



Rapport

Diarienummer
NV Rapport 2020-02

Projektnummer
Utredningsprojekt

Mälarens framtida vattenkvalitet

Syntesrapport

Helene Ejhed
Norrvatten

2020-02-19



Foto: Helene Ejhed, Mälaren-Görväl februari 2020.

Sammanfattning

I detta arbete har nuläget, trender, drivkrafter och prognoser för Mälarens vattenkvalitet idag och i framtiden sammanställts från dagens kunskap med expertstöd från SLU, SMHI, IVL och Chalmers.

- **Trender och prognoser för Mälaren pekar på en svag ökning i halt naturligt organiskt material, samt högre mikrobiell och kemisk belastning framöver.**
- **Prognoserna pekar på snabbare variationer i flöden och halter av ämnen i framtiden.**
- **Fler riskhändelser förväntas i framtiden, med utsläpp av mikrobiella och kemiska föroreningar samt algblomning med bildning av algtoxiner.**

Trender för status Mälaren		
Naturligt organiskt material (humus, färg)	↗	Uppvisar stora variationer beroende på flöden (nederbörd), men har haft en uppåtgående trend sett över längre tid pga minskad försurning. Kan störa desinfektionsprocesser i vattenproduktionen och kan ge biprodukter samt störa nya processer i framtiden.
Temperatur	↗	Ger kraftigare skiktning i sjön med risk för syrebrist i bottenvatten, ökad risk för algblomning i ytvatten, och problem på ledningsnät pga ökad tillväxt av bakterier
Övergödning	→	Förbättrad rening har medfört lägre fosforhalter, men risk för uppåtgående trend i samband med ökad befolkning kring Mälaren.
PFAS	→	Mälaren är påverkad av PFAS, dock långt under riktvärdet. Har legat på relativt konstant nivå sedan mätningar påbörjades 2010.
Bekämpningsmedel	↗	I jordbrukets klimatanpassning förväntas användning av bekämpningsmedel att öka
Läkemedelsrester	→	Läkemedelsanvändningen har ökat över tid och befolkningen förväntas öka. Dock förväntas reningsverk på sikt bygga ut rening.
Riskhändelser		
Utsläpp bränslen	↗	Ökad risk på grund av ökad sjöfart och trafik runt Mälaren
Algtoxiner	↗	Ökad risk för algblomningar som producerar toxiner i ytvattnet
Bräddningar (utsläpp av orenat avloppsvatten)	↗	Ökar om det blir fler kraftiga skyfall. Ger ökad risk för spridning av mikrobiell smitta och kemisk förorening
Mikrobiell smitta från strandbete, avloppsdammar, dagvatten	↗	Ökar med ökad ytavrinning, ökar genom uppkoncentrering i tillflöden under torrperioder som sköljs ut vid skyfall.
Ökad exploatering runt Mälaren	↗	Risk för ökade utsläpp från hårdgjorda ytor, risk för utsläpp vid anläggningsarbeten, ökad användning av förorenad mark
Saltvatteninträngning pga havsnivåhöjning	↗	Risk på lång sikt (år 2100) om inte åtgärder vidtas

Status och riskhändelser med fet stil är prioriterade för Norrvatten på kort sikt.

Norrvatten är starkt beroende av att andra aktörer tar ansvar och gör åtgärder:

- Åtgärder på avloppsreningsverken för att minska utsläppen av läkemedelsrester kommer att ha en mycket positiv effekt med minskande halter i Mälaren-Görvån.
- Åtgärder för säker sjöfart
- Åtgärder för att klimat- och sårbarhetssäkra det kommunala dagvatten- och avloppsvattensystemet för att minska oavsiktliga avloppsutsläpp och utsläpp av dagvatten.
- Åtgärder för att begränsa belastning av mikrobiell smitta, näringsämnen, humus och bekämpningsmedel från jordbruksmark, skogsmark och strandbete.

Förord

Denna syntesrapport har sammanställts från delrapporter, data och litteratursammanställningar som tagits fram i tidsbegränsade förstudier på uppdrag av Norrvatten samt från publicerade rapporter, vägledningar och information på hemsidor för nationella och regionala myndigheter. Rapporterna är en utgångspunkt för inriktningsbeslut för Norrvattens framtida vattenproduktion, men kunskapen om effekter från framtida klimatförändringar utvecklas kontinuerligt. Norrvatten bör därför fortsätta att bevaka och driva projekt som leder till ökad kunskap och prognoser om Mälaren som dricksvattentäkt. Norrvatten vill rikta ett stort tack för värdefulla kunskapsbidrag och fakta till Stephan Köhler, Claudia von Brömssen, och Eva Willén SLU; Katarina Hansson, Sofie Hellsten, Hanna André IVL; Johan Temnerud SMHI; Ekaterina Sokolova Chalmers. Stort tack rikas även till Daniel Hellström, Norrvatten, för värdefulla bidrag till sammanfattningen.

Innehåll

1. Klimatförändringar och regional utveckling	4
1.1. Sjöfarten på Mälaren	7
1.2. Avloppsreningsverk.....	8
1.3. Påverkan från climateffekter och den regionala utvecklingen	9
2. Kemiska basparametrar i Mälaren	10
3. Växtplankton (alger) i Mälaren	11
4. Mikrobiell smittspridning	13
5. Kemiska miljöföroreningar	13
6. Jämförelse med dimensionerande förutsättningar	15
7. Uppströmsåtgärder behövs	16
8. Referenser	17

1. Klimatförändringar och regional utveckling

Mälarenregionen och Mälarens vattenkvalitet står inför stora förändringar på grund av drivkrafter från klimatförändringen och den regionala utvecklingen. Klimatförändringarna förutspås medföra följande påverkan avseende Mälarens hydrologiska förhållanden:

- Avrinningen från mark och tillrinningen av vatten till sjön kommer att bli större vintertid och mindre sommartid.
- Mer intensiva skyfall väntas inträffa oftare. Den framtida ökningen av volymerna beräknas ligga mellan 10% och 40%.
- Växtsäsongen kommer att förlängas med ca 40 dygn i Mälardalsregionen från 2000 till år 2050¹.
- Temperaturen kommer att bli högre och antalet dagar med isläggning kommer att bli färre och det kommer troligen bli flera helt isfria år i framtidens klimat (Tabell 1):

Tabell 1. Modellerad vattentemperatur och is i östra Mälaren under referensperioden 1997–2015 jämfört med två framtidsscenarioer för perioden 2032–2050 och 2080–2098. Källa: Stensen m.fl., SMHI (2017).

	Period 1997–2015	Period 2032–2050		Period 2080–2098	
		RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Medeltemperatur ytvatten (°C)	9,0	+0.5	+1.0	+1,5	+2,5
Medeltemperatur bottenvatten (°C)	5,5	+0.5	+0.5	+0,5	+1,5
Max temperatur bottenvatten (°C)	13,0	+0.5	+0.5	+1,0	+2,0
Antal dagar/år med en medeltemperatur i ytvatten >20 °C	37	+16	+18	+27	+49
Antal dagar/år med is	77	-28	-27	-38	-61
Antal år med is	19 av 19	18 av 19	18 av 19	17 av 19	14 av 19

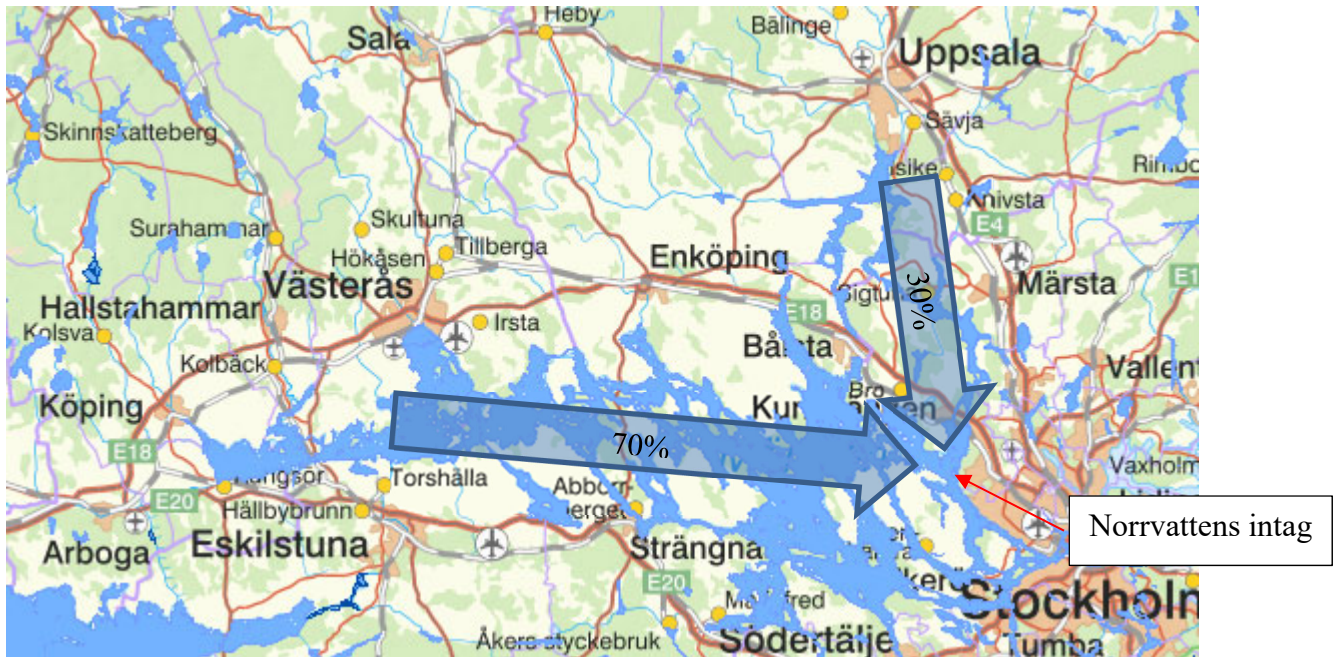
- Temperaturförändringarna medför tydligare skiktning av vattnet och mindre vattenutbyte mellan ytvatten och bottenvatten², vilket innebär större risk för syrefria bottenar speciellt i djupa näringsrika bassänger som Ekoln (se miljöövervakning år 2018³).
- I det långsiktiga perspektivet >år 2100 så är risken för saltvatteninträngning i Mälaren på grund havsnivåhöjningen fortsatt stor.
- Slussen i Stockholm byggs om för att minska riskerna med havsnivåhöjningen och för att minska variationerna i vattennivåerna i Mälaren. Men på mycket lång sikt så kommer riskerna åter. Senaste IPCC klimatrapporten (dec 2019) visar att havsnivåhöjningen går snabbare än tidigare prognosticerats, men vad det innebär avseende risken för saltvatteninträngning i Mälaren har ännu inte analyserats.
- Ombyggnad av Slussen innebär att klimatförändringens effekter på Mälarens högsta och lägsta vattennivåer mildras och regleringarna väntas fungera till 2050.

¹ Asp m.fl. SMHI rapport klimatologi 21 2015, Framtidsklimat i Stockholms län - enligt RCP-scenarier

² Eklund m.fl., SMHI 2018

³ Wallman m.fl., SLU 2019

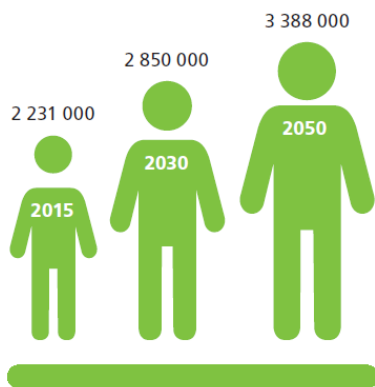
Norrvattens råvatten i Mälaren – Görvåln utgörs av en blandning av vatten med ca 70% från västra Mälaren och ca 30 % från norra Mälaren (Figur 1). Vattnet från norra Mälaren har dock något högre densitet än vattnet från västra Mälaren och hamnar till större del i djupvattnet där Norrvattens intag ligger mesta delen av året (utom vid isläggnig). Tillrinningen till norra Mälarens vatten är framförallt från Uppsala regionen. Utvecklingen i regionerna runt Mälaren har betydande påverkan på råvattenkvaliteten i Mälaren.



Figur 1 Vattenflöden till Mälaren-Görvåln. Källa bakgrundskarta: Vattenkartan, Länsstyrelsen.

Regionerna runt Mälaren har tagit fram utvecklingsplaner eller utvecklingsstrategier som alla pekar i samma riktning; på en stor tillväxt med ökande behov av bostäder och infrastruktur för arbetspendling och godstransporter.

Befolkningen runt Mälaren förväntas öka betydligt med den största tillväxten i Stockholms län. I Stockholms län förutspås befolkningen växa från ca 2 miljoner personer år 2017 till ca 3 miljoner personer år 2050 (Figur 2) och runt 5 miljoner år 2100 (Regional vattenförsörjningsplan för Stockholms län).



Figur 2 Befolkningsutveckling i Stockholmsregionen, Figur: RUF5 2050

Uppsala regionen (Regional utvecklingsstrategi för Uppsala län, RUS 2017) förutspår en befolkningsökning med ca 173 000 personer från 2015 till 2050 och ytterligare 69 000 personer i dagsysselsättning i det höga scenariot Tabell 2:

Tabell 2 Befolkningsutveckling i Uppsala län (RUS 2017)

	Befolkning			Sysselsättning dagbefolkning		
	2015	2050	Förändring	2013	2050	Förändring
Basscenario	354 000	477 000	+123 000	148 000	195 000	+47 000
Högscenario	354 000	527 000	+173 000	148 000	217 000	+69 000

Generellt förväntas förtätning av redan tätbefolkade områden i hela Mälardalsregionen. T.ex. i Uppsala förväntas befolkningen öka i centrala Uppsala med 70% och 30% på landsbygden, vilket innebär att tätorten kommer att både spridas och förtätas. Man ser fördelar och en nödvändighet med att lägga om till mer klimatsmarta mobilitetslösningar som cykling och kollektivtrafik, vilket blir mer effektivt vid en samlokalisering av boende, arbetsplatser, handel och service (Mälardalsrådet En bättre sats 2017). Infrastrukturen med kollektivtrafiken förväntas att ta allt större andel av trafikflödet.

När det gäller storregionala transportsystem pekar både den storregionala samverkan i Mälardalsrådet ("En bättre sats 2017") och de enskilda regionerna ut behovet av utveckling av både järnväg och sjöfart. Infrastruktursatsningarna ses som en lösning på de konstaterade ökande godstransporterna och de ökade behoven av sammanlänkning av städerna runt Mälaren för att förbättra pendlingsmöjligheterna och därmed arbetskraftsfördelningen.

RUS Uppsala län;

"Fler tunga transporter ska kunna ske med andra trafikslag än väg. En betydligt större del av lågvärdigt och icke tidskritiskt gods bör kunna transporteras sjövägen. Med Mälaren som nav inom Stockholm–Mälardalen kan ökad distribution på vattenvägar ge bättre möjligheter för varuförsörjning med minskad klimatpåverkan."

Exploateringen innebär att markanvändningen förändras så att andelen hårdgjorda ytor ökar och exploateringen innebär en ökning av utsläpp till luft, avloppsvatten och dagvatten av de

kemikalier som används i samhället⁴. I dagsläget finns ett stort behov av ytor för byggande av bostäder och verksamheter, vilket innebär att markområden som tidigare inte utnyttjats, som förorenade markområden, nu blir mer intressanta. Regeringen har därför avsatt 260 miljoner kronor årligen för bidrag till sanering av förorenad mark för bostadsbyggande⁵. Sanering kan minska utsläppen av föroreningarna från mark och sediment på lång sikt om dessa läcker ut kontinuerligt. Men vid saneringsarbetet sker en större exponering av förorenad mark och sediment tillfälligt, vilket kan medföra att föroreningarna kan frigöras och transporteras till vattenmiljön och valet av efterbehandlingsmetod är viktigt för att begränsa spridningen (Naturvårdsverkets vägledning om förorenad mark⁶ och HaV rapport 2018:19). Exploateringen medför därmed risk för ökade utsläpp av dagvatten från hårdgjorda ytor, risk för utsläpp vid anläggningsarbeten, risk för utsläpp vid sanering av förorenad mark. Klimatförändringen medför förändrade nederbördsmonster och dess effekter på utlakning av föroreningar från förorenad mark är oklar i dagsläget. Klart är dock att mer frekventa skyfall kommer att öka de tillfälliga vattenmängderna i urbana miljöer och öka utsläppen från dagvatten. Det höjer kraven på klimatanpassning av den bebyggda miljön, vilket görs framförallt för att undvika översvämningar men anpassningarna kan också begränsa utsläppen⁷.

Samtidigt som det sker en regional utveckling med en stor befolkningsökning förutspår Uppsala län att produktionsvärdet från jordbruks- och trädgårdssektorn ska öka 20 procent fram till år 2030.

1.1. Sjöfarten på Mälaren

Sjöfarten förväntas öka av gods- och persontransporter på Mälaren enligt de regionala planerna, samtidigt som det finns många fritidsbåtar på Mälaren. Ungefär 3000 lastfartyg och 9000 fritidsbåtar passerar varje år in/ut i Mälaren via Södertälje kanal och sluss (Sjöfartsverkets hemsida). Många fler fritidsbåtar finns troligen i Mälaren. Ökad sjöfart leder till ökade risker för olyckor med oljespill, spill av lastrester, fartygsavfall, toalettavfall, barlastvatten med införsel av invasiva arter och skadliga båtbottnfärger eller indirekt genom luftutsläpp med nedfall på Mälaren (exempelvis kol-, svavel- och kväveoxid). De största riskerna med sjöfarten för Mälaren som dricksvattentäkt bedöms vara olyckor med oljespill och brand på fartyg.

Oljespill (eller snarare bränslespill) innebär spridning och risk för förorening med framförallt stark lukt och smak i vattnet samt inlösning i vattnet av kolväten, som utgörs av cancerframkallande ämnen som bensen och PAHer. Genom reglering för att minska sjöfartens luftutsläpp av svavel så har nya typer av bränslen introducerats, så kallade hybridoljor. Dessa har egenskaper som gör dem svårare att sanera vid spill för Kustbevakningen och hybridoljorna har ibland sjunkit innan sanering varit möjlig. Inlösning av hybridoljornas föroreningar i vatten och spridning av toxiska ämnen är relativt okänd i

⁴ T.ex. <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhalltet/Miljoarbete-i-Sverige/Regeringsuppdrag/Redovisade-2017/Analysera-kunskapslaget-for-dagvattenproblematiken/>

⁵ <https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Bidrag/Efterbehandling-infor-bostadsbebyggelse/>

⁶ <https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledningar/Foroerade-omraden/>

⁷ <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhalltet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Fysisk-planering-hallbar-utveckling/Planera-for-klimatanpassning/>

dagsläget. Svårigheterna med sanering av hybridoljorna och att deras påverkan på miljön och på dricksvattenkvaliteten är okända skapar en stor oro för vilka konsekvenserna kan bli vid en större spillolycka. Lukt, smak samt hälsofarliga ämnen som bensen och PAH'er är reglerade med gränsvärden enligt Livsmedelsverkets föreskrifter för dricksvatten. SVOA och Norrvatten prioriterar därför arbete med tidiga varningssystem för oljespill under 2020. Utöver oljespill har brand på fartyg och släckning med brandskum innehållande PFAS identifierats som en stor risk för dricksvattenkvaliteten i Mälaren. Brandbekämpning på internationella fartyg regleras genom internationella regler och innebär att fartygen måste ha sprinklersystem som kan sprida ut stora mängder brandskum på kort tid, både på fartyget och på vattenytan runt fartyget. PFAS ämnena bryts inte ner i miljön, de är skadliga för människors hälsa och de kan ackumuleras i kroppen. Rekommendationer om PFAS halten i dricksvatten finns i dagsläget genom riktvärden från Livsmedelsverket. Nya gränsvärden har nyligen tagits fram genom revidering av EUs dricksvattendirektiv och innebär att PFAS kommer att regleras som ett gränsvärde för 26 st PFAS ämnen med total summa 100 ng/l. Det kan jämföras med dagens gällande riktvärde enligt Livsmedelsverket för 11 st PFAS ämnen total summa 90 ng/l. Dessutom reviderar EUs myndighet för livsmedels säkerhet, EFSA, just nu gränserna för hur mycket PFAS som man kan exponeras för utan att drabbas av effekter på hälsan. Revisionen av dricksvattendirektivet och EFSA:s nya gränsvärden avseende exponering för PFAS förväntas att leda till en revision av Livsmedelsverkets föreskrifter för dricksvatten i Sverige och att PFAS regleras med gränsvärde istället för riktvärde.

Åtgärder för att förbättra säkerheten med sjöfarten är högt prioriterade för Sjöfartsverket för att undvika olyckor och för att skydda Mälarens vatten. I dagsläget genomför Sjöfartsverket arbete med att förbättra säkerheten för sjöfarten framförallt i farleden från Södertälje till Västerås genom "Mälarpjektet" som planeras vara klart år 2022/2023. Mälarpjektet omfattar muddring på flera sträckor och ombyggnation av Södertälje kanal och sluss. Åtgärderna förväntas leda till att större fartyg kan trafikera Mälaren, vilket skulle innebära att de tar större last och färre fartyg behövs för samma transportvolym. Antalet fartygspassager förutspås öka med enbart 13% istället för 85% från år 2012 till år 2075 tack vare åtgärderna i Mälarpjektet (Risk och säkerhet i Mälarpjektet, SSPA 2014). Det finns dock många riskpassager identifierade även i farlederna på Östra Mälaren som går direkt utanför Norrvattens och SVOAs dricksvattenintag (enligt HAZID till Förbifart Stockholm och HAZID till Stockholm Exergi Lövsta). När åtgärder ska genomföras av dessa riskpassager är oklart i dagsläget. Ungefär 550 fartygspassager gick år 2018 förbi Lovö vattenverk och ungefär 100 fartygspassager gick i farleden utanför Hässelbyverket under år 2018 (SSPA). En del av dessa passerade även Görvålverket.

1.2. Avloppsreningsverk

Den regionala tillväxten innebär att det också kommer att krävas utbyggd infrastruktur för vattenproduktion, avloppsvattenrening samt avfallshantering. I ett nollalternativ (samma avloppsvattenrening som i dagsläget) så kan mängden föroreningar av fosfor och organiska miljöföroreningar, tex läkemedelsrester, som släpps ut till Mälaren förväntas öka linjärt med antalet personer som ansluts till avloppsreningsverken. Men med ökade krav på rening för att klara krav som miljö kvalitetsnormer i sjöar och vattendrag enligt ramdirektivet för vatten

så har beslut om mer avancerad rening börjat tas. I Uppsala pågår en ansökningsprocess om förnyat tillstånd för avloppsvattenrening vid Kungsängsverket som släpper ut vattnet uppströms Görvålverket. I ansökan ingår att införa rening med avseende på läkemedelsrester i avloppsvattnet. Det kommer att ha en stor positiv betydelse för att minska mängden föroreningar som når Görvålverkets intag.

1.3. Påverkan från klimateffekter och den regionala utvecklingen

Sjöfarten på Mälaren och avloppsreningsverken har lyfts ovan eftersom de har stor betydelse för risker och utsläpp till Mälaren, men det finns många fler påverkanskällor. Ett urval av klimateffekter och risk för påverkan från den regionala utvecklingen på Mälarens vattenkvalitet presenteras i Tabell 3.

Tabell 3. Urval av klimateffekter och effekter från regional utveckling på Mälarens vatten, i huvudsak baserad på Eklund m.fl., SMHI. (2018) och RUF5 2050 (Region Stockholm 2018).

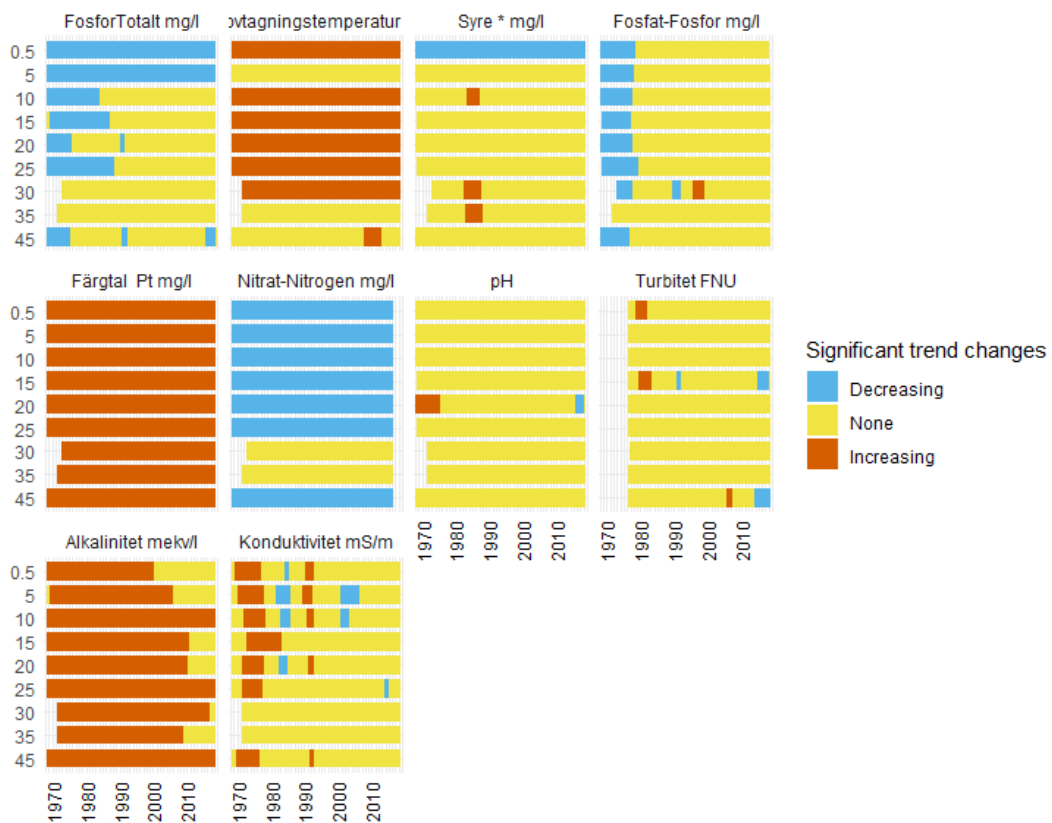
Klimatpåverkan och regional utveckling	Konsekvens för Mälaren och/eller dricksvattenproduktionen
Höga vattennivåer	<ul style="list-style-type: none"> • Ökad risk för bräddning av avloppsvatten • Ökad risk för föroreningstransport från strandbete och strandnära gödsblad jordbruksmark • Ökad risk att oönskade ämnen transporteras till Mälaren från förorenad mark. • Ökad risk att elförsörjningen inom dricksproduktionen slås ut (MSB, 2012).
Förändrad tillrinning och ökning av skyfall	<ul style="list-style-type: none"> • Ökad risk för försämrad råvattenkvalitet p.g.a. att skyfall ökar yt-avrinningen med mer föroreningar och näringsämnen som spolats ut i Mälaren. • Uppkoncentrering av föroreningar och mikrobiologi vid låg avrinning, snabb urspolning med hög koncentration vid skyfall. • Kan eventuellt leda till ökande vattenfärg i Mälaren, vilket påverkar kostnad och metod för vattenrening (Johansson m.fl., 2010). • Risk för ökat näringsläckage och förändrad transport av ämnen till Mälaren (strömningsriktning, sedimentation och bottenerosion kan förändras), p.g.a. en ökad tillrinning vintertid (Lst Stockholms län, 2010).
Låga vattennivåer, Ökad sjöfart.	<ul style="list-style-type: none"> • Ökad risk för låga nivåer sommartid (p.g.a. ökad avdunstning i kombination med minskad tillrinning under sommaren), vilket kan påverka sjöfarten. • Ökad sjöfart kommer att utgöra en större risk för olyckor och utsläpp
Ökad vattentemperatur och minskad isperiod	<ul style="list-style-type: none"> • Ökad risk för effekter på arter och deras ekosystem, t.ex. att vissa arter snabbt utökar sin utbredning. • Förändrad skiktning leder till ökad risk för syrebrist på botten, vilket kan resultera i fiskdöd och en minskning i kräftdjurspopulationen (Sonesten m.fl., 2013). Idag finns ingen risk för syrebrist i bottenvattnet i vissa delar av Mälaren (Görvål, Prästfjärden och Södra Björkfjärden) eftersom mängden organiskt material är mindre i dessa fjärdar jämfört med exempelvis Ekoln och Skarven. • Ökad risk för sämre vattenkvalitet p.g.a. bakterier och alger, vilket ökar behovet av rening. • Varmare råvatten ger en ökad temperatur i ledningsnätet, vilket medför en större biologisk aktivitet i ledningsnätet och förändringar i kemin (SOU 2016:32). Konsekvensen kan bli att råvattnet tas från ett större djup.
Jordbruksmark ska bevaras. Ökad betydelse av grön näring och bevarande av jordbruksmark .	<ul style="list-style-type: none"> • Ökad avrinning kan ge ökad risk av export av oönskade ämnen, partiklar och parasiter. • Ökad användning av bekämpningsmedel • Förlängd växtsäsong ger längre tid av bevuxen mark med lägre ytavrinning.

Förlängd växtsäsong, ökade skyfall, ökad avrinning	<ul style="list-style-type: none"> Förlängd växtsäsong och högre temperatur kan ge nya grödföljder och behov av gödselgivor. Högre temperatur ger längre tid utan tjäle med högre ytavrinning
Ökad halt av humusämnen efter regn. Minskad tjäle och längre växtperiod	<ul style="list-style-type: none"> Ökad nederbörd kan orsaka förhöjda halter av humusämnen som lakas ur marken
Ökad flygtrafik.	<ul style="list-style-type: none"> Ökad flygtrafik kommer att utgöra en större risk för olyckor och utsläpp.
Ökad transport och risk för utsläpp av kemikalier.	<ul style="list-style-type: none"> Ökad biltrafik kommer att utgöra en större risk för olyckor och utsläpp på vägar och broar över Mälaren.
Ökade utsläpp från dagvatten, avloppsvatten	<ul style="list-style-type: none"> Förtätning innebär att andelen hårdgjorda ytor ökar, föroreningar i samhället ökar och fler person- och godstransporter ger mer dagvattenutsläpp Befolkningsökning medför större utsläpp från avloppsreningsverk Ny reningsteknik av avloppsvatten och bättre omhändertagande av dagvatten kan begränsa den ökade påverkan av organiska miljöföroreningar, läkemedelsrester och metaller.
Saltvatteninträngning i Mälaren på grund av havsnivåhöjningen.	<ul style="list-style-type: none"> Beräkningar har angett att det finns risk för saltvatteninträngning runt år 2100. klimatförändringarna går snabbare än tidigare prognoser har angett med smältande havsisar, ökande havstemperatur och ökande havsnivå (IPCC 2019)

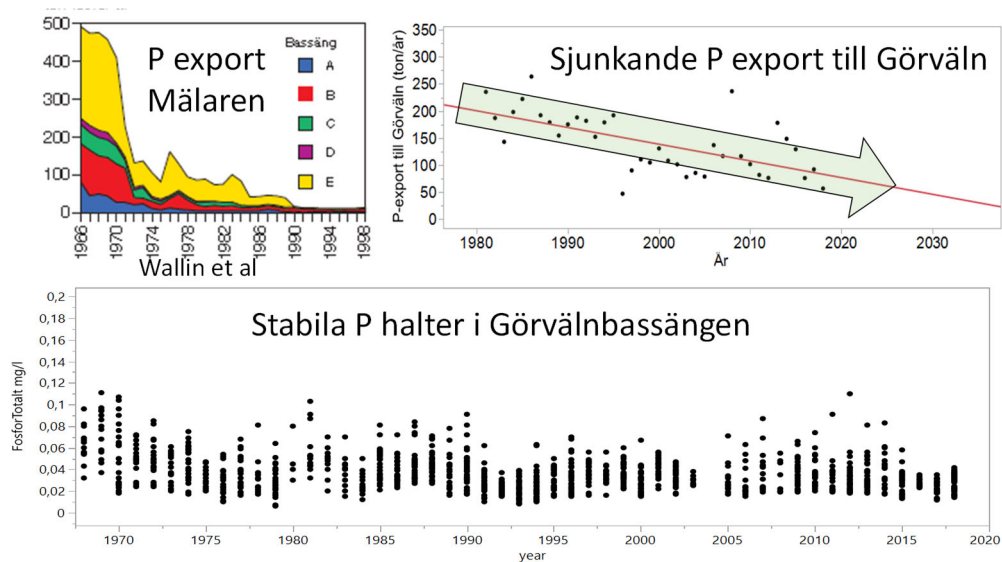
2. Kemiska basparametrar i Mälaren

Sammanställning av trender, nuläget och prognoser i Mälarens vattenkvalitet avseende de kemiska basparametrarna har genomförts och de viktigaste slutsatserna är:

- Alkalinitet och konduktivitet ökade med mellan 10-15% i flera delbassänger innan 2000 som ett resultat av återhämtning av försurningen (*Figur 3*). Alkaliniteten och konduktiviteten förväntas inte öka mera.
- Halten organiskt kol ökar (ökande halter i färg och absorbans). Skulle trenden för vattnets färg fortsätta kan färgtal upp till 50 mg/l kunna uppnås vid 2060 vid Görvälns intag. Detta är dock bara 25% högre än dagens hittills högsta uppmätta värde (42 mg/l). Ökning av halten organiskt kol kan bero på återhämtning från försurning, ökad avrinning men även på markanvändning i tillrinningsområdet. Halten organiskt kol kan störa desinfektionsprocesser som UV i vattenproduktionen.
- Både alkalinitet och färg påverkas starkt av flödessituationer i Mälaren. Snabba förändringar av alkalinitet förväntas även framöver och kommer därmed ha stor inverkan på dosering av ALG även framöver. Extrema värden och snabba förändringar kan uppstå när flöden ökar kraftigt från Ekoln bassängen eller från både Ekoln och Prästfjärden.
- Näringsämnen kväve och fosfor sjönk kraftigt före 1990 och har sedan dess legat på stabil nivå (*Figur 4*). Medelhalten ligger på ca 0,04 mg/l och högsta uppmätta halt de senaste 20 åren var ca 0,12 mg/l.



Figur 3: Trender Görvålén för alla år och alla djup.



Figur 4 Förändringar i fosforhalter och trender i fosfortransport till Görvålén.

3. Växtplankton (alger) i Mälaren

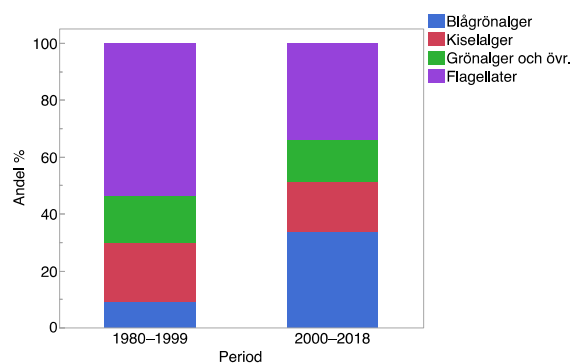
Förekomsten och trender i växtplanktondata har sammanställts med följande huvudsakliga slutsatser:

- Den totala biomassan visar på stora mellanårsvariationer men inga signifikanta skillnader mellan de två perioderna år 1980-1999 och år 2000-2018 trots att halterna fosfor och kväve har minskat.
- Växtplanktondata visar en signifikant ökning av andelen flagellater där biovolymen i maj har nära fördubblats från perioden 1980-1999 till 2000-2018 (Tabell 4). Flagellater är ofta konkurrenskraftiga i vatten med lågt till måttligt näringsinnehåll.
- Andelen av blågrönalger (cyanobakterier) har ökat mellan perioderna, framförallt under sommarperioden (Tabell 4, Figur 5). Detta kan delvis vara en effekt av en ändring i räknemetoden som infördes 1992.
- Klimatförändringens påverkan med ökad avrinning och ökad temperatur gynnar förekomst av blågrönalger.
- Avgörande för förekomst av större blomningar av blågrönalger med spridning av giftiga algtoxiner är om halten totalfosfor överstiger 0,02 mg/l (enligt Livsmedelsverket 2018 Handbok dricksvattenrisker, Cyanotoxiner i dricksvatten).
- Eftersom halten fosfor fortfarande är över 0,02 mg/l i Görvålén i medeltal, så innebär det att risken för blomningar med bildning av algtoxiner kan öka i framtidens klimat med ökad avrinning och ökad temperatur.

Tabell 4 Andelar (%) av totalbiomassan av dominerande alggrupper vår, sommar och höst.

Station Görvålén S. 0–8 m djup.

	Cyanobakterier	Kiselalger	Flagellater	Grönalger + övrigt
Vår (maj)				
Period 1	0	79	17	4
Period 2	2	63	28	7
Sommar (juli-augusti)				
Period 1	9	21	53	17
Period 2	33	18	34	15
Höst (september)				
Period 1	27	38	25	10
Period 2	36	29	20	15



Figur 5 Dominerande alggrupper i Görvålén sommar (juli-augusti)

4. Mikrobiell smittspridning

Mikrobiell smittspridning förekommer i Mälaren-Görväln särskilt vid oavsiktliga utsläpp av avloppsvatten. Då kan detta mätas i förekomst av indikatorer som e-coli och koliforma bakterier. Överlevnaden av dessa är dock måttlig, upp till en månad, medan virus och parasiter som kan orsaka sjukdomsutbrott kan överleva mycket längre.

Klimatförändringar kan medföra förändringar i mikrobiell smittspridning. Bland annat har följande observerats i andra länder (huvudsakligen från Lal m fl 2013 och Howard mfl 2016):

- Ökning i temperatur kan medföra ökad förekomst av cryptosporidium
- Ökad nederbörd och starka vindar kan medföra ökad förekomst av cryptosporidium genom ökad avrinning som kan förorena vattentäkten och orsaka resuspension av förorenade sediment i vattendrag och dagvattennät.
- Ökad nederbörd och fler skyfall medför ökad risk för bräddningar med ökad spridning av patogena mikroorganismer.
- Längre torrperioder kan medföra högre koncentrationer av patogena mikroorganismer i yt- och grundvatten och efterföljande skyfall kan skölja ut dessa höga patogenmängder i vattentäkten.
- I England och Wales har 20% av sjukdomsutbrotten under 2000-talet relaterats till förlängda torrperioder, medan 10% har relaterats till skyfall.

5. Kemiska miljöföroreningar

En förväntad befolkningsökning, klimatförändringar och förändringar i regleringar och lagstiftning samt en ökad medvetenhet hos medborgare med avseende på kemikalier är alla faktorer som kan påverka utvecklingen av utsläppsbilden för olika miljöföroreningar som kan utgöra ett problem i Mälaren.

En sammanställning av förekomsten av miljöföroreningar i Mälaren-Görväln gav följande slutsatser

- Samtliga reglerade ämnen där bland annat bekämpningsmedel ingår har betydligt lägre halter i Mälaren-Görväln än gällande gränsvärden (och nya gränsvärden) och visar enbart värden mindre än analysernas kvantifieringsgränser.
- Halterna PFAS ämnen har varit relativt konstanta i Mälaren-Görväln sedan mätningar påbörjades av Norrvatten år 2010.
- I revisionen av Dricksvattendirektivet har ett gränsvärde på 100 ng/l föreslagits för 20 st PFAS ämnen, vilket är jämförbart med livsmedelsverkets gällande riktvärde för 11 st PFAS ämnen på 90 ng/l.
- Den första utvärderingen från EFSA avseende dagliga dygnsdosen för PFOS och PFOA kan dock medföra krav på väldigt låga halter av enskilda PFAS ämnen i dricksvattnet i framtiden (det har spekulerats om ca 15 ng/l PFOS respektive 5 ng/l PFOA eller ännu lägre).

- Förekomsten av vattenlösliga organiska miljöföroreningar har undersökts i en rad pilot- och forskningsstudier som omfattar 99 olika ämnen som läkemedelsrester, bekämpningsmedel, PFAS och flamskyddsmedel.
- Ca 30 st kända ämnen förekommer ofta i Mälaren-Görvåln men i mycket låga halter (max ca 20 ng/l).
 - Vanligast förekommande är läkemedelsrester, PFAS samt industrikemikalien Tolyltriazol⁸.

I Tabell 5 sammanställs olika källor för berörda ämnen och ämnesgrupper, samt möjliga framtida trender som kan ha en påverkan på dessa ämnen i Mälaren. Det går dock inte att inom ramen för detta projekt avgöra vilka av trenderna som kommer att dominera och bidra till en viss riktning i utvecklingen. För att förenkla översikten så har vi gjort sammanställning utifrån att ämnet är i vattenfasen (inte i sedimenten) samt möjliga framtida trender, samt klassificerat ämnesgrupperna. Här sammanfattas ett urval ämnen som är grönt – minskad förekomst, gult – oförändrad förekomst och rött – ökande förekomst i vatten. Observera också att listan är ett första utkast till att ta fram en samlad bild och bör ses som indikativ och som en utgångspunkt för fortsatt arbete.

Tabell 5 Sammanställning av ett urval berörda ämnen, samt möjlig utveckling av föroreningsbilden. Grönt minskande förekomst; gult – oförändrad förekomst, rött – ökande förekomst i vatten

Ämne/Ämnesgrupp & klassning	Möjliga trender & prognoser
Bekämpningsmedel	<ul style="list-style-type: none"> • Generellt lägre användning. • Produktionsvärdet i jordbruket ökar • Andel ekologisk odling ökar. • Konsumenttrycket viktig drivkraft. • Politisk vilja i nationella livsmedelsstrategin. • Utfasning av ämnen. Efter 2022 kan glyfosat komma att förbjudas i EU. • Klimatförändringar ökar behovet av bekämpningsmedel • ökad avrinning leder till större läckage.
PFAS	<ul style="list-style-type: none"> • Nya PFAS utvecklas, • Ökad befolkning=ökad produktanvändning • PFAS i brandskum begränsas - leder till nya ämnen i brandskum • Substitution leder till nya PFAS på marknaden.
Olja- och petroleum-relaterade föroreningar, inkl. PAH och VOC	<ul style="list-style-type: none"> • Befolkningsökning ökar förbränning och vedeldning; = mer dagvattenföroreningar, samt antal motordrivna fritidsbåtar. • Mer nederbörd, mer avrinning = mer dagvatten • Innovationer som elmotorer, självkörande bilar =färre olyckor , lägre emissioner, renare dagvatten
Nonylfenoler och dess etoxilater	<ul style="list-style-type: none"> • Klimatförändring, ökad avrinning = ökat läckage från betongkonstruktioner och deponier; • Högre återanvändning av betong med nonylfenoler =större utsläpp
Flamskyddsmedel	<ul style="list-style-type: none"> • Reglering har lett till minskad användning; • Substitution leder till nya flamskyddsmedel på marknaden
Ftalater (mjukgörare i plast)	<ul style="list-style-type: none"> • Reglering har lett till minskad användning av de mest giftiga ftalaterna (t.ex. DEHP); • Substitution leder till nya ftalater på marknaden;

⁸ Användning av Tolyltriazol: Uttag från KEMI produktregistret 2020; Den totala mängden av ämnet har legat mellan 25-40 ton årligen, i främst formulerade produkter. Volymmässigt är det förekomst som beståndsdel i kylarvätskor och frostskyddsmedel eller i korrosionshindrande medel som dominerar.

Läkemedelsrester	<ul style="list-style-type: none"> • Ökad population och ökad andel äldre befolkning= ökad läkemedelsanvändning • Nya läkemedel på marknaden; utveckling av recept/receptfritt • Kloka listan – ökad medvetenhet kring miljöeffekter • Bättre reningstekniker av avloppsvatten • Rening vid källan, t.ex. sjukhus, äldreboenden; • Generell trend – produktionen av läkemedel flyttas från landet • Läkemedelsrening införs i stora avloppsreningsverk som i Uppsala
Bisfenol-A	<ul style="list-style-type: none"> • Användning av varor och produkter, relining av avloppsvattenledningar • Utfasning av ämnet (lagstiftning och frivilligt) i produkterna ger lägre utsläpp;
Polyklorerade bifenyler, PCB	<ul style="list-style-type: none"> • Gamla, förbjudna ämnen, minskande trender i luft och vatten, ingen användning i nuläget, men upplagring i samhället och långdistanstransport via luften. Spridning från förorenade områden kan öka till följd av högre avrinning och större nederbörd • Minskande trender generellt.
Klorerade lösningsmedel	<ul style="list-style-type: none"> • Ämnesgrupp vars användning har gått ner framförallt pga. lagstiftning; • Antalet förorenade områden minskar, vilket leder till lägre läckage; dock kan läckaget bli högre till följd av högre avrinning och större nederbörd
Syntetiska hormoner	<ul style="list-style-type: none"> • Ökad population, men bra avskiljning i avloppsreningsverk • Avancerad avloppsrening införs

6. Jämförelse med dimensionerande förutsättningar

Resultatet från sammanställningen har jämförts med de dimensionerande förutsättningarna som reviderades senast 2019-02-22 och det visar att prognoserna för Mälarens framtida råvattenkvalitet är inom ramarna för de dimensionerande förutsättningarna

Tabell 6. Förekomsten av bakterier kan öka i medel på grund av ökad risk för oavsiktlig spridning av avloppsvatten, men maxhalten borde ha inträffat redan vid tidigare utsläpp. Förekomsten av algtoxiner som mikrocystin på grund av blomning av blågrönalger kan öka i framtiden på grund av klimatförändringen :

Tabell 6 Urval av Norrvattens dimensionerande kvalitetskrav utifrån gällande råvattenkvalité (Råvatten) och prognos från detta projekt.

2000-2017	Enhet	Råvatten				Ny Prognos	
		min	median	medel	max		
Temperatur	°C	0,5	7,0	6,3	15,7	6,0-7,0/14-15	Medel/Max
Färg	Pt mg/l	14	25	25	50	50	Max
TOC	TOC mg/l	5,9	7,6	7,9	15,0	15	Max
Alkalinitet	HCO ₃ mg/l	45	70	70	106	Ingen förändring ³	Medel/Max
Odlingsbara mikroorganismer	cfu/ml	1	85	120	1840	Ökar ⁴	
Koliforma bakterier	cfu/100ml	<1	6	13	450	Ökar / Ingen förändring ⁵	Medel / Max
E-coli	cfu/100ml	<1	3	5	50	Ökar / Ingen förändring ⁵	Medel / Max
Mikrocystin ¹	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	Ökar	
PFAS11 ²	ng/l	4	12	12	21	Ingen förändring	

¹ Gränsvärde från det nya EU-direktivet för mikrocystin (algtoxin).

² Mätvärden från 2013 till 2018, totalt 38 prover där minst 7st av de elva PFAS-ämnena har analyserats.

³ Alkaliniteten har ökat till ca år 2000 men förväntas inte öka mer.

⁴ Odlingsbara mikroorganismer kan öka pga ökning i vattentemperaturen och tillförsel av bakterier från ökad ytavrinning vid intensiv nederbörd.

⁵ Koliforma bakterier och e-coli utgår från uppmätta halter och borde ha max vid tidigare oavsiktliga utsläpp av avloppsvatten, därför borde max halten inte öka. Däremot kan frekvensen av förekomsten och därmed medel öka, på grund av ökad frekvens av intensiva regn som medför bräddningar och ökad dagvattenutsläpp samt ytavrinning från gödslad mark och strandbete.

7. Uppströmsåtgärder behövs

Norrvatten är starkt beroende av att andra aktörer tar ansvar och gör åtgärder. Följande åtgärder skulle vara mycket positiva för att trygga en god framtida vattenkvalitet i Mälaren:

- Åtgärder på avloppsreningsverken för att minska utsläppen av läkemedelsrester kommer att ha en mycket positiv effekt med minskande halter i Mälaren-Görväln.
- Åtgärder för säker sjöfart
- Åtgärder för att klimat- och sårbarhetssäkra det kommunala dagvatten- och avloppsvattensystemet för att minska oavsiktliga avloppsutsläpp och orenat utsläpp av dagvatten.
- Åtgärder för att begränsa belastning av mikrobiell smitta, näringsämnen, humus och bekämpningsmedel från jordbruksmark, skogsmark och strandbete.

8. Referenser

IPCC, 2019: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press.

Eklund A, Stensen K, Alavi G, Jacobsson K. 2018. Sveriges stora sjöar idag och i framtiden. Klimatets påverkan på Vänern, Vättern, Mälaren och Hjälmaren. Kunskapssammanställning februari 2018. SMHI Klimatologi 49. <https://www.smhi.se/publikationer/publikationer/sveriges-stora-sjoar-idag-och-i-framtiden-klimatets-paverkan-pa-vanern-vattern-malaren-och-hjalmlaren-kunskapssammanstallning-februari-2018-1.130360>

Howard, G., Calow, R., Macdonald, A., Bartram, J., 2016. Climate Change and Water and Sanitation: Likely Impacts and Emerging Trends for Action. *Annu. Rev. Environ. Resour.* <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-110615-085856>

Lal, A., Baker, M.G., Hales, S., French, N.P., 2013. Potential effects of global environmental changes on cryptosporidiosis and giardiasis transmission. *Trends Parasitol.* 29, 83–90. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pt.2012.10.005>

RUFS Stockholm, 2018. Regional utvecklingsplan för Stockholmsregionen. RUFS. Europas mest attraktiva storstadsregion. Stockholms Läns Landsting, Rapport 2018:10

RUS 2050. Regional utvecklingsstrategi för Uppsala län. Ett gott liv i en nyskapande kunskapsregion med internationell lyskraft. https://www.regionuppsala.se/Global/LLK/Regional%20utveckling/RUS_slutgiltig.pdf

Sahlberg J och Gustavsson H, 2010. HOME Vatten i Mälaren. SMHI OCEANOGRAFI Nr 103. https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.11960!/oceanografi_103.pdf

Stensen, K., Tengdelius-Brunell, J., Sjökvist, E., Andersson, E. och Eklund, A. 2017. Vattentemperaturer och is i Mälaren - Beräkningar för dagens och framtidens klimatförhållanden, SMHI Klimatologi Rapport nr 46, Norrköping.

Wallman, K., Köhler, S. & Drakare, S. 2019. Mälaren 2018 – Sammanfattande resultat från miljöövervakningen och forskningsprojekt knutna till samarbetet med MVVF, SLU, Vatten och miljö: Rapport 2019:4.

Windmark Fredrik, Mattias Jakobsson, David Segersson SMHI Rapport nr 2017-10 Modellering av sjöfartens bränslestatistik med Shipair