



Fokus på Mälaren 2024

Sammanfattande resultat från miljöövervakning och forskningsprojekt knutna till samarbetet mellan SLU och Mälarens vattenvårdsförbund

Stina Drakare, Karin Wallman, Faruk Djodjic, Joel Segersten

Fokus på Mälaren 2024

Stina Drakare, <https://orcid.org/0000-0002-7389-2105>, Sveriges lantbruksuniversitet,
Institutionen för vatten och miljö,

Karin Wallman, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö,

Faruk Djodjic, <https://orcid.org/0000-0002-2172-242X>, Sveriges lantbruksuniversitet,
Institutionen för vatten och miljö,

Joel Segersten, <https://orcid.org/0009-0005-5656-7211>, Sveriges lantbruksuniversitet,
Institutionen för vatten och miljö

Utgivare:	Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö
Utgivningsår:	2025
Utgivningsort:	Uppsala
Omslagsbild:	Provtagningslaget och fotografen från ArteTV vid hydrokoptern utanför Skarholmen i Uppsala. Foto: Stina Drakare, SLU
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Serietitel:	Rapport / Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö

© 2025 (Drakare, Wallman, Djodjic & Segersten)

Detta verk är licensierat under CC BY 4.0, andra licenser eller upphovsrätt kan gälla för illustrationer.

Sammanfattning

Resultaten från provtagningarna i Mälaren 2024 visar att sjön fortsätter att värmas upp. Ytvattentemperaturen i maj var 3,8 grader varmare än medelvärdet för 30 år (1964–1993) vilket innebär att sjön temperaturskiftas tidigare. En karta som visar botten djupare än 20 meter visar att vissa provplatser skulle behöva justeras något för att få med viktiga djuphålor så att förhållanden för kallvattensarter kan följas bättre, t.ex. med avseende på syrgas. Av de djupa provplatserna är det Blacken, Granfjärden, Stora Ullfjärden, Skarven och Fiskarfjärden som har för låga syrgashalter i hypolimnion på sensommaren med stor påverkan på bottenlevande djur och fisk samt internbelastning av näringsämnen från sedimenten. De stora nederbördsmängderna som kom i augusti 2023 påverkade vattenkemin tydligt vad gäller vattenfärg (absorbans vid 420nm) och effekten syntes med höga värden först i Galten (augusti 2023) varefter denna topp gav lägre värden ju längre tid och närmare Stockholm vattnet färdades, med Granfjärdens ökning tydlig i februari 2024 och Södra Björkfjärdens i april 2024. Inte sedan 2001 har vattenfärgen varit så hög i sjön. Sjöns gradient av kalcium beskrivs med höga värden i några småvikar i väster och östra kanten av Mälaren där också tätheterna av vandrarmusslor i andra studier visats höga. För växtplankton visade andelen cyanobakterier av kvävefixerande typ att de dominerar cyanobakterierna i västra delen av Mälaren där fosforhalterna är högre samtidigt som kvävehalterna är lägre medan förhållandet är det motsatta i nordöstra Mälaren. Vid bottenfaunaprovplatserna saknas fortfarande vitmärlor men de hittades i en uppföljande inventering vid andra lokaler i östra Mälaren i låga tätheter.

Fem studentarbeten presenteras kopplade till dricksvattenproducenternas utmaningar med hög vattenfärg på råvattnet, om kunskapsläget för två cyanobakterietoxiner, om nyttan med att ha skog utmed bäckar, om att dammar i jordbrukslandskapet verkar klarar framtidens flöden och hur andelen lerjord i jordbruksområden påverkar risken för näringsämnesförluster. Två forskningsresultat presenteras: ett från en avhandling om mikroplasters effekter på mikrober och små bottenlevande djur samt en syntes om vad som krävs för att man ska kunna använda renat avloppsvatten för bevattning utan risk för hälsa och miljö.

Abstract

The results from the monitoring of Lake Mälaren in 2024 show that surface water continues to warm up. The surface water temperature in May was 3.8 degrees warmer than the 30-year average (1964–1993), which means that the lake is temperature stratified earlier. A map highlighting bottoms deeper than 20 meters shows that some sampling sites would need to be adjusted slightly to include important deep basins so that conditions for cold-water species can be monitored better, e.g. by monitoring oxygen. Of the deep basins, Blacken, Granfjärden, Stora Ullfjärden, Skarven and Fiskarfjärden have too low oxygen levels in the hypolimnion in late summer with a major impact on benthic animals and fish as well expected internal nutrient loading from the sediments. The large amounts of precipitation in August 2023 clearly affected the water chemistry in terms of watercolor (absorbance at 420nm) and the effect was seen with high values first in Galten (August 2023) after which this watercolor gave lower values with time and closer to Stockholm the water traveled, with the Granfjärden peak in absorbance starting in February 2024 and that of Södra Björkfjärden in April 2024. Not since 2001 has the watercolor been so high in Lake Mälaren. The lake's calcium gradient is described with high values in some small bays in the western parts of the lake and the eastern part of Mälaren where the densities of *Dreissena* mussels have also been shown to be high in other studies. For phytoplankton, the proportion of nitrogen-fixing cyanobacteria showed that they dominate the cyanobacteria in the western part of Mälaren where phosphorus levels are higher at the same time as nitrogen levels are lower, while the situation is the opposite in northeastern Mälaren. At the benthic fauna sampling sites, the amphipod *Monoporeia* are still missing, but they were found in low densities in a follow-up inventory at other locations in the eastern half of the lake.

Five student projects are presented: related to the challenges for drinking water producers when watercolor is high in raw water, about the state of knowledge about two cyanobacterial toxins, about the benefits of having forests strips along streams, whether dams in the agricultural landscape can handle future flows, and how the proportion of clay soil in agricultural areas affects the risk of nutrient losses. Two research results are presented, one from a thesis on the effects of microplastics on microbes and small benthic animals, whereas the second one is a synthesis of what is required to be able to use treated wastewater for irrigation without risk to health and the environment.

Innehållsförteckning

Fokus på Mälaren 2024.....	2
1. Introduktion	7
2. Beskrivning av det pågående samarbetet under 2024.....	8
2.1 Kommunikation och spridning av resultat	8
2.2 Mälarseminariet 2024	9
2.3 Provtagning 2024	10
2.4 På gång och plan för 2025.....	12
2.4.1 Nationella stationsregistret ger uppdateringsbehov	12
2.5 Årets rapport	12
3. Resultat från provtagningsåret 2024	13
3.1 Väder och vind	13
3.2 Vattentemperatur	14
3.3 Val av provtagningsplatser för temperatur och syrgasprofiler	15
3.3.1 Temperatur och syrgas vid provplatser med bottenfauna	16
3.3.2 Provplatser med tydlig syrgasbrist och stor risk för internbelastning	17
3.4 Syns påverkan från regnandet sommaren 2023 fortfarande?	19
3.5 Näringsämnen.....	20
3.6 Sjöns gradient av kalcium	23
3.7 Växtplankton	24
3.7.1 Säsongsvariation i växtplanktonsamhället.....	24
3.7.2 Växtplanktonsamhällets sammansättning i augusti.....	25
3.8 Djurplankton	27
3.9 Bottenfauna.....	28
4. Studentarbeten.....	30
4.1 Hur påverkar väderförhållanden vattnet i Mälaren och hur påverkas dricksvattenproduktionen?	30
4.2 Kunskapsläget för toxicitet och rening av cylindrospermopsin och anatoxin, två potenta gifter från vissa cyanobakterier	31
4.3 Vilka egenskaper hos skog utmed bäckar ger bra skydd för akvatiska organismer i jordbruksbäckar?.....	32

4.4	Har anlagda våtmarker runt Mälaren tillräckligt vattenhållande egenskaper i ett förändrat klimat?	32
4.5	Hur varierar näringsämnesförluster i sju jordbruksområden nära Mälaren?	33
5.	Resultat från forskningsprojekt.....	35
5.1	Mikroplasters effekter på mikrober och små bottenlevande djur	35
5.2	Är renat avloppsvatten en giftfri och hållbar resurs för framtiden?	36
	Referenser.....	37
	Bilaga 1 Provplatser i Mälaren 2024.....	39
	Bilaga 2. Elva provplatsers yttemperatur 2024 jämfört med två 30-årsperioder	40
	Bilaga 3. Karta över Mälarens botten djupare än 20 m	42

1. Introduktion

Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) och Mälarens vattenvårdsförbund (MVVF) har sedan 2018 haft ett samarbete för att ha ett så stort utbyte som möjligt mellan forskning och samhällsintressen i och kring Mälaren. På SLU är det institutionen för vatten och miljö som utför miljöövervakningen och kopplar forskningsprojekt och examensarbeten på SLU till frågeställningar som samarbetet identifierar i Mälarens avrinningsområde samt att vi berättar om ny forskning som kan vara av samhällsnytta i framtiden.

Miljöövervakningen i Mälaren är en del av den nationella miljöövervakningen i sötvatten, delprogrammet stora sjöar, som omfattar Sveriges tre största sjöar: Vätern, Vättern och Mälaren. Programmet utförs med stöd av Havs- och vattenmyndigheten. MVVF medfinansierar miljöövervakningen via medlemsavgifterna. I årets rapport fokuserar vi inte på statusbedömningar eftersom de just nu sammanställs av länsstyrelserna runt Mälaren för rapportering, utan i stället på vilka nivåer av utvalda parametrar det är i olika delar av sjön samt att vi följer hur regnandet under 2023 påverkade förhållandena även under 2024.

MVVF är en ideell förening som syftar till ett bättre underlag för samhällsplanering och annan verksamhet av betydelse för miljöförhållandena i Mälaren, bland annat genom att se till att miljöövervakning sker. Vattenvårdsförbundets medlemmar är en blandning av representanter från 27 kommuner, fyra länsstyrelser, tre regioner, elva vattenorganisationer, tre myndigheter, fyra företag, fyra dricksvattenproducenter samt tio intresseorganisationer (källa: www.malaren.se).

Kontaktpersoner SLU, Institutionen för vatten och miljö:

Stina Drakare (projektledare), stina.drakare@slu.se, 018-67 31 02
Faruk Djodjic, faruk.djodjic@slu.se, 018-67 31 36

Kontaktperson MVVF:

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

2. Beskrivning av det pågående samarbetet under 2024

2.1 Kommunikation och spridning av resultat

Vi fortsätter att använda **webbsidan** Fokus på Mälaren (www.slu.se/malaren) för att samla information om publikationer, snabbänkar till övervakningsdata från Miljödata-MVM på SLU, information om provplatserna, forskning samt de olika aktiviteter vi har inom samarbetet. Sidan har den mesta informationen även på engelska. SLU bygger om sin websida under 2025 men länken till Fokus på Mälaren kommer att vara densamma.

Under 2024 hade vi två webinarier, s.k. **Mälarinarier**, 22 mars och 26 september. De spelades in och finns att se i efterhand via MVVF:s YouTube-kanal: <https://www.youtube.com/@malarensvattenwardsforbund950/videos>

I mars berättade Martyn Futter och Emma Lannergård, SLU om det nya projektet PaddleJump som ska skapa verktyg för kommuner att enklare planera, utforma och underhålla hållbara dammar. Stina, Faruk och Emma berättade om pågående studentarbeten. Stina berättade om det tysk-franska tv-bolaget ArteTV som håller på och gör en film om Mälaren. I september presenterade Jennifer Anderson resultat från undersökningarna av vad som angriper sjögull i Mälaren. Sedan presenterade Johan Stenberg, BioPrio, resultat från inventeringarna av sjögull i Mälaren under 2024. Stina berättade att HaV har finansierat lite mer yttäckande provtagning av vitmärlor i östra Mälaren där de saknats i senaste årens provtagning och att vitmärlor hittats vid denna provtagning.

Under **MVVF:s årstämma** den 17 maj 2024 i Märsta presenterade Stina Drakare resultaten från 2023 års provtagning inklusive jämförelser av statusklassificeringar som gjorts i sjön de senaste tre sexårsperioderna samt trendanalyser från 1964 för bland annat näringsämnen, temperatur och syrgas som senare publicerades ([Drakare et al. 2024](#)).

2.2 Mälarseminariet 2024

Mälarseminariet med 72 deltagare hölls 27–28 november på Campus Ulltuna i Uppsala med fyra teman enligt följande:

Miljögifter

- Screening av miljögifter i Mälaren 2024 – Ingrid Hägermark
- Effektbaserade analyser från screeningen – Elin Lavonen
- Två års kartläggning av cyanobakterietoxiner – Stina Drakare
- Miljögiftsscreening av sediment gav fokus på TBT & Mälarnätverk båtbottnfärger – Maria Pettersson, Ingrid Hägermark
- Sanering av PFAS med Salix – Mauritz Ramstedt
- Kommande handbok för att minska spridning av PFAS – Ludwig Hedberg

Översvämning

- Översvämningar kopplat till spridning av föroreningar – Måns Enander
- Lagringspotential i landskapet – Faruk Djodjic
- Konkreta lösningar vid översvämning i Heby kommun – Per Möller
- Dricksvattenproduktion och översvämningar – Frida Ekman
- Simulering av extrema situationer i Mälaren som vattentäkt i ett förändrat klimat – Hampus Markensten
- Framtidsvisioner och antaganden i offentlig sektors arbete med klimatanpassning – Christoffer Kanarp

Vattenplanering

- Från luftiga planer till konkreta vattenvårdsåtgärder – Elin Ångman
- Kommunernas vattenplanering inom Nyköpingsåarnas ARO – Anneli Carlén
- Vattenvård i samverkan: LÅP som verktyg – Mari Backlund, Beatrice Svensson Lindius
- Hinder och möjligheter vid planering av våtmarker – Nairomi Eriksson
- Water Wise Societies: Sveriges största innovationssatsning på vattenområdet – Elin Flodin

Fisk

- Fria vandringsvägar i Mälarmynnande vattendrag och utvärdering av tre fiskvägar anlagda inom LIFE IP Rich Waters – Linda Svensson
- Fiskar och kräftar i Mälaren: övervakning, status och pågående arbeten – Alfred Sandström
- Avlutning med visning av Filmen om Mälaren av ArteTV (på tyska).

Som vanligt avslutades varje tema med diskussionspass.

2.3 Provtagning 2024

Isen låg över hela Mälaren i **februari** 2024 med en ungefärlig istjocklek på 20–30 cm. På Ulvhällsfjärden, Svinnegarnsviken och Ekoln vandrade vi ut på isen till provtagningsplatsen, vid övriga platser nyttjades hydrokopter. I februari bistod vi också ArteTV som ville filma provtagning på Mälarens vatten med hydrokopter till sin film om sjön.

I maj fick Ancyclus II en tydlig namnskylt och dekaler på skrovet, med en design och formspråk som harmoniserar med SLU:s stora forskningsfartyg Svea. Med det nya trycket på plats var vi åter igen ute med ArteTV för att filma hur provtagning från båt under sommarhalvåret går till.



Ancylus II fick äntligen namnskylt och SLU-logotyp på skrovet. Foto: Stina Drakare, SLU.

De ordinarie provtagningarna i **april**, **maj** och **juli** månader gick snabbt och oproblematiskt. Bra väder.

I **augusti** togs många extraflaskor med vatten från samtliga provplatser utöver den ordinarie provtagningen. Det gjordes för screening av miljögifter, prioriterade ämnen, cyanobakterietoxiner och effektbaserade analyser och skickades efter varje dags provtagning till de externa analyslaboratorier som genomförde analyserna (SGS, Eurofins, ALS och Biocell Analytica). Detta innebar långa intensiva arbetsdagar och en omfattande logistikapparat. Efter varje provtagningsdag hämtades fulla provväskor upp med bil från den hamn där vi låg ankrade för natten, för vidare transport till inlämningsstället för det analyslaboratorium som skulle analysera proverna i respektive provväska. Samtidigt överlämnades provflaskor och frysklampor i kylväskor för nästkommande provtagningsdag.

Blåsiget väder första provtagningsdagen i augusti, och vindutsatta provplatser på ruten för dagen, gjorde att dessa provtagnings-schemat blev längre än först planerat. Det pressade provtagnings-schemat och komplicerade logistiken lite extra.



Flaskor uppradade inför provtagning nära Västerås i augusti 2024. Foto: Joel Segersten, SLU.

Totalt samlade vi under de två veckorna av augustiprovtagning in 464 liter vatten, fördelat på 1327 flaskor (365 liter fördelat 961 flaskor för den extra provtagningen, resterande halvan mycket mindre flaskor tillhörde den ordinarie provtagningen inklusive provtagningen åt Norrvatten).

Som ofta i **september** var det ganska blåsigt och regnigt väder. En provtagningsdag avslutades i förtid pga. hårda vindar och kraftigt regn och vi fick navigera med nedsatt fart och lanternorna påslagna pga. av den dåliga sikten. På Prästfjärden mätte vi upp 8 m/s ihållande sydliga vindar (och upp till 11–12 m/s i byarna), provtagningen på fjärden genomfördes således i en sjögång som var på gränsen för vad GPS-antringen med elmotorn klarar av. Batteriet till denna laddades därför också ur snabbt. Vid kraftig sjögång försvåras det praktiska provtagningsarbetet, detta gäller inte minst upprättandet av en temperatur- och syrgasprofil som kompliceras av att båten rör sig mycket i djupled.

2.4 På gång och plan för 2025

MVVF fortsätter samarbetet med SLU i en ny period 2025–2031 och har nu knutit SLU-institutionen akvatiska resurser tydligare till samarbetet för att få till mer regelbundna uppdateringar om fisk och storkräfter i sjön.

Provtagningsprogrammet får inga stora justeringar i basövervakningen. Som tidigare år är Mälarinarter och Mälarseminarier planerade under året.

2.4.1 Nationella stationsregistret ger uppdateringsbehov

Nationella stationsregistret används nu fullt ut på webbtjänsten Miljödata MVM där man kan ladda ner miljöövervakningsdata från bland annat Mälaren. Det gör att leveransmallar och automatöverföringar av resultat från våra laboratorier behöver uppdateras eftersom det som förut kallades stationer numera är provplatser. För Mälaren används i övergångsfasen vattenförekomsternas namn som stationsnivå vilket blir lite för grovt för de största fjärdarna. Vi väntar även in en uppdatering av sökfunktionerna på Miljödata MVM och kommer att ta fram nya snabbänkar till programmets provplatser när uppdateringen är klar. I nuläget får inte snabbänkarna till övervakningsresultaten på Fokus på Mälaren-sidan med alla platser som provtas. För att få med allt behöver man söka ut data via Undersökningar ”NMÖ Stora sjöar”. Stationsnamn och provplatsnamn kommer att ses över under 2025 och uppdateras i det nationella stationsregistret.

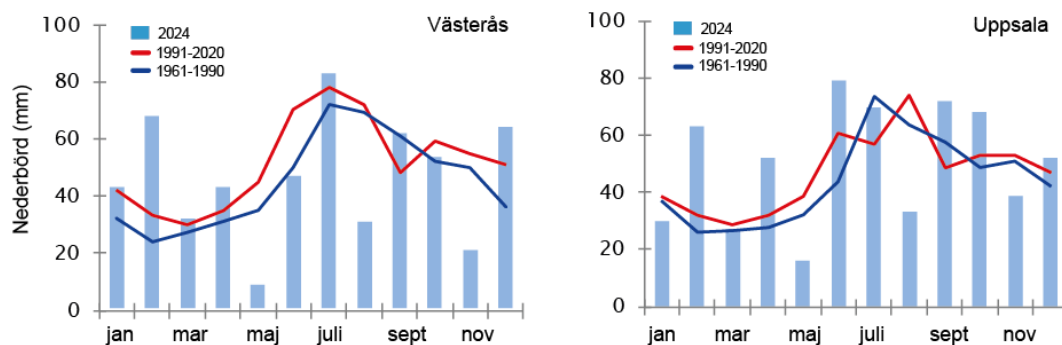
2.5 Årets rapport

Årets rapport har som tidigare år tre delar: övervakningsresultat, studentarbeten och forskningsresultat. I år saknas statusrapportering eftersom den var så omfattande förra året. I stället fokuserar vi på att beskriva sjön och de utmaningar olika delar står för och hoppas att det ska öka kunskapen om sjön. Nästa år återkommer statusbedömningar som tidigare.

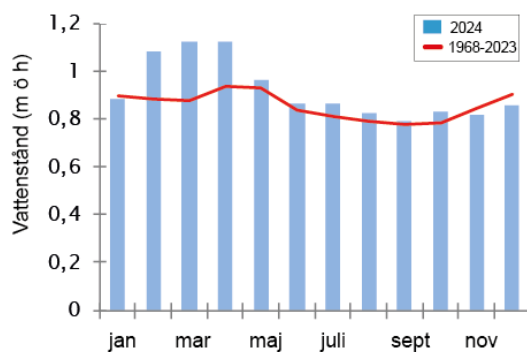
3. Resultat från provtagningsåret 2024

3.1 Väder och vind

2024 var ett relativt torrt år. Månaderna maj, augusti och november hade lite nederbörd i både Västerås och Uppsala jämfört med nederbörd under de två jämförelseperioderna med 30 åriga medelvärden för 1961–1990 och 1991–2020 (SMHI:s normalperioder, figur 1). Mycket nederbörd i februari ledde till högt vattenstånd under våren (figur 2), kanske bidrog även att marken troligtvis var mättad med vatten efter översvämningarna sommaren 2023.



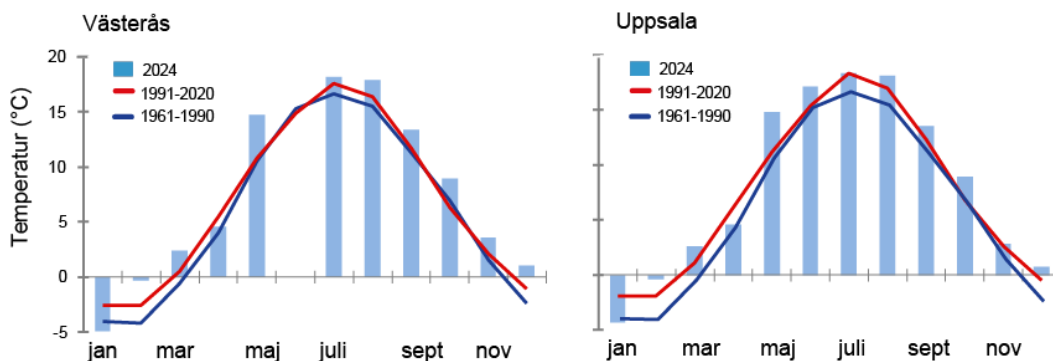
Figur 1: Nederbördsmängd i Västerås och Uppsala 2024 samt 30-årsmedelvärden för medelnederbörd 1961–1990 och 1991–2020. Källa SMHI.



Figur 2: Medelvattenståndet i Mälaren Norrström 2024 och medelvattenståndet 1968–2023. Källa SMHI.

Januari och april var något kallare än normalperioden för 1991–2020 men lika som en typisk januari under perioden 1961–1990 (figur 3). Jämfört med normalperioden 1961–1990 var alla övriga månader varmare under 2024. I maj månad steg

temperaturen så pass att den låg 4–5 grader högre än normalvärdena. Skillnaden är mindre om man jämför med senaste normalperioden vilket visar att det är viktigt att fortsätta jämföra bakåt i tiden. Vädret fortsätter som helhet att vara varmare i Mälardalen, vilket syns tydligt när man jämför linjerna för de två normalperioderna för lufttemperatur (figur 3).



Figur 3. Lufttemperatur vid väderstationerna i Västerås och Uppsala under 2024 jämfört med långtidsmedelvärden för normalperioder på 30 år. Datakälla SMHI.

3.2 Vattentemperatur

Efter 60 år med miljöövervakning i Mälaren finns det två normalperioder på vardera 30 år med temperaturdata från ytvattnet (0,5 m) för fem månader som komplement till väderstationerna med lufttemperatur. Vattentemperaturen i februari 2024 var något kallare än de två tidigare normalperioderna (Tabell 1). Vattnet hade under augusti 2024 liknade medelvärde på 19,8 °C som senaste normalperioden. Övriga månader, maj, jul och september var varmare eller mycket varmare och särskilt jämfört med den tidigaste normalperioden (1964–1993). I Galten och Västeråsfjärden Norra var det mycket varmare, 7,2 och 7,6 °C, i maj jämfört med perioden 1964–1993 (Bilaga 2). Dessa två fjärdar är grunda och värms upp snabbt vid varmt väder.

Tabell 1. Ytvattnets temperatur (°C) under 2024 jämfört med temperaturen under två normalperioder i Mälaren på vardera 30 år. Medelvärden från 11 provplatser med långa tidsserier. Skillnader på 3 grader och högre visas i **ljusrött** medan alla skillnader som är negativa visas i **blått**. Enskilda provplatsers ytemperatur visas i bilaga 2. Ytvattnets temperatur mäts vid 0,5 m djup.

Månad	Medeltemp. 1964–1993	Medeltemp. 1994–2023	Temp. 2024	Skillnad mot 1964–1993	Skillnad mot 1994–2023
Feb/Mar	0,9	0,9	0,5	-0,4	-0,4
Maj	8,9	10,9	12,8	3,8	1,9
Jul	18,5	19,9	21,7	3,2	1,8
Aug	18,2	19,7	19,8	1,5	0,0
Sep	14,7	15,4	17,4	2,7	2,0

3.3 Val av provtagningsplatser för temperatur och syrgasprofiler

Temperatur- och syrgasprofiler som tas flera gånger under året visar skillnader och likheter mellan fjärdar vad gäller temperaturskiktningens längd under sommarhalvåret samt syrgasförhållanden under is på vintern och sommaren i bottenvattnet. Dessa förhållanden är viktiga både för hypolimnions och bottenarnas organismer samt för att kunna ta reda på om en fjärd kan ha problem med internbelastning av fosfor.

Mälarens djupområden är ofta avsnörda av grundare åsar och har därför inte alltid kontakt med varandra. Det gör att volymen hos varje enskild djuphåla har relativt liten volym och att risken för syrgasbrist ökar. Djur som behöver kallt vatten blir då instängda under sommarperioden och kan inte nå andra delar av sjön vilket minskar deras möjlighet för födosök och att byta område om miljöbetingelserna försämras.

Det största området med vatten djupare än 20 meter finns i centrala Mälaren och består av Södra Björkfjärden ihop med Grönsöfjärden, Prästfjärden och Gripsholmsviken (se karta bilaga 3). Flera av dessa fjärdar tillhör vattenförekomsten Prästfjärden. Dock är andra delar av denna vattenförekomst avskilda i djupet av grunda åsryggar så att Norra Björkfjärden (norr om Adelsö) bildar en egen avgränsad djuphåla. Ytterligare en långsmal del med riktigt djupt vatten sträcker sig från Ekolsundsviken via Bålsta en bit in i Långtarmen mellan Ekerö och Färingsö. Nuvarande provtagningsprogram missar att mäta syrgasförhållandena i Norra Björkfjärden. För att få information om förhållandena i den långsmala nordöstra delen utmed Bålstas stränder behöver man använda Norrvattens data. Dessa ligger dock inte hos nationell datavärd.

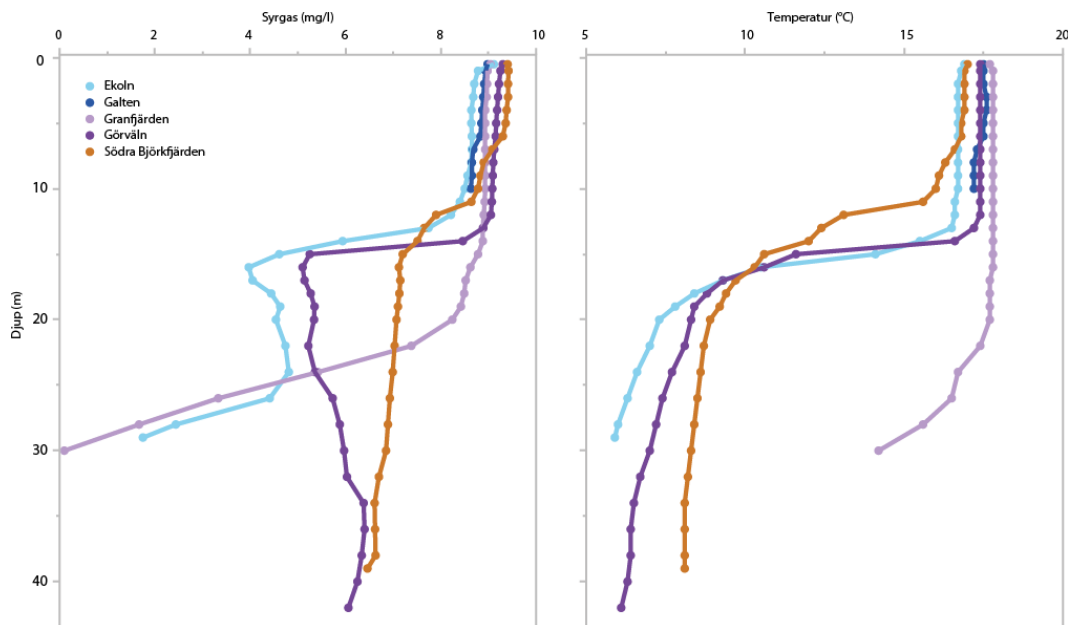
Andra relativt stora djupområden är Görväln-Lambarfjärden och fortsatt ner väster om Lovön, där SVOA bidrar med information om förhållandena i Lambarfjärden medan Görväln täcks in av provtagningsprogrammet som MVVF håller i.

Nära Uppsala har Ekolnbassängen delar djupare än 20 meter som sträcker sig in i Lårstavikens och Gorrans vattenförekomster. Gorrans provtagningsplats borde flyttas från grundområdet norr om Biskops-Arnö till djuphålan i norra delen av vattenförekomsten för att få bättre kunskap om förhållandena på djupet.

I västra delen av Mälaren är det Blacken som har ett djupområde i sina centrala delar på mer än 20 m samt att det i och runt Granfjärden finns små områden som är mer än 20 meter djupa. Nära Stockholm finns små områden med vatten djupare än 20 meter som är mycket känsliga för syrgasbrist varma somrar.

3.3.1 Temperatur och syrgas vid provplatser med bottenfauna

Av de månader som provtas är september en riskmånad för syrgasbrist och höga temperaturer i bottenvattnet. Om sommarskiktningen varit lång och mycket inkommande organiskt material har brutits ner under temperaturskiktningen i hypolimnion kan syrgashalterna gå mot gränsvärden för vad många bottenlevande djur tål. I figur 4 syns att Galten är grund och i september har tillräckligt med syrgas på botten (över 8 mg/l) vilket gynnar biodiversiteten på botten men dock för hög temperatur (runt 17°C) för att hysa kallvattensarter sommartid. Vid Granfjärden ser skiktningen ut att vara på väg att brytas och tyvärr är syrgasnivån för låg de sista fem metrarna för både kallvattensarter av fisk och bottenfauna (under 3 mg/l). Se även figur 5 där Granfjärden djupprofil visas för flera månader. Ekoln, Görvåln och Södra Björkfjärden har kvar en tydlig temperaturskiktning i september och bara Ekoln har problem med låga syrgasnivåer på 27–30 meter. Ekolns djupbottnar sitter ihop med djupbottnar västerut i Gorran vilket gör att det kan vara relativt stora och ännu djupare områden som har för låga syrgasnivåer för bottenfauna. Frisimmande kallvattensarter av fisk bör kunna hålla sig på mellan 15–25 meter och få nivåer på syrgas över 4 mg/l medan bottenlevande fiskar som lake troligen missgynnas vid dessa förhållanden. Görvåln och Södra Björkfjärden har i september bra syrgasförhållanden i hela hypolimnion med det är en tydlig minskning under temperaturskiktningen på grund av att nedbrytningsprocesser som konsumerar syrgas dominerar över fotosyntesprocesser som bildar syrgas.

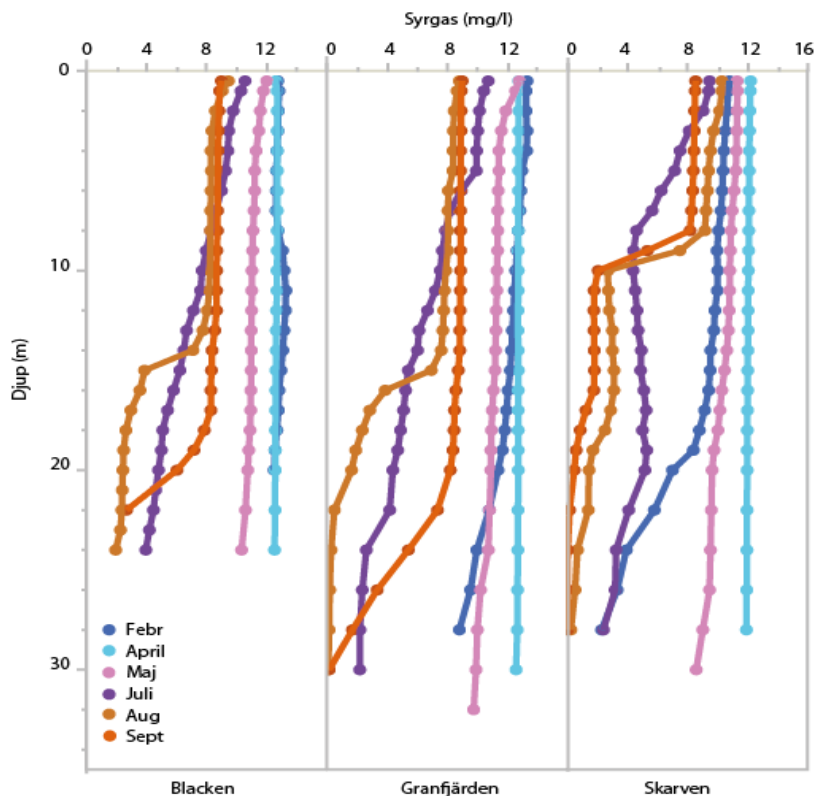


Figur 4. Syrgas och temperaturfördelning djupled i september 2024 för de fem provplatser som även har provtagning av bottenfauna.

3.3.2 Provplatser med tydlig syrgasbrist och stor risk för internbelastning

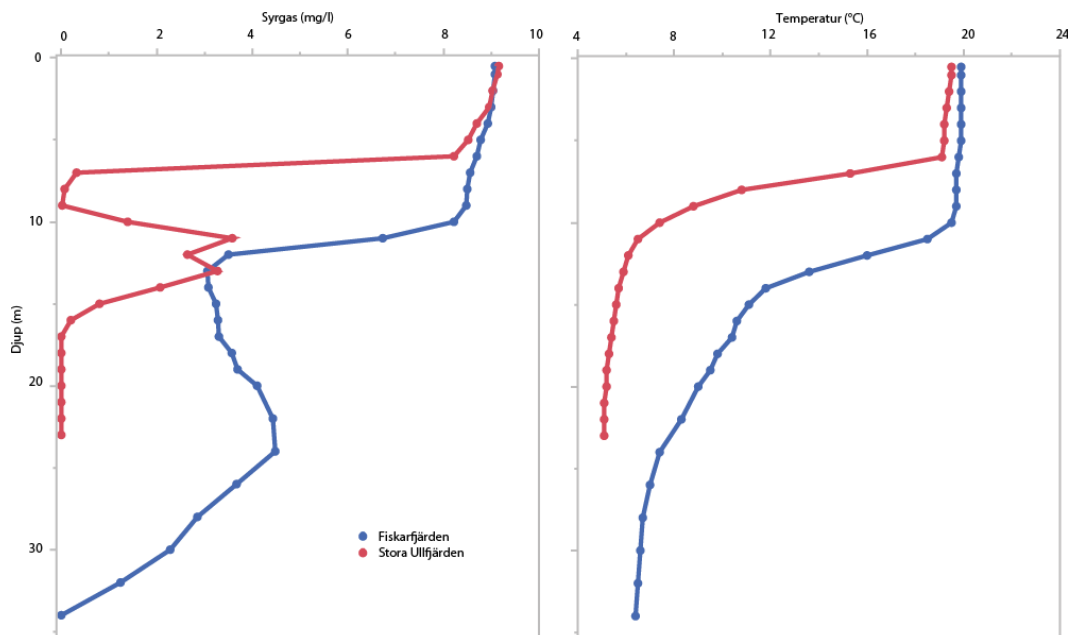
Vid de provplatser där djupprofiler av temperatur och syrgas mäts sex gånger per år kan man tydligt följa hur stark temperaturskiktningen är olika månader samt hur denna påverkar syrgasförhållandena. Temperaturskiktningen bryts t.ex. tidigare i västra Mälaren än östra.

Tre av provplatserna: Blacken, Granfjärden och Skarven, har stor risk för så låga syrgashalter att internbelastning av fosfor från sedimenten är möjlig (figur 6). Blacken når inte värden på noll under 2024 men andra år kan det troligtvis ske. Blacken och Granfjärden har sämre syrgasförhållanden i augusti än september, något som kan förklaras av att temperaturskiktningen börjat eroderas i september pga. av det stora tillflöde av vatten som dessa bassänger får. Skarvens syrgashalter är som lägst i september och om temperaturskiktningen består i oktober, då vi inte är ute och mäter, kan halterna hinna bli ännu lägre. Vid Blacken, Granfjärden och Skarven har det tidigare funnits kallvattensarter som vitmärlor (Drakare et al. 2025) och provfisket visar att Granfjärdens hypolimnion är viktigt för kallvattensarter av fisk sommartid. Det bör alltså vara ett mål att få tillbaka förhållanden som gör att t.ex. vitmärlor kan återkolonisera dessa delar av sjön.



Figur 6. Syrgasprofiler vid provplatserna Blacken och Granfjärden i västra Mälaren och Skarven i nordöstra Mälaren.

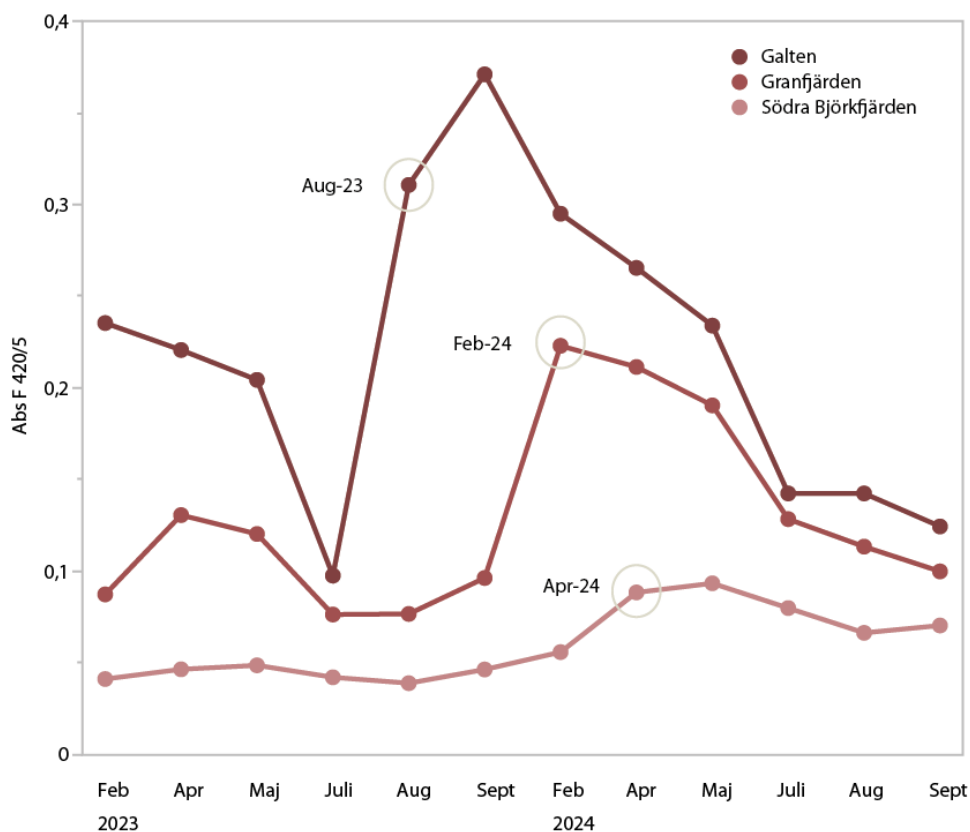
Av alla provplatser som ingår i programmet är det förutom Granfjärden och Skarven ytterligare två som har tydliga problem med syrgasbrist som drabbar i stort sett hela hypolimnion, inte bara närmast botten. Det är Stora Ullfjärden och Fiskarfjärden där provtagningen endast sker i augusti. Resultaten visar att syrgashalterna är nere runt noll i Stora Ullfjärden (figur 7), medan fullt så låga halter uppmättes i Fiskarfjärden först i september vid den extra provtagningsrundan för vitmärslor (Drakare et al. 2025). I augusti var syrgashalterna i Fiskarfjärden fortfarande runt 3 mg/l i hypolimnion, något som ändå är för lågt för fiskar. Utan syrgas i vattnet löses de komplex upp mellan fosfor och olika joner som bildas under syrgasrika förhållanden och fosfor frigörs från sedimenten och blandas tillbaka upp i vattnet. Detta leder till ännu mer övergödningssproblem och risk för algbloomingar och i en negativ återkopplingsprocess med ännu mer syrgasbrist i bottenvatten och sediment. I Stora Ullfjärdens fall drabbar det dels den egna bassängen, dels nedströms liggande vattenförekomster som Gorran och Ekoln. Fiskarfjärden ligger mycket nära utloppet av Mälaren i Saltsjön och påverkar förutom den egna bassängen troligtvis mer kustzonen, men utspädningseffekten av hela flödet från Mälaren bör vara stort.



Figur 7. Syrgas och temperaturfördelning djupled i september 2024 för Stora Ullfjärden och Fiskarfjärden.

3.4 Syns påverkan från regnandet sommaren 2023 fortfarande?

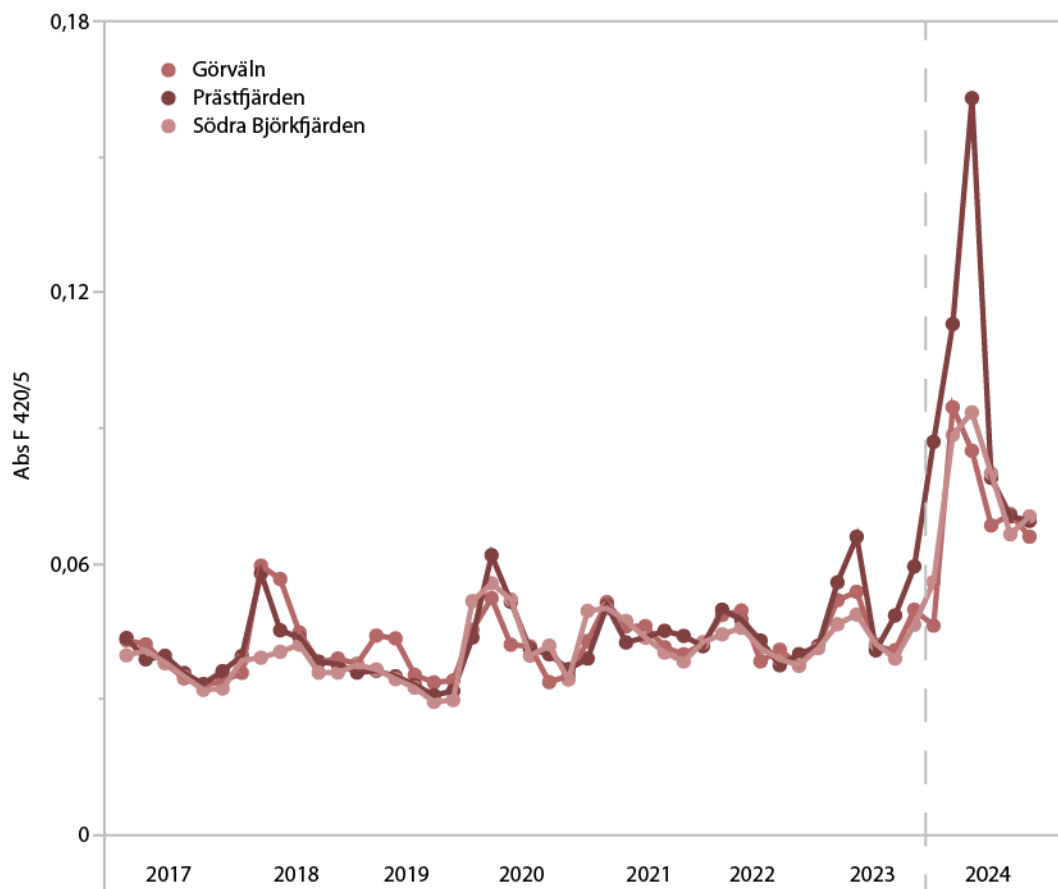
Vattenfärgen (mätt som absorbans vid 420 nm) påverkas av tillrinningen av humusämnen från tillrinningsområdet. Det mest färgade vattnet finns i den västra delen av Mälaren, som har störst andel skog i tillrinningsområdet (Sonesten et al. 2013). Vattenfärgen är vanligtvis som lägst under sommaren då tillrinningen oftast är låg. Sommartid går även mikrobiella nedbrytningsprocesser av humusämnen snabbt samt att solens UV-ljus bryter ner humusämnen. Vid den kraftiga nederbörden sommaren 2023 ökade vattenfärgen direkt i Galten, längst västerut i Mälaren. I Granfjärden syntes dock inte denna ökning i vattenfärg förrän vid februari-provtagningen 2024, och inte förrän i april nådde effekten av regnet östra delen av sjön Södra Björkfjärden (**Error! Reference source not found.**).



Figur 8. Absorbans (420nm) 2023–2024 i Galten, Granfjärden och Södra Björkfjärden. Observera att tidsskalan endast visar månader med mätningar.

Ökningen i vattenfärg i sjön ledde till att även de provplatser som normalt sett har relativt låg absorbans fick ovanligt höga nivåer vilket syns i figur 9. Senast liknande nivåer observerades i Södra Björkfjärden var 2001, efter kraftig nederbörd sista halvåret 2000 (Sonesten et.al. 2013). Den ökade vattenfärgen leder till att de

vattenverk som tar råvatten från Mälaren behöver tillsätta mer fällningskemikalier för att sänka halterna av organiskt material i dricksvattnet.

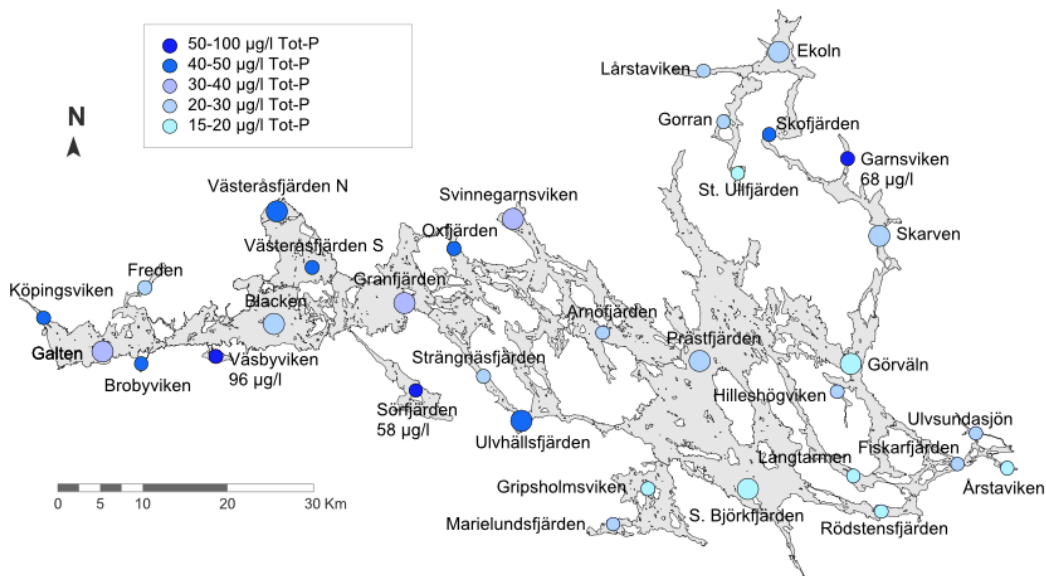


Figur 9. Absorbans vid 420 nm på filtrerat vatten för 2017–2024 i Görväln, Prästfjärden och Södra Björkfjärden provplatser som normalt har låg absorbans.

3.5 Näringsämnen

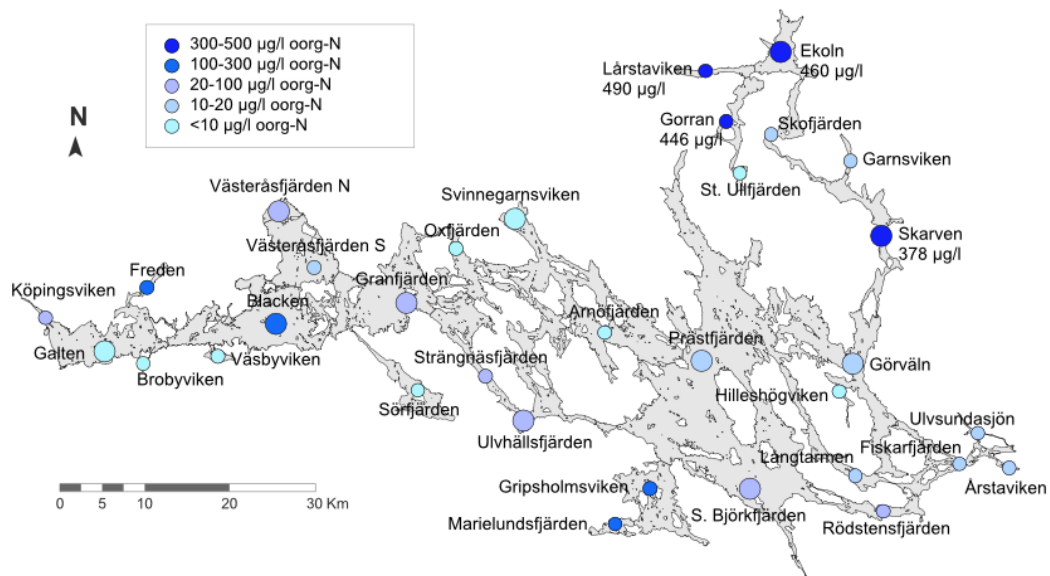
Fosfor och kväve är nödvändiga näringsämnen för basen i näringsväven, i sjöar växtplankton, fastsittande alger och större vattenväxter. Förutom en naturlig tillförsel av närsalter från den omgivande marken till vattnet tillförs näringsämnen också från brukad och gödslad jordbruksmark, kalhyggen, reningsverk, industrier, dagvatten och enskilda avlopp. Kväve tillförs även från luften genom atmosfärisk deposition direkt på sjöar och vattendrag. Vissa kvävebindande bakterier har också förmågan att tillgodogöra sig kväve från luften. Förhöjda halter av näringsämnen kan leda till algbloomingar och igenväxta vikar. Vid nedbrytning av växtplankton och vattenväxter förbrukas syre och risken för syrgasbrist i bottenvattnet ökar. Syrgasbrist i bottenvattnet leder till att lagrad fosfor frigörs från sedimenten.

Generellt sett är den sydöstra delen av Mälaren mer näringsfattig än övriga Mälaren. Denna del saknar större tillflöden samt har en längre omsättningstid än övriga delar av Mälaren, vilket gjort att sedimentation av material till botten har hunnit ske innan det når denna del av sjön. Halterna av **totalfosfor** sommaren 2024 var som tidigare år lägst i den sydöstra delen (Figur 10). Högst halter erhöles i grunda vikar och fjärdar utan temperaturskiktning. Alla provplatsernas halter av totalfosfor är dock relativt höga och visar att hela Mälaren är en näringsrik sjö. Risken för cyanobakterieblomningar är stor vid halter av totalfosfor över 20 µg/l (WHO 2003).



Figur 10. Totalfosfor i Mälarens ytvatten sommaren 2024. Medelvärden för juli-augusti har använts för de provplatser som provtas sex gånger om året (stora punkter) och resultat från augusti för de provplatser som enbart provtas då (små punkter). Halterna har indelats i fem haltintervall för att visuellt visa på skillnaderna.

Halterna av **oorganiskt kväve** i Mälaren varierar mycket mellan provplatserna och tidpunkt på året. Oftast är halterna som lägst på sensommaren eftersom kväve då hunnits tas upp av växtplankton och andra vattenväxter. Halterna av oorganiskt kväve är högst i den nordöstra delen av Mälaren där andelen jordbruksmark i tillrinningsområdet är stor samt att Uppsala som Sveriges fjärde största stad är en betydande punktkälla till kväve (Figur 11). Dock är halterna av oorganiskt kväve höga även vid provplatserna Gorran och Lårstaviken vilket visar att dessa bassänger troligtvis också bidrar till höga halter i Ekoln. I andra delar av Mälaren är halterna av oorganiskt kväve så låga att det föreligger risk för kvävebegränsning vilket i sin tur gynnar kvävefixerande cyanobakterier.



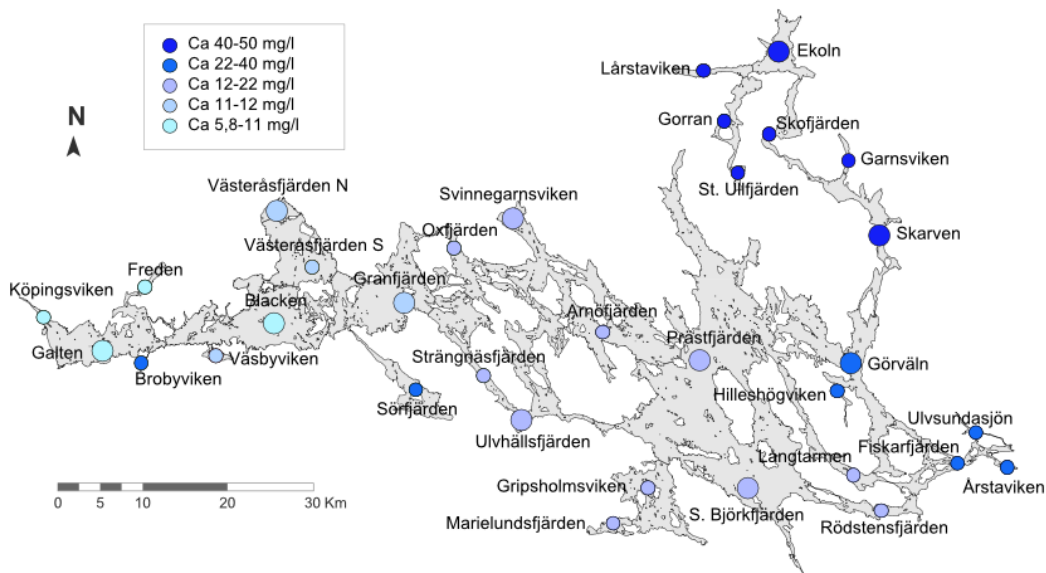
Figur 11. Oorganiskt kväve i Mälarens ytvatten sommaren 2024. Medelvärden för juli-augusti har använts för de provplatser som provtas sex gånger om året (stora punkter) och resultat från augusti för de provplatser som enbart provtas då (små punkter). Halterna har indelats i fem haltintervall för att visuellt visa skillnaderna.

3.6 Sjöns gradient av kalcium

Flera av de djur som lever i Mälaren behöver en viss nivå av kalcium (Ca) för att kunna nå kraftiga bestånd. I Mälaren är halterna av kalcium högst i nordöstra delen och lägst i fjärdarna i väster (figur 12). Halterna varierar från 5–50 mg/l.

Många djurplankton kräver relativt låga halter på mellan 0,3–1,3 mg/l (Bergström et al. 2024) vilket inte är ett problem i Mälaren (figur 12). Märkräfter av familjen Gammaridae behöver minst 5 mg/l och bör av den anledningen trivas i hela Mälaren. Hela gruppen märkräfter anses känsliga för låga kalciumhalter, dock känner man inte till variationen i krav mellan arter (Bjelke 2024). Hur känsligheten för låga kalciumhalter är för de invasiva märkräfter och pungräkor är också oklar men troligen har de liknande krav som inhemska vit- och taggmärlor.

Den invasiva vandrarmusslan som kom till Mälaren på 1920-talet vill ha 12 mg/l för att kunna nå kraftiga bestånd (Grandin & Larson 2007) och bör alltså kunna ha kraftiga bestånd i stora delar av Mälaren utom den mest västliga och de bör trivas riktigt bra utmed den nordöstra sidan av sjön där halterna är riktigt höga (figur 12). Musslor inventeras inte regelbundet i Mälaren men en inventering från 2007 visade att de förekom rikligt i östra Mälaren, samt Brobyviken och Sörfjärden (Lundberg & von Proschwitz 2007) vilket sammanfaller tydligt med halter över 22 mg/l av kalcium i figur 12.



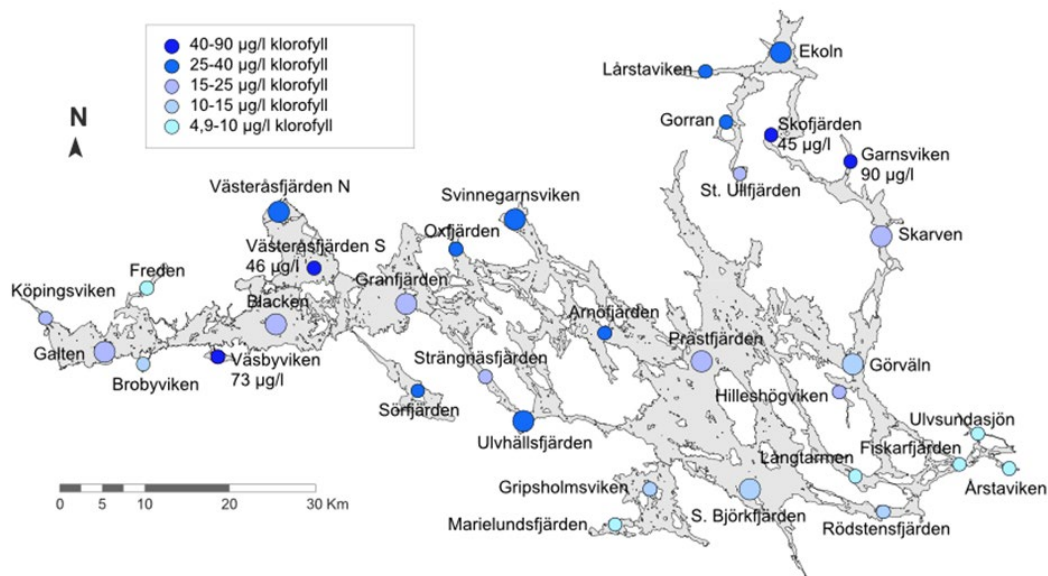
Figur 12. Kalciumkoncentrationen i Mälaren 2024. Medelvärdet för juli-augusti har använts för de provplatser som har provtagning flera gånger om året (stora punkter) medan de med provtagning endast i augusti har små punkter. Halterna har delats in i fem intervall för att visuellt visa skillnaderna.

3.7 Växtplankton

Klorofyll-*a* är 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 och tillfällen, även om växtplanktonanalyser ger mer information.

I juli-augusti 2024 var klorofyllhalterna som högst i den nordöstra delen av Mälaren samt i Västeråsfjärden och Väsbyviken (figur 13). Ytansamlingar av cyanobakterier, vanligtvis kallat algblooming, noterades vid provtagningen i västra Mälaren enligt följande:

- Granfjärden: juli
- Västeråsfjärden N: juli & augusti
- Västeråsfjärden S: juli & augusti
- Blacken: augusti

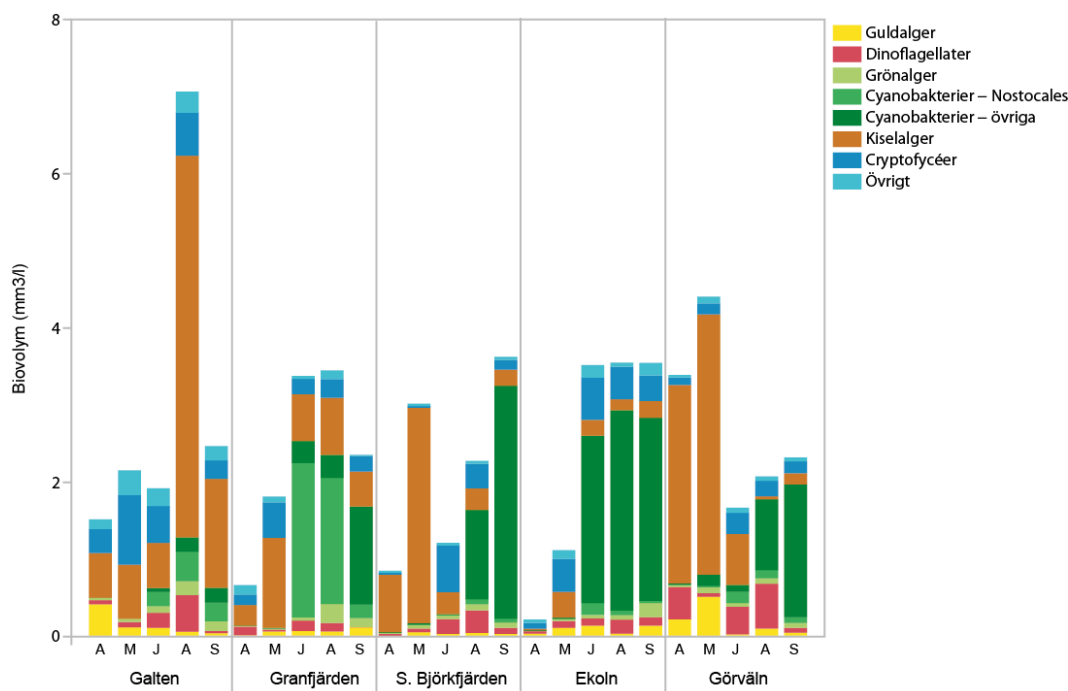


Figur 13: Klorofyll i Mälarens ytvatten sommaren 2024. Medelvärden för juli-augusti har använts för de provplatser som provtas sex gånger om året (stora punkter) och resultat från augusti för de provplatser som enbart provtas då (små punkter). Halterna har indelats i fem olika haltintervall för att visuellt visa på skillnaderna.

3.7.1 Säsongsvariation i växtplanktonsamhället

Kiselalger som oftast har högst biomassa på våren hade relativt låg biomassa 2024. Kiselalgernas biomassa var på våren högst i Görväln med en biomassa på runt 3 mm³/l (figur 14). Det är annars vanligt att kiselalgerna når en biomassa på 5–15

mm³/l i Galten, Granfjärden, Södra Björkfjärden och Görväln på våren. De gynnas av vattenmassans omblandning vår och höst samt i grunda bassänger som blandas om hela sommaren som Galten. Galten hade under 2024 också högst biomassa av kiselalger i augusti, 4,9 mm³/l. Alla övriga fyra provplatser med analyser av växtplanktonsamhället under fem tillfällen per år hade sommaren dominerad av cyanobakterier, särskilt i augusti och september med en biomassa av cyanobakterier på mellan 1–3 mm³/l, värden som inte är extrema men som oftast annars vanliga i Ekoln medan de andra bassängerna snarare brukar ha en blandning av flera olika växtplanktongrupper som cyanobakterier, kiselalger, cryptofycéer och dinoflagellater. Cyanobakterier av kvävefixerande typ, ordningen Nostocales, dominerade cyanobakterierna i Granfjärden och Galten medan de i Södra Björkfjärden, Ekoln och Görväln inte hade cyanobakterier av denna ordning i någon stor utsträckning (figur 14) vilket kan kopplas till att konkurrensen om kväve mellan växtplankton främst gynnar kvävefixerande i vatten med lite kväve- i förhållande till fosfor.



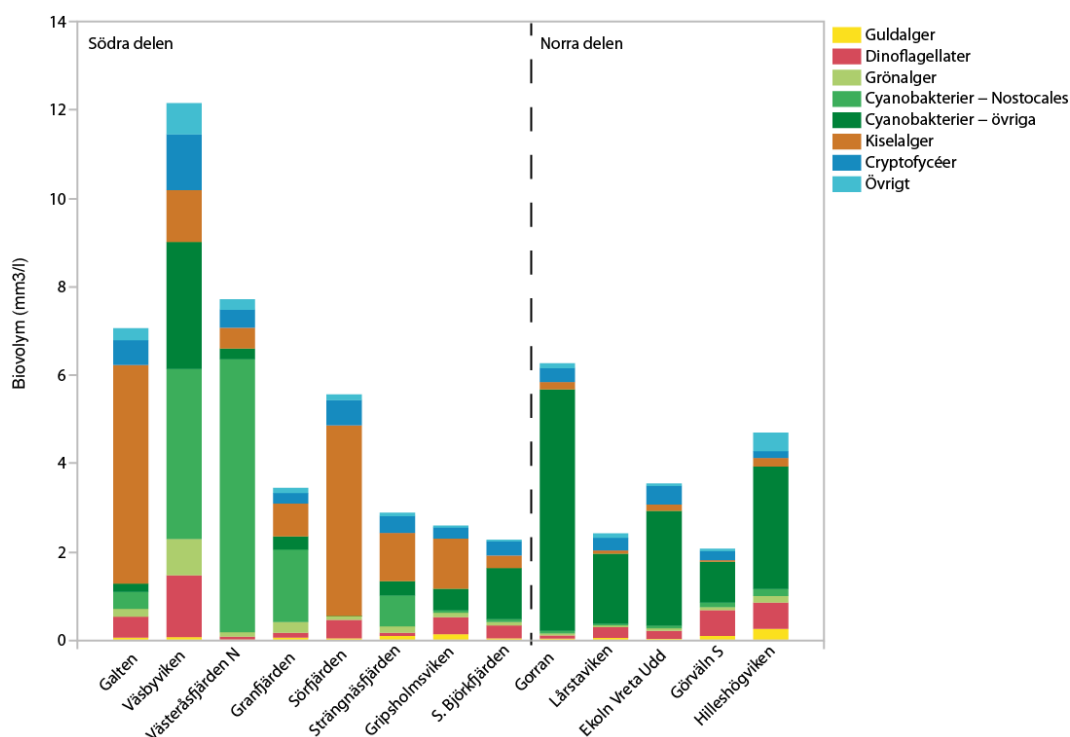
Figur 14. Växtplanktonsamhällets sammansättning för april, maj, juli, augusti och september 2024 vid de fem provplatser med tätare provtagningsfrekvens.

3.7.2 Växtplanktonsamhällets sammansättning i augusti

Förutom de fem provplatser med relativt tät provtagning provtogs under 2024 ytterligare åtta provplatser men endast i augusti vilket gör att 13 provplatser ingår i jämförelsen i växtplanktonsammansättning mellan Mälarens olika delar (figur 15). Växtplanktonbiomassan varierade mellan 2,1 mm³/l (Görväln) och 12 mm³/l (Väsbyviken). Den grunda Sörfjärden hade precis som grunda Galten dominans av

kiselalger. Även Strängnäs fjärden och Gripsholmsviken hade relativt mycket kiselalger, ca 50 % av biomassan. Vid övriga dominerade cyanobakterier och västra halvan hade dominans av cyanobakterier av ordningen Nostocales som kan fixera kvävgas vid behov: Galtén 67 %, Väsbyviken 57 %, Västeråsfjärden Norra 96 %, Granfjärden 84 % och Strängnäs fjärden 68 %. Provpplatser med låg andel kvävefixerande cyanobakterier fanns i norra och östra Mälaren: Lärstaviken 2 %, Gorran 1 %, Ekoln 2 %, Görväln 10 %, Södra Björkfjärden 5,6 % och Hillehögsviken 5,5 %.

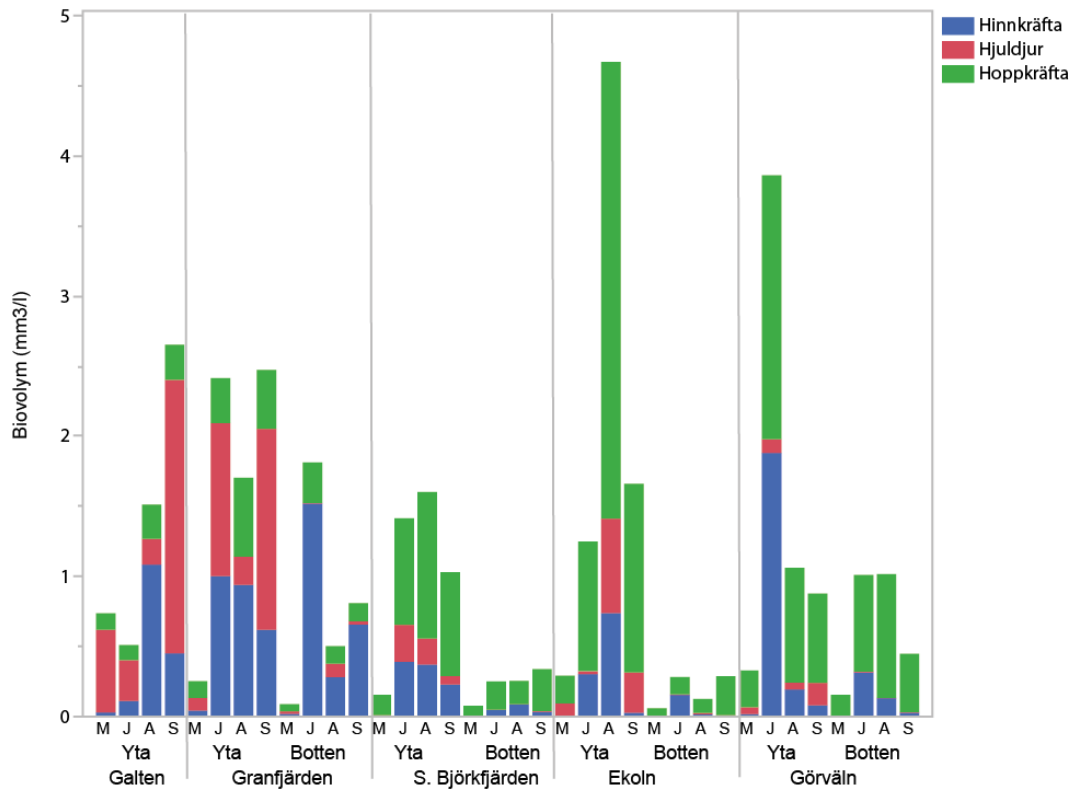
Vid samtliga provplatser fanns växtplankton av grupperna: kiselalger, cyanobakterier, cryptofycéer, dinoflagellater, grönalger, guldalger och häftalger. Totalt hittades 221 olika taxa av växtplankton under analyserna av proverna från 2024. Växtplankton bestäms inte alltid så detaljerat som till art och ibland bestäms de mer detaljerat till formvarianter av arter. Det är därför benämningen taxon används vilket innebär antalet unika namn i detta fall. Högst diversitet är det inom gruppen grönalger med 74 taxa följt av cyanobakterier med 40 taxa och kiselalger med 29 taxa.



Figur 15. Växtplanktonsamhällets sammansättning vid 13 provplatser som provtogs i augusti 2024.

3.8 Djurplankton

Djurplankton hade ovanligt hög biomassa i Ekoln i augusti och Görväln i juli med biovolymen runt 4 mm³/l (figur 16). Övriga provplatser hade mer normal mängder av de tre grupper av djurplankton vi följer. För djurplankton väntar vi in att fler år av djurplankton levererats till datavärd för att om något år göra en större jämförelse för hela tidserien med data från 60-talet. Just nu finns det bara data från 2017 publikt hos datavärd.



Figur 16. Biovolym för de tre stora djurplanktongrupperna i Mälaren i maj (M), juli (J), augusti (A) och september (S) 2024. Prover togs i ett ytnära vattenskikt på 0–10 meter samt om möjligt i ett djupare skikt från 15 m ner till 25–40 m beroende på provplatsens vattendjup. I grunda Galten tas endast ett skikt.

3.9 Bottenfauna

Bottenfaunan på djupbottnar är relativt artfattig och gruppen fåbortsmaskar (*Oligochaeta*) artbestäms inte eftersom det kräver tidskrävande specialpreparering i mikroskop. Fåborstmaskar hittas i alla prover i stort antal och skulle kunna användas som indikatorer om man går över till DNA-metodik så småningom, något som skulle passa Mälaren där gruppen fjädermyggor, som används för bedömningar med indexet BQI, inte alltid hittas vilket gör påverkansbedömningen mycket osäker.



Några fåborstmaskar i rött ihop med mörka rester från växter samt en taggmärsla. Prov efter sållning av finsediment vid provtagning i Görväln september 2024 (Foto: Stina Drakare, SLU)

Under 2024 hittades totalt 17 taxa i proverna vilket är ett normalt värde. Görväln hade högst diversitet med 11 taxa medan Ekoln i år bara hade två taxa vid provplatsen i Norra Ekoln (tabell 2). Märkräftar hittades i Görväln och Södra Björkfjärden men inte den önskade arten vitmärsla (*Monoporeia affinis*) utan taggmärsla (*Pallaseopsis quadrispinosa*) i mycket lågt antal. Den utökade provtagningen med 22 provplatser under 2024 för att ta reda på var vitmärlorna tagit vägen, finansierad från Havs- och vattenmyndigheten, visade att de finns på andra ställen än på de riktigt djupa bottnarna men inte heller där i de tätheter de haft tidigare (Drakare et al. 2025).

Tabell 2. Hur många taxa av bottenfauna som hittades på djupbottnar i fem Mälarfjärder 2024.

Bottenfaunagrupp	Galten	Granfjärden	Ekoln	Görväln	Södra Björkfjärden
Ärtmusslor					1
Nematoder	1			1	
Fåborstmaskar	1	1	1	1	1
Vattenkvalster	1			1	
Kräftdjur					
Sötvattensgråsuggor				1	
Märlkräftor				1	1
Insekter					
Svidknott	1				
Tofsmyggor	1	1	1		1
Fjädermyggor	4	3		6	5
Totalt	9	5	2	11	9
BQI	1	1	0	2	3

Bottenfaunasamhällets fördelning mellan de fem provplatser där bottenfauna tas hade sådan dominans av två grupper att övriga blir svåra att se i ett stapeldiagram som vi brukar visa dem. I tabell 3 går det att se vilka abundanser av bottenfauna det var även för de med lågt antal. I Görväln har individtätheten inte varit så hög sedan 2014 medan övriga lokaler hade ungefär samma tätheter som varit vanligt den senaste 10-årsperioden. Fortfarande saknas vitmärlorna. De har tidigare haft tätheter på 10 000 ind./m² i Görväln och 4000 ind./m² i Södra Björkfjärden (medianvärde 1969–2023).

Tabell 3. Bottenfaunasamhällets sammansättning fördelat på sex större grupper från provtagning i Mälaren september 2024.

Bottenfaunagrupp (ind./m ²)	Galten	Granfjärden	Ekoln	Görväln	Södra Björkfjärden
Ärtmusslor					47
Nematoder	126			32	
Fåborstmaskar	2960	1240	3910	11 700	4700
Vattenkvalster	16			16	
Kräftdjur				32	55
Insekter	3950	3570	700	79	253
Totalt (ind./m²)	7050	4810	4610	11 860	5060

4. Studentarbeten

Under 2024 gjordes fem studentarbeten med koppling till Mälaren och dess avrinningsområde. I referenslistan i slutet av rapporten finns länkar till pdf-filerna för dessa studentarbeten för den som vill läsa mer.

4.1 Hur påverkar väderförhållanden vattnet i Mälaren och hur påverkas dricksvattenproduktionen?

Josefin Knutas gjorde examensarbetet som avslutning på sin civilingenjörsutbildning i miljö- och vattenteknik i Uppsala. Hon fokuserade på hur lätt eller svårrenat råvattnet från Mälaren blir med ett varmare klimat som leder till mer extremt väder med fler skyfall, översvämningar och höga flöden men även långvarig torka och utfördes det via Norrvatten med Helene Ejhed som handledare. Eftersom det är extremt väder som troligtvis kommer att bli problematiskt för dricksvattenproduktionen använde Josefin långa tidsserier med data från vattenverket och miljöövervakningen för att hitta sådana episoder och jämföra med väderförhållanden. Vid höga koncentrationer av lerpartiklar och humusämnen krävs mycket aluminiumsulfat för att fälla ut dessa ämnen i flockningskammare och sedan låta dem sedimentera och på så sätt minska risken att det finns kvar humusämnen som kan ge oönskad tillväxt av bakterier och svampar i ledningsnätet. Extremperioder definierades som att minst två av parametrarna flöde, nederbörd, färg och turbiditet överskrider 99:e percentilen för en hel tidserie. Extremperioderna var:

- 2000–2001: färg, flöde och nederbörd
- 2008–2010: alla parametrar över 99:e percentilen
- 2013: extrem färg och turbiditet (isfri vinter 2012/2013)
- 2019–2020: extrema värden för flöde och turbiditet
- 2023–2024: färg, nederbörd och turbiditet,

Tidsserierna som användes började på mitten av 1960-talet men alla extremår är under 2000-talet. Till exempel ledde den milda vintern 2000 till maximalt flöde i december vilken följdes av maximal turbiditet i mars 2001 i Görväln och maximal turbiditet i råvattnet i maj 2001. Trots att mängden flockningskemikalier anpassas till hur råvattnets beskaffenhet överskrider vattenverkets interna krav (färgtal 6 mg

Pt/l) för humusämnen ofta under extremprioderna. Däremot klaras alltid kravet på dricksvatten på 15 mg Pt/l. Det finns i studien samband mellan långvarig nederbörd och extrema värden av färg och turbiditet. Även milda vintrar utan is verkar påverka. Det är främst vattenfärgen som leder till att vattenverkets interna krav inte klaras och trots att den procentuella reningen ökas med hjälp av mer tillsatta flockningskemikalier är det inte tillräckligt. Den uppåtgående trenden för humusämnen gör att denna parameter kommer fortsätta vara en utmaning för dricksvattenproduktion av hög kvalitet. (Knutas 2004)

4.2 Kunskapsläget för toxicitet och rening av cylindrospermopsin och anatoxin, två potenta gifter från vissa cyanobakterier

Två toxiner producerade av cyanobakterier förutses kunna bli mer problematiska i framtiden för att cyanobakterier gynnas av ett varmare klimat samt ökad urbanisering med mer påverkan från renat avloppsvatten. Gifter som produceras av vissa cyanobakterier är mycket giftiga och kan påverka både nervimpulser och orsaka skador på gener. De försvinner inte tillräckligt mycket med traditionella reningsmetoder av dricksvatten. **Amanda Zandberg** ville hitta mer information om hur effekten av gifterna cylindrospermopsin och anatoxin mäts på bästa sätt och sökte igenom Scopus-databasen med utvalda sökord.

Oxidativ stress från toxinerna mättes både in vitro och in vivo på liknande sätt genom att mäta ändringen i aktivitet hos så många som 11 olika enzymer som är inblandade i försvarsmekanismerna för den oxidativa stressen. Även indikatorer som produkter för cellens försvar kunde mätas som uppemot 8 olika ämnen där ROS (reaktiva syre och kväve föreningar) hade hög pålitlighet. Vissa ämnen som producerades vid försvarsmekanismer i cellen var oxidationsprodukter av DNA vilket visade att de även var genotoxiska. Övriga genotoxiska metoder mätte DNA-skador på olika sätt. Neurotoxiska metoder var främst observationstester av beteendeförändringar hos modellorganismerna som t.ex. onormalt simbeteende hos fisk. Analyser av fysiologiska förändringar hos hjärnvävnad användes också för att mäta neurotoxiska effekter. Båda cyanotoxinerna inducerade alla tre toxicitetssvar som studerades, dvs oxidativ stress, geno- och neurotoxicitet. Totalt sett verkade de lika giftiga även om cylindrospermopsin var mest potent om den togs in via vatten, mat eller blev injicerad, dvs. in vivo-test så verkade anatoxin mer potent vid in vitro-test. Att mäta oxidativ stress var den mest känsliga toxicitetsparametern följt av att mäta genotoxicitet och neurotoxicitet. Publicerade data visade att cylindrospermopsin gav högre potential att få utslag på test för oxidativ stress och genotoxicitet än vad anatoxin gav.

För reningstekniker av dessa toxiner i vatten fungerar membranfilter bra för båda men reningseffekten minskar över tid. Ozonbehandling i kombination med granulerat kolfilter fungerar också vilket publikationer från franska och tyska dricksvattenverk med dessa toxiner i råvattnet visar, men kolfilter är ganska dyra och används därför oftast när det även finns andra miljögifter som PFAS och liknande som behöver tas bort. Även sandfilter med biofilm fungerar som mest kostnadseffektiva lösningen.

Amanda hittar behov av mer standardisering av testmetoder samt fler in vivo studier av anatoxin eftersom studier av cylindrospermopsin dominerar. Hon ser vidare i den samlade litteraturen på området att det finns en hög önskan att mäta bredare fysiologisk påverkan för att kunna bedöma påverkan på människors hälsa. Amanda gjorde sin studie som ett kandidatarbete med Johan Lundqvist, SLU som handledare. (Zandberg 2024)

4.3 Vilka egenskaper hos skog utmed bäckar ger bra skydd för akvatiska organismer i jordbruksbäckar?

Sofia Bergström gjorde sitt kandidatarbete kopplat till forskningsprojektet CROSSLINK, med Brendan McKie, SLU som handledare, som vi tidigare presenterat resultat från. Hon undersökte vilka egenskaper i det terrestra området kring jordbruksbäckar, den sk. buffertzonen, som är bäst på att förbättra förhållandena i bäcken. Hon studerade jordbruksbäckar runt Ekoln. Om buffertzonen utformas rätt kan den minska skadliga ämnen från jordbruksmarken, ge skugga och detritus och öka biodiversiteten i bäcken. Hon fann att trädbevuxna buffertzoner var bäst på att öka biodiversiteten hos bottenfauna och kiselalger i bäcken, och att det var bättre ju längre och bredare de är. (Bergström 2024)

4.4 Har anlagda våtmarker runt Mälaren tillräckligt vattenhållande egenskaper i ett förändrat klimat?

Alina Leonie Kuehn studerade 10 anlagda våtmarker på norra sidan av Mälaren samt en på Färingsö för att med de klimatscenarier som finns samt mätningar av vattennivån direkt i dammarna kontinuerligt under 2023 ta reda på om de vattenhållande egenskaperna i dessa. Hon använde för detta en hydrologisk modell för avrinningsområden (PERSisT, Futter et al. 2024) som simulerar nederbörd, avdunstning och avrinning bland annat genom att kalibreras mot vattennivån. För att jämföra förändring i klimat användes år 1971–2000 som basperiod vilken jämfördes med klimatscenarier för 2041–2070 med de regionala scenarierna

RCP4.5 och RCP8.5 där 4.5 och 8.5 står för ökning av strålningskraften globalt i W/m^2 vilken sedan anpassas till regional skala. Med dessa modeller ökade medelnederbörden i de län som ingick (Stockholm, Uppsala och Västmanland) med 1,1–1,3 % och temperaturen med 2,0–3,8 °C. För att hitta extremer i nederbörd och vattennivå användes värden i datasetet som översteg 95:e percentilen. Tre av dammarna som hade olika hydrologiskt beteende valdes ut för klimatmodelleringen. Resultatet visade att PERSisT-modellen fungerade väl för konstruerade våtmarker även om den inte ursprungligen byggts för denna typ av vatten. Resultatet visade att dammarna inte reagerade så mycket på de två klimatscenarierna jämfört med basperioden. Bara om extremvärden för nederbörd användes i modellen hittades en tydlig effekt i dammarna och de fungerar då som en översvänningsreducerande hjälp i landskapet. Med metoden som Alina använde konstaterades att de typer av dammar som ingick i studien (fosfordammar och dammar för ökad biodiversitet i odlingslandskapet) fungerade väl för att utjämna flödet och buffra mot översvämning. I studien användes relativ vattennivå som en proxy för vattenhållande förmåga och buffertkapacitet vilket inte i studien kunde konfirmeras med oberoende mätningar av alternativa parametrar vilket Alina föreslår att man utvecklar i kommande forskning inom området.

Alina gjorde sin studie som ett masterarbete inom programmet EnvEuro – European Master in Environmental Science med Emma Lannergård, SLU och Joachim Ingwersen, University of Hohenheim som handledare. (Kuehn 2024)

4.5 Hur varierar näringsämnesförluster i sju jordbruksområden nära Mälaren?

Sally Bondesson studerade näringsämnesförluster från sju Mälarnära jordbruksområden genom att analysera mätningar av fosfor- och kvävehalter som länsstyrelsen i Västmanland genomfört i samarbetet med EU-projektet Life IP Rich Waters. Dessa data kombinerades med tillgängliga vattenflöden för att beräkna belastningen för de sju områdena med både simulerade (S-HYPE) och uppmätta (typområden på jordbruksmark) vattenflöden. Förutom en jämförelse av belastningen mellan de sju områdena studerades också markanvändningens och jordartssammansättningens påverkan på näringsämnesförluster. Dessutom testades i tre av områdena våtmarkernas potential att minska fosforbelastningen.

Resultatet visar ett starkt positivt samband mellan andel jordbruksmark i avrinningsområdet och halter av både kväve och fosfor. Dessutom ledde en högre andel lerjordar i avrinningsområdet till högre fosforhalter i bäcken. Vattenmyndigheterna har beräknat ett beting för varje vattenförekomst baserat på resultaten från S-HYPE modellen. Betinget är den mängd fosfor som antas behöva

minska för att vattendraget ska uppnå eller bibehålla god ekologisk status. De modellerade halter av fosfor och även vattenföringen visade sig vara något högre än uppmätta, och gav 2–53 % högre modellerad belastning. Det kan i sin tur försämra möjligheterna att uppnå beting med den lägre uppmätta belastningen. Väl placerade våtmarker kan vara en effektiv åtgärd i dessa områden men fler åtgärder behövs för att nå hela betinget i avrinningsområden med högre belastning.

Sally gjorde sin studie som ett magisterarbete inom markvetenskap på Institutionen för mark och miljö, SLU med Faruk Djodjic, SLU och Oscar Lidbeck, Länsstyrelsen Västmanland som handledare. (Bondesson 2024)



2024 års exjobbssamlade frontsidor. Bild: Stina Drakare, SLU

5. Resultat från forskningsprojekt

Under 2023 och 2024 startades många projekt upp på SLU som kan vara intressanta ur ett Mälarperspektiv. Vi får dock vänta några år innan resultaten börjar komma ut från dem. Under 2024 var det en avhandling samt en syntesrapport om hur vi skräpar ner miljön på olika sätt som kan vara av intresse i ett Mälarperspektiv. I referenslistan finns länkar till originalpublikationerna för den som vill läsa mer.

5.1 Mikroplasters effekter på mikrober och små bottenlevande djur

Mälaren är påverkad av mikroplaster som visats i tidigare övervakningsinsatser. Den 19 september 2024 försvarade **Ze Hui Kong** sin avhandling (Kong 2024) där han studerat mikroplasters effekter på det akvatiska ekosystemet i form av partikelätande fjädermyggor, lövätande isopoder och biofilmsätande sniglar. Även mikrober inkluderades i studien som dels använde rena plastpartiklar (polyetentereftalat, PET) av olika form och storlek, dels den under covidpandemin tillkommande plastnedskräpningen i naturen av kirurgansiktsmasker av polypropen (PP) vilket jämfördes med nedbrytning av hyvelspån som är ett naturligt svårnedbrytbart material. Mikroplasterna påverkade mikrosamhällena som i sin tur påverkade djuren. Den mikrobdrivna respirationen minskade och det påverkade fjädermyggor som inte tillväxte lika bra. Effekten ökade vid uppvärmning. Rena mikroplaster minskade särskilt biomassan av svampar, vilka är viktiga lövnedbrytare. Plasttillsatserna i lakvattnet från ansiktsmaskerna verkade däremot kunna stimulera nedbrytningen av cellulosa i fältstudien, vilket gjorde att både ansiktsmasker och hyvelspån bröts ner bättre än rena plaster utan tillsatser. Den naturliga variationen av olika processer i naturliga system är så stor att effekten av mikroplaster blir mindre än vad resultaten från rena laboratoriestudier visar för just de ingående organismtyperna.

5.2 Är renat avloppsvatten en giftfri och hållbar resurs för framtiden?

Under 2022–2024 fick fyra projekt medel från Naturvårdsverket för att ta fram synteser om avloppsvatten och övergödning. Detta för att återanvändning och återvinning är viktigt inom hållbar vattenanvändning för att nå miljömål och förbättra miljöns tillstånd. Samtliga fyra syntesrapporter är publicerade på svenska

(<https://www.naturvardsverket.se/om-miljoarbetet/forskning/miljoforskning/forskningssatsningar-samhalle/synteser-om-avloppsvatten-och-overgodning/>). **Foon Yin Lai**, SLU ledde projektet, REASSURE, som skrev en syntes om möjligheter för renat avloppsvatten att vara en användbar resurs i framtiden (Khan et al. 2024). Målen var:

- Identifiera faktorer som påverkar eller bestämmer graden av återanvändning av avloppsvatten och slam i olika länder;
- Beskriva det aktuella läget för återanvändning av avloppsvatten i Sverige och förekomst av farliga föroreningar som hinder för återanvändning;
- Utvärdera effektiviteten hos olika avancerade behandlingstekniker mot farliga föroreningar för bättre vattenkvalitet i utgående (renat) avloppsvatten;
- Bedöma risker för miljö- och hälsoeffekter i samband med användning av avloppsvatten som en resurs.

Den globala återanvändningen är ca 41 miljarder m³/år vilket motsvarar ca 11 % av det producerade avloppsvattnet. Länder i torra områden har mycket hög återanvändning av avloppsvatten (89–100%) medan länder med hög tillgång på vattenresurser eller låga reningsnivåer återanvänder lite. Till exempel återanvänds endast 1% av det i Sverige producerade avloppsvattnet. Globalt är det främst till bevattning som det renade avloppsvattnet används vilket gör att det är viktigt att det är tillräckligt rent. Kemikalier är ett hinder för återanvändning och projektet tog fram kriterier och rangordning av ekologiska risker och faror för människa och miljö för 119 kemikalier.

De visade att det är viktigt med källspårning uppströms för att ta fram metoder för att minska produktionen av kemikalier som når avloppsvatten i kombination med bättre lokal hantering så att de ej når kommunala reningsverk. För att nå tillräcklig rening av avloppsvattnet behöver man lägga på ozonering och aktivt kol i olika kombinationer för att nå tillräckligt hög reningsgrad samt att lägga till filtrering för att få bort partiklar som mikroplaster.

Referenser

- Bergström A-K, Creed IF, Paltsev A, de Wit HA, Lau DCP, Drakare S, Vrede T, Isles PDF, Jonsson A, Geibrink E, Kortelainen P, Vuorenmaa J, Vuorio K, Kahilainen KK & Hessen DO (2024) Declining calcium concentration drives shifts toward smaller and less nutritious zooplankton in northern lakes. *Global Change Biology*, 30, e17220. <https://doi.org/10.1111/gcb.17220>
- Bergström S (2024) Buffering in the riparian zone. Which attributes of forest buffers contribute to improving health och agricultural streams. Självständigt arbete 15 hp. SLU, Uppsala.
https://stud.epsilon.slu.se/20030/1/Sofia_Bergstrom_Buffering_in_the_riparian_zone.pdf
- Bjelke U (2024) Invasion av främmande kräftdjur i Mälaren och Vättern. SLU Artdatabanken rapporterar 33. Uppsala: SLU Artdatabanken.
https://www.artdatabanken.se/globalassets/ew/subw/artd/6-publikationer/43--kraftdjur/klar_invasion_frammande_kraftdjur.pdf
- Bondesson S (2024) Näringsförluster från sju jordbruksområden nära Mälaren. Examensarbete/Självständigt arbete 30 HP Sveriges lantbruksuniversitet, SLU Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap/ Institutionen för mark och miljö Agronomprogrammet – Mark/växt 2024:04
<https://stud.epsilon.slu.se/19790/1/Bondesson-S-240320.pdf>
- Grandin U & Larson D (2007) Riskanalys och metodik för övervakning av vandrarmussla (*Dreissena polymorpha*). SLU Miljöanalysrapport 2007:26. ISSN 1403-977X.
<https://pub.epsilon.slu.se/35785/1/grandin-u-et-al-20241127.pdf>
- Khan UA, Stålsby Lundborg C, Ahrens L, Wiberg K, Sonesten L, von Brömsson C & Yin Lai F (2024) Att återanvända eller inte: är renat avloppsvatten en giftfri och hållbar resurs för framtiden? (REASSURE) Risker förknippade med farliga föroreningar vid återanvändning av avloppsvatten och hur de kan minskas. Naturvårdsverket Rapport 7173, ISBN 978-91-620-7173-8.
<https://naturvardsverket.diva-portal.org/smash/get/diva2:1923412/FULLTEXT01.pdf>
- Knutas J (2024) Hur påverkar väderförhållanden färgtalet och turbiditeten i Mälaren och hur påverkas dricksvattenproduktionen vid Görvälnverket? Examensarbete 30 hp. Uppsala universitet & SLU. UTEC W 24031. ISSN 1401–5765.
<https://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1879616/FULLTEXT01.pdf>
- Kong ZH (2024) Microplastics in freshwater ecosystems. Effects and drivers. Faculty of Natural Resources and Agricultural Science, SLU. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae Doctoral thesis no. 2024:63.
<https://pub.epsilon.slu.se/34831/1/kong-z-h-20240826.pdf>

- Kuehn, AL (2024) Modelling waters target capacity in small, constructed wetlands – today and in the future. EnvEuro-European Master in Environmental Science, SLU. https://stud.epsilon.slu.se/20432/1/kuehn_a_20240820.pdf
- Lundberg S & von Proschwitz T (2007) Mälarens stormusselfauna. Resultat från inventeringar längs Mälarens stränder. PM från Naturhistoriska riksmuseet 2007:2. Naturhistoriska riksmuseets småskriftserie ISSN: 0585-3249.
- WHO (2003) Guidelines for Safe Recreational Water Environments: Coastal and Fresh Waters. Volume 1. Coastal and fresh waters.
<https://www.who.int/publications/i/item/9241545801>
- Zandberg A (2024) Literature review of the toxicity of naturally occurring cyanotoxins of drinking water relevance. Examensarbete 15 hp. SLU, Uppsala.
<https://stud.epsilon.slu.se/20120/1/zandberg-a-20240624.pdf>

Bilaga 1 Provplatser i Mälaren 2024

Lista över 33 aktiva provtagningsplatser i Mälaren sorterade från väst och norr till sydost och utloppet i Stockholm. Vattenförekomstnamn samt information om hur ofta provtagningen (antal gånger per år) sker för fysikalisk-kemiska variabler (Fys-kem), växtplankton (VP), djurplankton (ZP), och bottenfauna (BF). Med frekvens 0,5 menas att provtagning sker vartannat år.

Provplatsnamn (sedan 2017)	Vattenförekomstnamn	Fys-kem	VP	ZP	BF
Köpingsviken	Mälaren - Köpingsviken	1			
Galten	Mälaren - Galten	6	5	4	1
Brobyviken	Mälaren - Brobyviken	1	0,5		
Freden	Mälaren - Freden	1			
Väsbyviken	Mälaren - Väsbyviken	1	0,5		
Blacken	Mälaren - Blacken	6	0,5		
Västeråsfjärden	Mälaren - Västeråshamn	6	0,5		
Västeråsfjärden S	Mälaren - Västeråsfjärden	1	0,5		
Granfjärden	Mälaren - Granfjärden	6	5	4	1
Sörfjärden	Mälaren - Sörfjärden	1	0,5		
Oxfjärden	Mälaren - Oxfjärden	1	0,5		
Strängnäs-fjärden	Mälaren - Gisselfjärden	1	0,5		
Ulvhällsfjärden	Mälaren - Tynnelsöfjärden	6			
Svinnegarnsviken	Mälaren - Arnöfjärden	6			
Arnöfjärden	Mälaren - Arnöfjärden	1	0,5		
Marielunds-fjärden	Mälaren - Marielunds-fjärden	1	0,5		
Gripsholmsviken	Mälaren - Gripsholmsviken	1	0,5		
Prästfjärden	Mälaren - Prästfjärden	6			
Södra Björkfjärden	Mälaren - Prästfjärden	6	5	4	1
Långtarmen	Mälaren - Långtarmen	1	0,5		
Rödstensfjärden	Mälaren - Rödstensfjärden	1			
Stora Ullfjärden	Mälaren - Stora Ullfjärden	1	0,5		
Gorran	Mälaren - Gorran	1	0,5		
Lärstaviken	Mälaren - Lärstaviken	1	0,5		
Ekoln	Mälaren - Ekoln	6	5	4	1
Skofjärden	Mälaren - Skofjärden	1	0,5		
Garnsviken	Mälaren - Garnsviken	1			
Skarven	Mälaren - Skarven	6			
Görvåln	Mälaren - Görvåln	6	5	4	1
Hillehögsviken	Mälaren - Hillehögsviken	1	0,5		
Fiskarfjärden	Mälaren - Fiskarfjärden	1			
Ulvsundasjön	Mälaren - Ulvsundasjön	1			
Årstaviken	Mälaren - Årstaviken	1			

Bilaga 2. Elva provplatser ytttemperatur 2024 jämfört med två 30-årsperioder

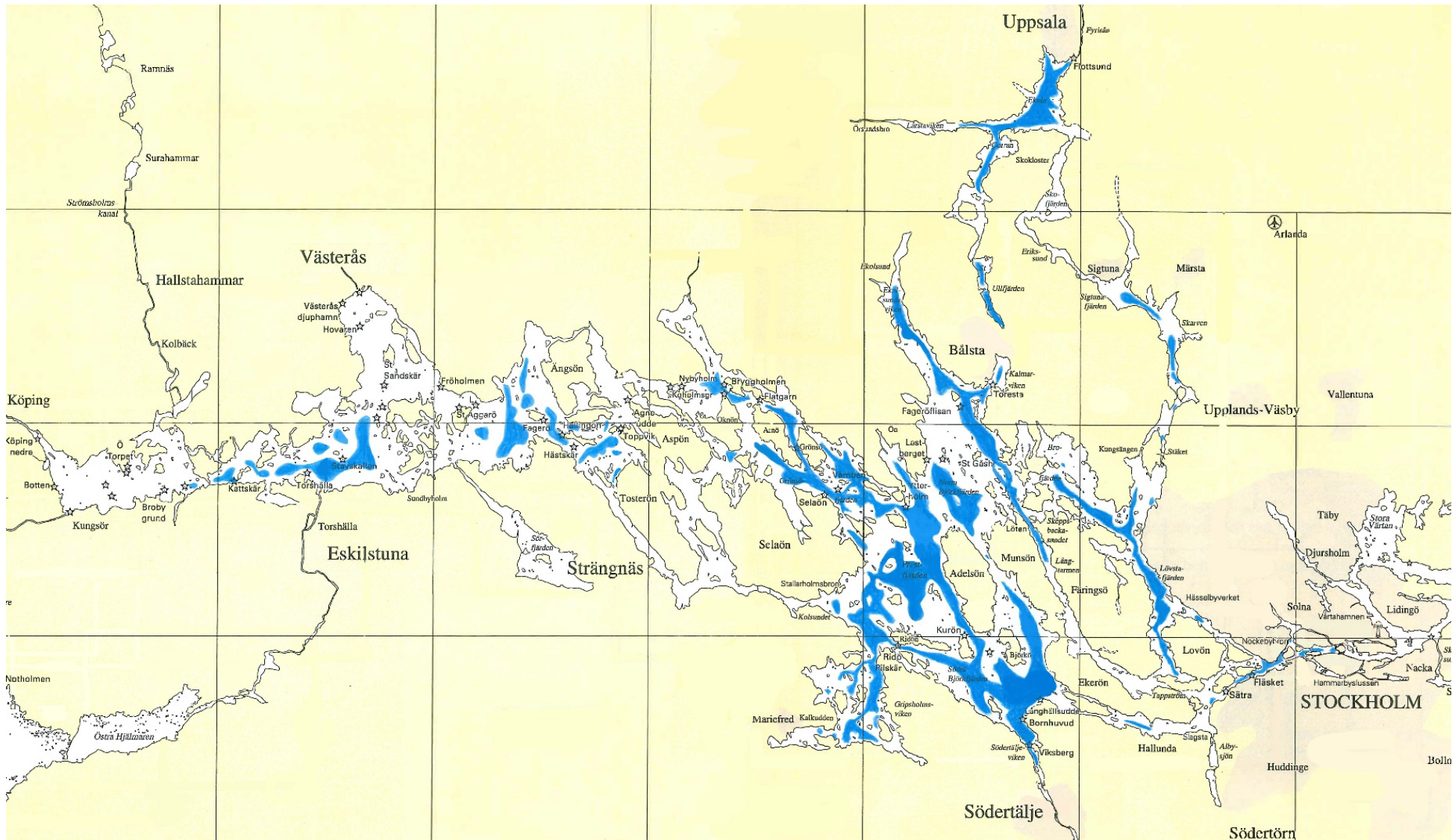
Ytvattnets temperatur i Mälaren under 2024 jämfört med två normalperioder på vardera 30 år. Data från 11 provplatser med längsta tidsserierna. * Denna tidsserie har endast 10 år med data.

Ökningar på 3 grader och högre visas i **ljusrött** och alla minskningar visas i **blått**

Provplats		1964–1993	1994–2023	2024	Skillnad mot 1964–1993	Skillnad mot 1994–2023
01 Galten	Feb/Mar	0,8	1,0	0,5	-0,3	-0,5
	Maj	11,2	13,0	18,4	7,2	5,4
	Jul	19,0	20,2	22,0	3	1,8
	Aug	18,2	19,6	20,2	2	0,6
	Sep	14,0	14,7	17,5	3,5	2,8
02 Blacken	Feb/Mar	0,7	0,7	0,0	-0,7	-0,7
	Maj	8,6	11,0	13,0	4,4	2
	Jul	18,2	19,4	22,1	3,9	2,7
	Aug	17,9	19,5	20,6	2,7	1,1
	Sep	15,1	15,7	17,1	2	1,4
03 Västeråsfjärden N	Feb/Mar	1,2	0,8	0,3	-0,9	-0,5
	Maj	10,5	11,9	18,1	7,6	6,2
	Jul	19,1	20,5	22,1	3	1,6
	Aug	18,5	20,0	20,9	2,4	0,9
	Sep	14,8	15,4	17,6	2,8	2,2
04 Granfjärden	Feb/Mar	0,8	0,8	0,4	-0,4	-0,4
	Maj	9,2	10,9	14,0	4,8	3,1
	Jul	18,4	19,8	21,4	3	1,6
	Aug	18,5	19,7	19,3	0,8	-0,4
	Sep	15,0	15,7	17,7	2,7	2
05 Svinnegarnsviken	Feb/Mar	0,9	0,8	0,6	-0,3	-0,2
	Maj	10,8	11,9	14,9	4,1	3
	Jul	17,9	20,2	22,1	4,2	1,9
	Aug	17,9	20,0	20,1	2,2	0,1
	Sep	14,3	15,0	17,6	3,3	2,6
06 Ulvhällsfjärden	Feb/Mar	*1,5	0,9	0,7	-0,8	-0,2
	Maj	10,1	12,3	9,9	-0,2	-2,4
	Jul	19,0	20,3	22,0	3	1,7
	Aug	18,5	20,0	19,5	1	-0,5
	Sep	14,7	15,7	18,2	3,5	2,5

Provplats		1964–1993	1994–2023	2024	Skillnad mot 1964–1993	Skillnad mot 1994–2023
07 Prästfjärden	Feb/Mar	0,7	0,8	0,7	0	-0,1
	Maj	6,8	9,6	12,2	5,4	2,6
	Jul	17,7	19,4	21,7	4	2,3
	Aug	17,7	19,5	19,2	1,5	-0,3
	Sep	14,5	15,2	17,0	2,5	1,8
08 Södra Björkfjärden	Feb/Mar	0,8	0,9	0,6	-0,2	-0,3
	Maj	6,5	9,0	7,1	0,6	-1,9
	Jul	17,9	18,9	19,5	1,6	0,6
	Aug	17,8	19,3	18,4	0,6	-0,9
	Sep	14,7	15,5	17,0	2,3	1,5
09 Ekoln	Feb/Mar	1,0	1,1	0,4	-0,6	-0,7
	Maj	7,8	9,7	12,2	4,4	2,5
	Jul	18,8	19,9	21,7	2,9	1,8
	Aug	18,4	19,8	20,0	1,6	0,2
	Sep	14,7	15,1	16,9	2,2	1,8
10 Skarven	Feb/Mar	1,0	1,2	0,8	-0,2	-0,4
	Maj	9,0	10,6	9,3	0,3	-1,3
	Jul	19,1	20,4	22,0	2,9	1,6
	Aug	18,7	19,9	19,5	0,8	-0,4
	Sep	14,9	15,6	16,9	2	1,3
11 Görväln	Feb/Mar	1,0	1,0	0,7	-0,3	-0,3
	Maj	7,7	9,8	11,2	3,5	1,4
	Jul	18,6	19,9	22,2	3,6	2,3
	Aug	18,3	19,8	19,6	1,3	-0,2
	Sep	15,0	15,4	17,4	2,4	2

Bilaga 3. Karta över Mälarens bottnar djupare än 20 m



Djupinformationen är från sjökort och underlagskarta är en modifierad översiktskarta från sjökort över Mälaren från Sjöfartsverket