendirektiv i Sveriges sjöar. Den miljöövervakning som görs av t.ex. Mälarens vattenvårdsförbund i Mälaren används bland annat för att bedöma om ett vatten har god ekologisk status och i bedömningen ingår att ta reda på intensiteten och frekvensen av algblomningar. Intensitet och frekvens är något som är svårt att få data till i de flesta svenska sjöar eftersom man oftast bara provtar växtplankton en gång per år i augusti och därmed riskerar missa tillfällena med algblomning. Badplatser som har fler än 200 besökare per dag räknas till EU-bad och provtas för *E. coli*, algblomningsförekomst och vattentemperatur vilket innebär en databas med information från ca 2700 badplatser utmed Sveriges sjöar, vattendrag och kust. För att studien skulle få lagom omfattning jämfördes badplats- och miljöövervakning från Mälarens övervakningsstationer och badplatser under andra förvaltningscykeln dvs. 2007-2015 trots att Mälaren tillhör de sjöar som har relativt frekvent provtagning av växtplankton.



Figur 21. Antal provtagningar som gjordes i Mälaren 2007-2015 som täcker in analyser av cyanobakterier i form av notering om förekomst av algblomning på badplatser samt genom fullständig växtplanktonanalys i miljöövervakningen. Källa: Sjulgård 2018.

Studien visade att de två övervakningsmetoderna täcker in olika tidsperioder av sommaren (Figur 21). Miljöövervakningen tar t.ex. inte växtplanktonprover i juni medan badplatserna under perioden juni-augusti samlar in runt 900-1200 prover varje månad. Miljöövervakningen samlar in drygt 100 prover per månad och år från Mälaren mellan april och oktober (utom juni) vilket innebär att denna typ av prover dominerar i april, maj, september och oktober, månader som oftast inte är tillräckligt varma för att locka till bad. Det blir alltså en mycket större mängd prover om man lägger till badprover. Badproverna är dock bara en visuell observation av vattenytan för algblomning medan miljöövervakningen tar både prov för klorofyllanalys och full växtplanktonanalys där halter över 1 mg/l cyanobakterier fick representera algblomning i studien. Ute i sjön var cyanobakteriehalter över 1 mg/l

vanligast i augusti (ca 27% av proverna), juli (ca 23%) och september (ca 16%). Vid badplatserna var augusti vanligaste algblovningsmånaden (11%), följt av juli (5%) och juni (1%). Vid badplatserna kunde algblovnings börja noteras vid en vattentemperatur på 15 grader. Miljöövervakningens data visade att halter med över cyanobakterier 1 mg/l kan bildas vid en vattentemperatur på 12 grader och vid totalfosforkoncentrationer över 19 µg/l.



Figur 22. Badplatsers förekomst av algblovnings under perioden 2007-2015. Västra och nordöstra delen av Mälaren har mest förekomst av algblovnings vid badplatser. Källa: Sjulgård 2018.

Resultatet visade att det finns ett samband mellan algblovnings vid badplatser och halten cyanobakterier i prover tagna vid miljöövervakningens stationer, men inte alltid. Många av Mälarens vattenförekomster är mycket stora vilket innebär att det är långt avstånd mellan badplatserna och miljöövervakningsstationen vilket säkert komplicerar i fallet Mälaren. Slutsatsen från studien var att genom att ta resultatet från badplatserna i beaktande kan statusbedömningen få ett bredare underlag (Figur 22) med mindre risk att algblovningsinformation missas. I algblovningshänseende verkar det inte heller vara något större problem att miljöövervakningen inte analyserar växtplankton i juni, då badplatsdata visar att det inte är en typisk algblovningsmånad.

Referenser

- Havs- och vattenmyndigheten (2018). Bottenfauna i sjöar – vägledning för statusklassificering. Rapport 2018:34.
- Havs- och vattenmyndigheten (2018). Växtplankton i sjöar – vägledning för statusklassificering. Rapport 2018:39.
- Herbert, R. Björkvald, L. Wällstedt, T. Johansson, K. (2009) Bakgrundshalter av metaller i svenska inlands- och kustvatten. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö; Rapport 2009:12.
- HVMFS 2013:19. (2013) Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten. Havs- och vattenmyndigheten, föreskrift 2013:19.
- HVMFS 2018:4. (2018) Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten. Havs- och vattenmyndigheten, föreskrift 2018:4.
- Köhler, S.J., Klavzar A., Wallman K., Huser B., (2016) Utvärdering av delprogrammet metaller inom miljöövervakning av sjöar - Styrfaktorer och mönster som hjälp för ett reviderat provtagningsprogram. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö; Rapport 2016:8.
- Köhler, S.J., Hoffmeister, SM, Kikuchi J., Wallman K. (2019) Utvärdering av användningen av multielektrodsonder inom miljöövervakning av sjöar – Exempel från Mälaren. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö; Rapport 2019:3.
- Rehrl A-L. (2019) Occurrence and fate of organic micropollutants (OMPs) in Lake Mälaren. Självständigt arbete för masterexamen, EnvEuroprogrammet, European Master in Environmental Science, Institutionen för vatten och miljö, Sveriges lantbruksuniversitet. <https://stud.epsilon.slu.se/14185/>
- Sjulgård, H. (2018) Algblomning vid badplatser – kan dess provtagningar komplettera miljöövervakningen. Självständigt arbete för kandidatexamen, agronomprogrammet – mark/växt, Institutionen för vatten och miljö, Sveriges lantbruksuniversitet. 41 sidor. https://stud.epsilon.slu.se/13991/1/sjulgard_h_181122.pdf
- Sonesten L., Wallman K., Axenrot T., Beier U., Drakare S., Ecke F., Goedkoop W., Grandin U., Köhler S.J., Segersten J., Vrede T. (2013) Mälaren –Tillståndsutvecklingen 1965–2011. SLU, Institutionen för vatten och miljö, Rapport 2013:1.
- Sonesten, L. (2018). Mälaren 2017 – Sammanfattande resultat från miljöövervakningen 2017. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö; Rapport 2018:8.

Appendix

Lista över provtagningsstationer i Mälaren, med tillhörande vattenförekomstnamn, koordinater samt information om vilka månader och djup som provtas vattenkemiskt. Biologisk provtagning sker inte vid lika många tillfällen eller stationer.

Stationsnamn	Vattenförekomst	SWE99_N	SWE99_E	Provtagningsmånad	Provtagningsdjup (m)
Svinnegarnsviken	Mälaren- Arnöfjärden	6606543	615498	2/3, 4, 5, 7, 8, 9	0,5
Arnöfjärden	Mälaren- Arnöfjärden	6593256	626224	8	0,5
Blacken	Mälaren- Blacken	6593806	587499	2/3, 4, 5, 7, 8, 9	0,5
Brobyviken	Mälaren- Brobyviken	6588982	571937	8	0,5
Ekoln	Mälaren- Ekoln	6626576	646548	2/3, 4, 5, 7, 8, 9	0,5; 15; 30
Fiskarfjärden	Mälaren- Fiskarfjärden	6578303	668208	8	0,5
Freden	Mälaren- Freden	6597949	572254	8	0,5
Galten	Mälaren- Galten	6590333	567347	2/3, 4, 5, 7, 8, 9	0,5
Garnsviken	Mälaren- Garnsviken	6613844	654933	8	0,5
Strängnäs-fjärden	Mälaren- Gisselfjärden	6587953	612232	8	0,5
Gorran	Mälaren- Gorran	6618318	640236	8	0,5
Granfjärden	Mälaren- Granfjärden	6596508	602533	2/3, 4, 5, 7, 8, 9	0,5
Gripsholmsviken	Mälaren- Gripsholmsviken	6574968	631783	8	0,5
Görvåln	Mälaren- Görvåln	6589961	655471	2/3, 4, 5, 7, 8, 9	0,5; 15; 40
Hilleshögsviken	Mälaren- Hillehögsviken	6586654	653931	8	0,5
Köpingsviken	Mälaren- Köpingsviken	6594218	560365	8	0,5
Långtarmen	Mälaren- Långtarmen	6576755	655979	8	0,5
Lårstaviken	Mälaren- Lårstaviken	6624212	637740	8	0,5
Mariefjällsfjärden	Mälaren- Mariefjällsfjärden	6570747	627753	8	0,5
Oxfjärden	Mälaren- Oxfjärden	6602954	608582	8	0,5
Södra Björkfjärden	Mälaren- Prästfjärden	6575080	643533	2/3, 4, 5, 7, 8, 9	0,5; 15; 40
Prästfjärden	Mälaren- Prästfjärden	6590105	637663	2/3, 4, 5, 7, 8, 9	0,5
Rödstensfjärden	Mälaren- Rödstensfjärden	6572618	659300	8	0,5
Skarven	Mälaren- Skarven	6605057	658667	2/3, 4, 5, 7, 8, 9	0,5
Skoffjärden	Mälaren- Skoffjärden	6616835	645548	8	0,5
Stora Ulifjärden	Mälaren- Stora Ulifjärden	6612211	641922	8	0,5
Sörfjärden	Mälaren- Sörfjärden	6586220	604316	8	0,5
Ulvhällsfjärden	Mälaren- Tynnelsöfjärden	6582814	616795	2/3, 4, 5, 7, 8, 9	0,5
Ulvundasjön	Mälaren- Ulvundasjön	6581962	670332	8	0,5
Väsbyviken	Mälaren- Väsbyviken	6589947	580696	8	0,5
Västeråsfjärden S	Mälaren- Västeråsfjärden	6600523	591910	8	0,5
Västeråsfjärden	Mälaren- Västeråshamn	6607085	587658	2/3, 4, 5, 7, 8, 9	0,5
Årstaviken	Mälaren- Årstaviken	6577895	674099	8	0,5