

Vattentemperaturer och is i Mälaren

Beräkningar för dagens och framtidens klimatförhållanden

Katarina Stensen, Johanna Tengdelius-Brunell, Elin Sjökvist, Elinor Andersson, Anna Eklund



Pärmbild.
Bilden föreställer en istäckt Mälaren vid Sättra naturreservat.

KLIMATOLOGI Nr 46, 2017

Vattentemperaturer och is i Mälaren

Beräkningar för dagens och framtidens klimatförhållanden

Katarina Stensen, Johanna Tengdelius-Brunell, Elin Sjökvist, Elinor Andersson, Anna Eklund

Sammanfattning

Denna rapport presenterar hur vattentemperatur och is beräknas förändras i Mälaren till mitten av seklet och fram till 2100 på grund av den globala uppvärmningen. Beräkningarna är gjorda med en sjömodell där Mälaren är uppdelad i två bassänger. De kallas västra Mälaren och östra Mälaren.

De tydligaste förändringarna i Mälaren i ett framtida klimat beräknas bli högre vattentemperaturer både på ytan och på botten samt kortare period med is. I beräkningarna har två framtidsscenarier använts, vilka baseras på mängden växthusgaser i atmosfären. I det högre scenariot, vilket motsvarar fortsatta utsläpp med dagens utsläppsnivåer, ökar vattentemperaturen mer jämfört med scenariot där utsläppen av växthusgaser är begränsade.

Sammanfattning av resultaten för klimatscenarierna:

- Den årliga perioden som Mälaren är täckt med is beräknas minska med en månad till två månader mot slutet av seklet.
- Ytvattnets medeltemperatur beräknas öka 1,5 till 2,5 grader för båda bassängerna. Förändringen är ungefär lika stor under hela året.
- Bottenvattnets medeltemperatur väntas öka mellan 1 till 2 grader i den grundare västra bassängen och 0,5 till 1,5 grader i den djupare östra bassängen. Förändringen är ungefär lika stor under hela året.
- Maxtemperaturen ökar något mer än medeltemperaturen för både ytvatten och bottenvatten.
- Den period som ytvattnets dygnsmedeltemperatur är över 20 grader, ökar med cirka en månad upp till en och en halv månad.

Medeltemperaturen och maxtemperaturen för dagens klimat är beräknad utifrån tidsperioden 1997-2015 och utifrån 2032-2050 och 2080-2098 för ett framtida klimat. Maxtemperaturen är det högsta värdet som beräknas uppnås under perioden.

Summary

In this report, results from simulations on how water temperature and ice will change in Mälaren to the middle and end of this century due to global warming are presented. The simulations were performed with a lake model where Mälaren was divided into two basins, an eastern part called “östra Mälaren” and a western part called “västra Mälaren”.

The most obvious changes for Mälaren in a future climate are warmer surface and bottom water temperatures as well as shorter period with ice. In the simulations two scenarios were used. They are based on the amount of greenhouse gases in the atmosphere. In the higher scenario, which represent emissions that continue like today, the water temperature increases more than in the lower scenario where emissions are limited.

Summary of the results for the climate scenarios:

- The yearly period when Mälaren is covered with ice is expected to decrease with one to two months until the end of the century.
- Surface water temperature is expected to increase with 1.5 to 2.5 degrees for both basins. The change is equal over the year.
- Bottom water temperature is expected to increase with 1 to 2 degrees for the shallower western basin and 0.5 to 1.5 degrees in the deeper eastern basin. The change is equal over the year.
- Maximum temperatures increase slightly more than average temperatures for both surface and bottom temperatures.
- The period when surface water temperature is above 20 degrees is expected to increase with around one month up to one and a half month.

The mean temperature and maximum temperature for today's climate is calculated for the time period 1997-2015. Future climate was calculated for 2032-2050 and 2080-2100. The maximum value is the highest value simulated over the whole period.

ORDLISTA

Avrinningsområde	Det landområde från vilket den delen av nederbörden som inte avdunstar förr eller senare kommer ut som vatten i vattendraget vid en angiven plats.
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change. Även benämnd FN:s klimatpanel.
Klimatscenario	En beskrivning av en tänkbar klimatutveckling i framtiden med hjälp av antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser.
RCP	RCP-scenarierna beskriver resultatet av växthusgasutsläpp, den så kallade strålningsbalansen i atmosfären. I följande analyser används två RCP-scenarier, RCP4.5 som bygger på begränsade utsläpp, och RCP8.5 med höga utsläpp.
Referensperiod	SMHI använder en referensperiod för att definiera dagens klimat. Oftast används perioden 1961-1990 för att definiera dagens klimat. Meteorologiska världsorganisationen, WMO, definierar referensperioderna. I denna rapport har även en annan referensperiod använts; 1997-2015 för beräkningen av vattentemperatur och is.
Skiktning	Då vattenmassor med olika fysikaliska och kemiska egenskaper delas upp i ett ytskikt och ett bottenkikt. I denna rapport avses skiktning pga. temperatur.
Tillrinning	Det vatten som rinner till en sjö från vattendrag och grundvatten.
Återkomsttid	Med en händelses återkomsttid menas att händelsen i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under denna tid.

Innehållsförteckning

1	BAKGRUND OCH SYFTE	1
2	MÄLAREN.....	2
3	METODIK	3
3.1	Beräkning av vattentemperatur, isläggning och islossning i dagens klimat.....	3
3.1.1	Drivdata och hypsografer.....	4
3.1.2	Validering av modellen	5
3.1.3	Beräkning av isläggning och islossning.....	5
3.1.4	Validering av beräkningar av isläggning och islossning	5
3.1.5	Sammanställning av modellresultat.....	6
3.2	Framtida klimat	6
3.3	Vattentemperaturer i ett framtida klimat	7
4	RESULTAT	8
5	DISKUSSION	18
5.1	Resultat påverkas av val av modell och uppdelning av sjön	18
6	SLUTSATS.....	18
	TACKORD	19
	REFERENSER.....	20

1 Bakgrund och syfte

Sveriges stora sjöar används idag av många intressenter och för en rad olika verksamheter. Många människor bor längs med sjöarnas stränder, sjöarna fungerar som transportleder, dricksvattentäkter, rekreationsområden och som en del av vattenkraftproduktionen. De är också viktiga miljöer för växt- och djurliv. Ett förändrat klimat, med förändrade vattennivåer, vattentemperaturer och isförhållanden kan påverka sjöarnas framtida användning.

Den här rapporten är framtagen i ett projekt som syftar till att ge bättre förståelse för hur klimatförändringar påverkar Vänern, Vättern, Mälaren och Hjälmaren samt ge underlag för beslutsfattare, exempelvis som underlag för samhällsplaneringen.

I denna rapport beskrivs förändringar i vattentemperatur och isförhållanden i Mälaren, men inte konsekvenserna för samhället och naturmiljön. Dessa kommer att beskrivas i en kunskapssammanställning som publiceras i januari 2018. I den rapporten kommer sjöarnas problematik relaterat till dagens och i framtida klimat att beskrivas.

Tidigare i detta projekt har följande Klimatologirapporter publicerats (Eklund m fl. 2017a; Eklund m fl. 2017b, Eklund m fl. 2017c):

- 42. Anna Eklund, Linda Tofeldt, Johanna Tengdelius-Brunell, Anna Johnell, Jonas German, Elin Sjökvist, Maria Rasmusson, Elinor Andersson (2017)
Vattennivåer, tappningar, vattentemperaturer och is i Vättern - Beräkningar för dagens och framtidens klimatförhållanden
- 43. Anna Eklund, Anna Johnell, Linda Tofeldt, Johanna Tengdelius-Brunell, Maria Andersson, Cajsa-Lisa Ivarsson, Jonas German, Elin Sjökvist och Elinor Andersson (2017)
Vattennivåer, tappningar, vattentemperaturer och is i Hjälmaren - Beräkningar för dagens och framtidens klimatförhållanden
- 44. Anna Eklund, Linda Tofeldt, Anna Johnell, Maria Andersson, Johanna Tengdelius-Brunell, Jonas German, Elin Sjökvist, Maria Rasmusson, Ulrika Harbman, Elinor Andersson (2017)
Vattennivåer, tappningar, vattentemperatur och is i Vänern Beräkningar för dagens och framtidens klimatförhållanden

2 Mälaren

Mälaren är Sveriges tredje största sjö efter Vänern och Vättern. Det är en typisk slättlandssjö med flacka stränder och stora grunda områden. Det finns även djupare bassänger i sjön.

Många är beroende av Mälaren. Kring sjön bor idag tre miljoner människor och det är en kraftigt växande region. Mälaren försörjer cirka två miljoner människor med dricksvatten, det är en viktig transportled (Sjöfartsverket, 2014) och i sjön bedrivs yrkes- och sportfiske (Länsstyrelsen i Västmanland, 2016). Mälaren har stora natur- och kulturvärden som är av betydelse för friluftsliv och turism.

Mälaren skiljer sig från andra stora sjöar i Sverige genom att den är i direkt kontakt med Östersjön. Den har historiskt varit en havsvik i Östersjön med samma vattenståndsvariationer som havet men avsnördes från havet och blev gradvis en insjö under 1100 och 1200-talen (Wallin m. fl., 2000).



Figur 1. Försommar över Mälaren vid Björkö.

3 Metodik

3.1 Beräkning av vattentemperatur, isläggning och islossning i dagens klimat

Beräkningarna för det som benämns ”dagens klimat” i denna rapport baseras på perioden 1997-2015, en period som redan är påverkad av det förändrade klimatet.

För att beräkna vattentemperatur, isläggning och islossning har Kustzonmodellen (PROBE-SCOBİ) använts. Det är en endimensionell modell, vilket betyder att vattentemperaturen beräknas noggrant i djupled, men att temperaturen antas vara densamma horisontellt i hela bassängen (Sahlberg, 2009; Marmefelt et.al., 1999).

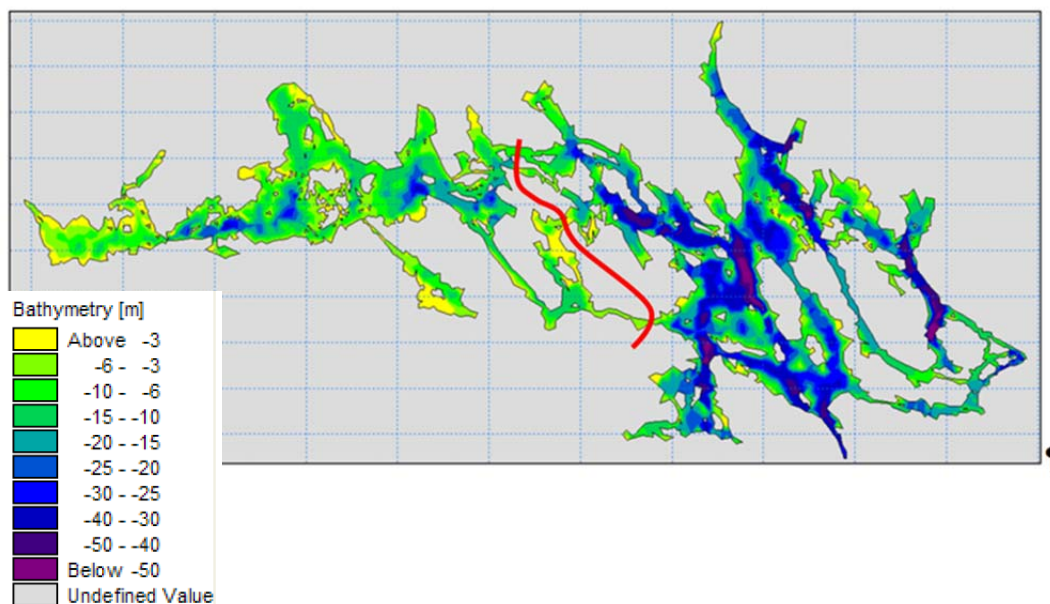
Då Kustzonmodellen har satts upp för Mälaren har två bassänger använts. Bassängerna har inget till- eller utflöde och kan inom en bassäng horisontellt sett ses som en homogen vattenmassa. Dessa förenklingar ger vissa begränsningar av tolkningar av resultatet. Läs mer om detta i kapitlet ”Diskussion”.

Den gräns som skiljer den västra bassängen från den östra går:

- i norr mellan Oxfjärden och Arnöfjärden
- i mitten genom Tynnelsöfjärden
- i söder mellan Tynnelsöfjärden och Prästfjärden

Gränsen markeras med rött streck i en djupkarta över Mälaren (Figur 2). Den västra bassängen är som djupast 34 meter och är vertikalt indelad i 44 djupnivåer. Den östrabassängen är som djupast 60 meter och är vertikalt indelad i 70 djupnivåer.

Efter att modellen kalibrerats med data för den historiska perioden 1997-2015 har den körts för två framtida perioder: 2032-2050 och 2080-2098.

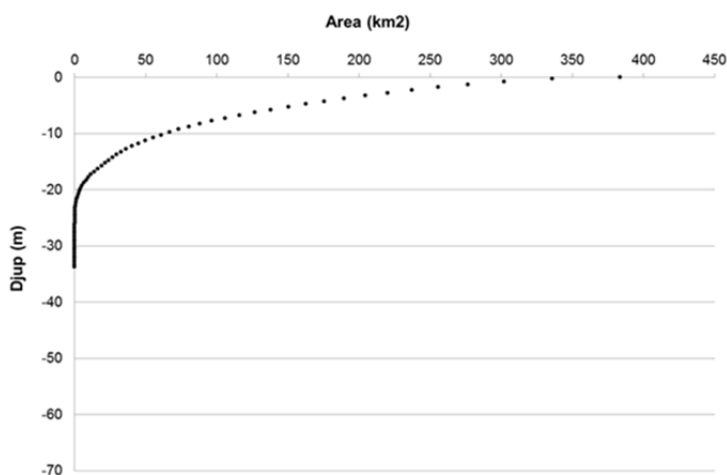


Figur 2. Djupkarta över Mälaren (framtagen av DHI på uppdrag av Mälarens vattenvårdsförbund (2009)). Röd linje markerar gränsen mellan Mälarens västra och östra del.

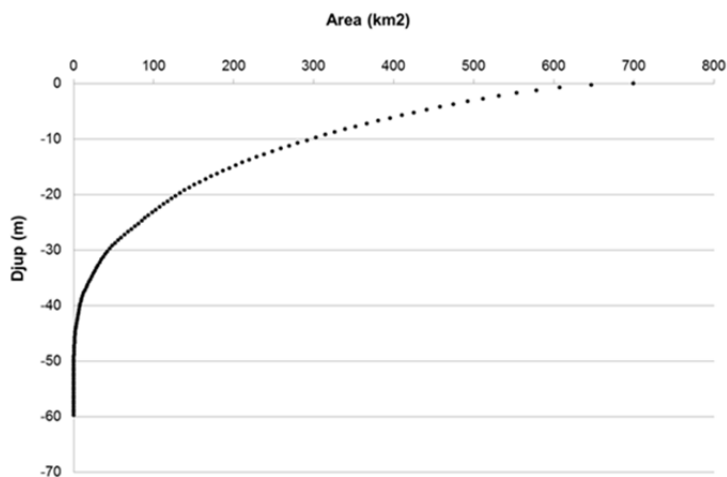
3.1.1 Drivdata och hypsografer

Kustzonsmodellen drivs av observationsdata för temperatur, vind, molnmängd och relativ luftfuktighet med tre timmars upplösning. Denna meteorologiska data har hämtats från SMHI:s väderstation Adelsö (Figur 5). Valet av station grundades på tillgång till data av god kvalitet samt stationens representativitet. Mätningar med 3 timmars upplösning startade först år 1996 och därför används perioden 1997-2015 för att beskriva dagens klimat.

Två 3D-modeller skapades utifrån strandlinjer och historiska djupdata för östra och västra delen av Mälaren. Utifrån 3D-modellerna beräknades hypsografer som beskriver sambandet mellan sjödjup och area (Figur 3 och Figur 4). Äldre djupdata korrigerades med hänsyn till historiska regleringsförändringar.



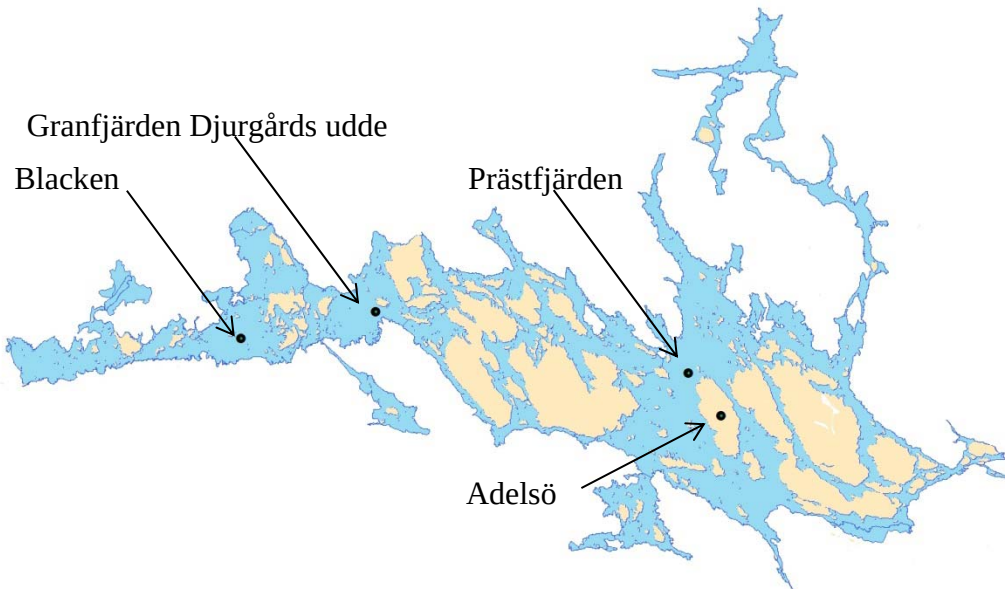
Figur 3. Hypsograf för västra Mälaren.



Figur 4. Hypsograf för östra Mälaren.

3.1.2 Validering av modellen

För att validera modellberäkningarna av vattentemperatur i Mälarens västra samt östra del har beräkningarna jämförts med observationer (Figur 5). Vattentemperaturen valideras mot observationer från stationerna Blacken och Granfjärden Djurgårds udde för västra Mälaren och Prästfjärden för östra Mälaren. Meteorologisk station Adelsö för indata till modellen.



Figur 5. Observationspunkter för vattentemperatur för västra Mälaren- Blacken och Granfjärden Djurgårds udde samt för östra Mälaren – Prästfjärden. Meteorologisk station Adelsö för indata till modellen.

3.1.3 Beräkning av isläggning och islossning

Islägningsdatum motsvarar den första dagen då istjockleken under minst tre dygn är större än noll. Islossningsdatum motsvara den första dagen då istjockleken är noll efter en period (3 dagar eller längre) med is.

3.1.4 Validering av beräkningar av isläggning och islossning

Det finns ett antal observationer över isläggning och islossning i Mälaren. Dessa återfinns på smhi.se (SMHI, 2017a) eller kan laddas ned via SMHIs Vattenwebb (SMHI, 2017b). Observationerna användes inte rakt av för att verifiera modellberäkningarna för is. Detta för att modellen har förenklat hur Mälaren beskrivs. Vikar beskrivs till exempel inte i modellen.

Modelldata kunde alltså inte direkt jämföras mot befintliga isobservationer men observationerna användes för att bedöma rimligheten i modellberäkningarna av isläggning och islossning över hela sjön.

SMHIs istjänst producerar under issäsongen (november till maj) iskartor för havet, Vätern och Mälaren (SMHI, 2017c). Dessa iskartor har också använts för att bedöma rimligheten i modellberäkningarna av isläggning och islossning över hela sjön.

3.1.5 Sammanställning av modellresultat

Temperaturen för ytvattnet respektive bottenvattnet beräknades genom att ett medelvärde från modellens tre övre respektive tre undre beräkningsceller bildades. Utifrån detta medelvärde har medeltemperaturen under de tre tidsperioderna 1997-2015, 2032-2050 och 2080-2098 sammanställts.

Max- och medeltemperaturberäknades för de tre tidsperioderna för ytvatten, bottenvatten samt var femte meter däremellan. Maxtemperaturen är det högsta värdet som beräknas uppnås under perioden.

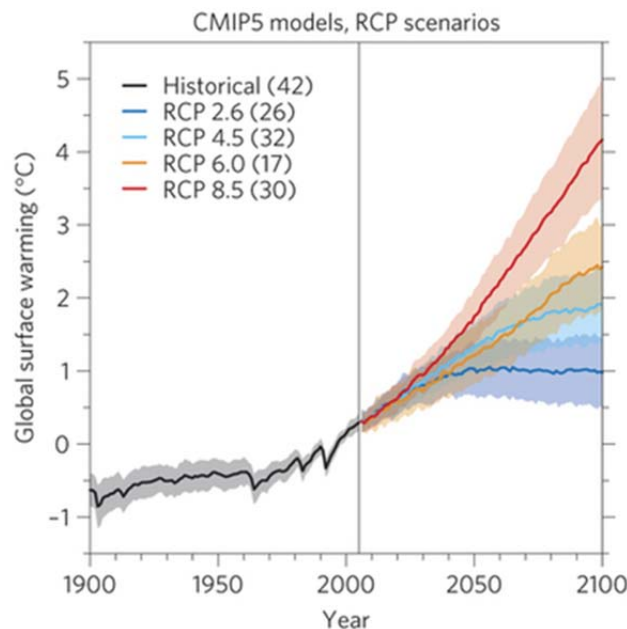
Antalet dagar med en ytvattentemperatur större än 5, 10, 15 respektive 20 grader under respektive perioder sammanställdes. Temperatur och period med isläggning har beräknats för varje enskild dag under 19-årsperioden för att sedan divideras med 19 år för att beräkna efterfrågat index per år.

I detta fall har det inte varit möjligt att beräkna osäkerheten i värdena så de ska betraktas som ungefärliga förändringar. Därför presenteras resultaten i halvgrader och antal dagar.

3.2 Framtida klimat

Klimatets utveckling i framtiden beror på hur atmosfärens innehåll av växthusgaser förändras. För att kunna studera framtidens klimat behövs antaganden om hur utsläppen av växthusgaser kommer att bli. Det finns flera möjliga utvecklingsvägar och vilken av dem som slår in beror på människans förmåga att begränsa utsläppen.

RCP-scenarier beskriver resultatet av utsläppen, den så kallade strålningsbalansen i atmosfären, för olika utvecklingsvägar fram till år 2100. I följande analys används två RCP-scenarier, RCP4.5 som bygger på begränsade utsläpp, och RCP8.5 med höga utsläpp (Figur 6) (IPCC, 2013).



Figur 6. Global uppvärmning relativt år 2000 för de fyra olika RCP-scenarierna. Från IPCC (2013).

För att göra beräkningar av det framtida klimatet krävs klimatmodeller. Det är matematiskt formulerade beskrivningar av de fysikaliska processerna i klimatsystemet. De globala klimatmodellerna beskriver hela jorden medan de regionala beskriver ett mer

förfinat delområde. Indelningen sker i så kallade gridboxar, ett 3-dimensionellt rutnät av atmosfären. Det är stora mängder data som bearbetas i klimatmodeller och därför görs beräkningar på superdatorer.

Den globala klimatmodelleringen görs med en relativt grov upplösning, vilket betyder att storleken på rutorna vid jordytan kan vara ca $200 \times 200 \text{ km}^2$. Den regionala klimatmodelleringen utförs med högre upplösning, ca $50 \times 50 \text{ km}^2$, och ger därför mer detaljerade beräkningar. I beräkningarna för Mälaren har ett underlag med nio olika globala klimatmodeller från olika institut runt om i världen använts. Rossby Centre vid SMHI har utfört regional modellering med den regionala klimatmodellen RCA4 (Strandberg m.fl. 2014).

3.3 Vattentemperaturer i ett framtida klimat

Beräkningen för vattentemperatur och is i ett framtida klimat sker på samma sätt som för dagens klimat (se "Beräkning av vattentemperatur, isläggning och islossning i dagens klimat") förutom att drivdata som beskriver lufttemperaturen har ändrats till framtida förhållanden för perioderna 2032-2050 och 2080-2098

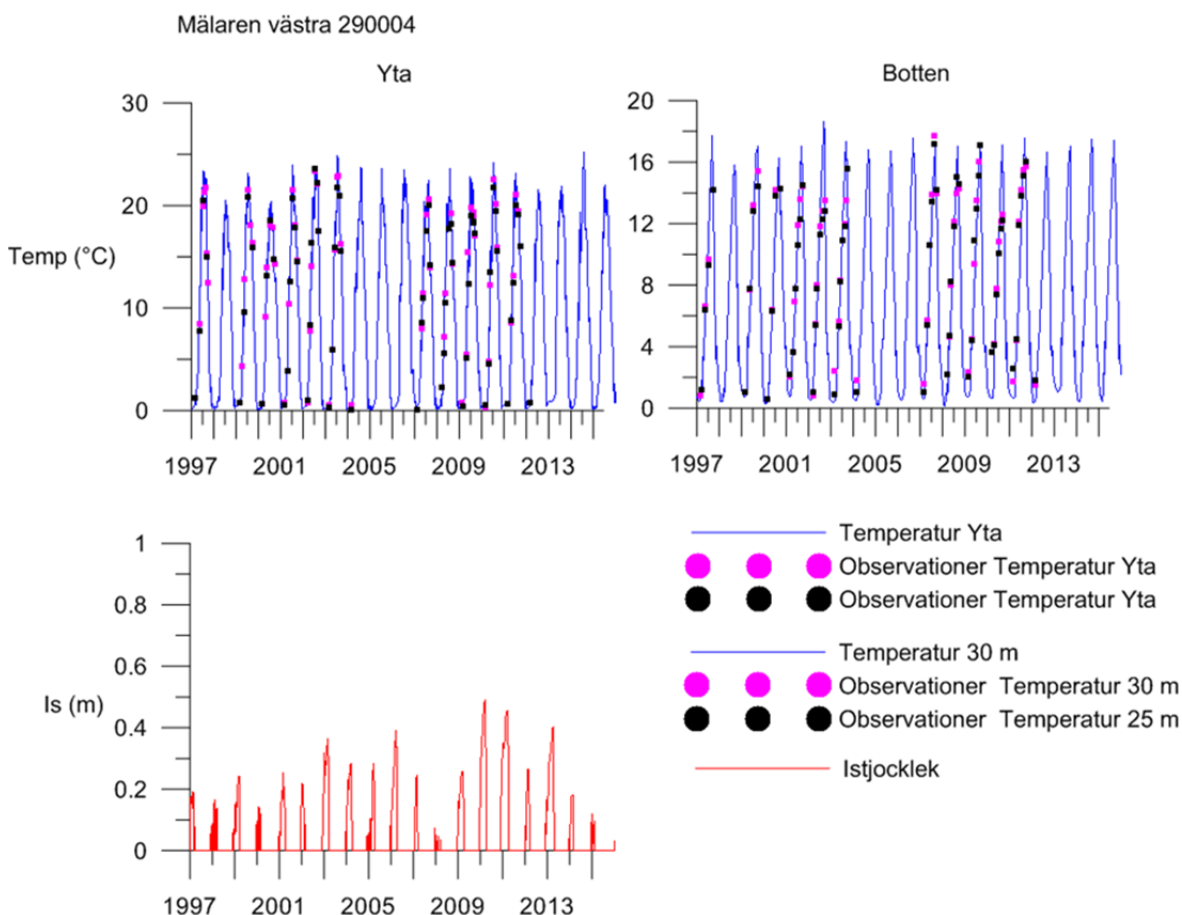
För att beskriva framtida klimat används den så kallade delta-metoden, som innebär att observerade data för en historisk period används och justeras för klimatförändringar. Klimatförändringar för de fyra olika parametrarna; temperatur, vind, molnmängd och relativ luftfuktighet studeras hos nio olika klimatscenarier och slutsatsen är att lufttemperatur är den parameter som förändras mest. Det är alltså enbart den som justerats. Förändringen i temperatur mellan den historiska perioden och de två framtida perioderna beräknas och förändringen i månadsmedelvärden adderas direkt på det historiska datasetet. På så vis skapas två dataset representativa för två framtida tidsperioder.

I den här rapporten har RCP4.5 och RCP8.5 använts för att beskriva framtida utvecklingsvägar i klimatmodellerna.

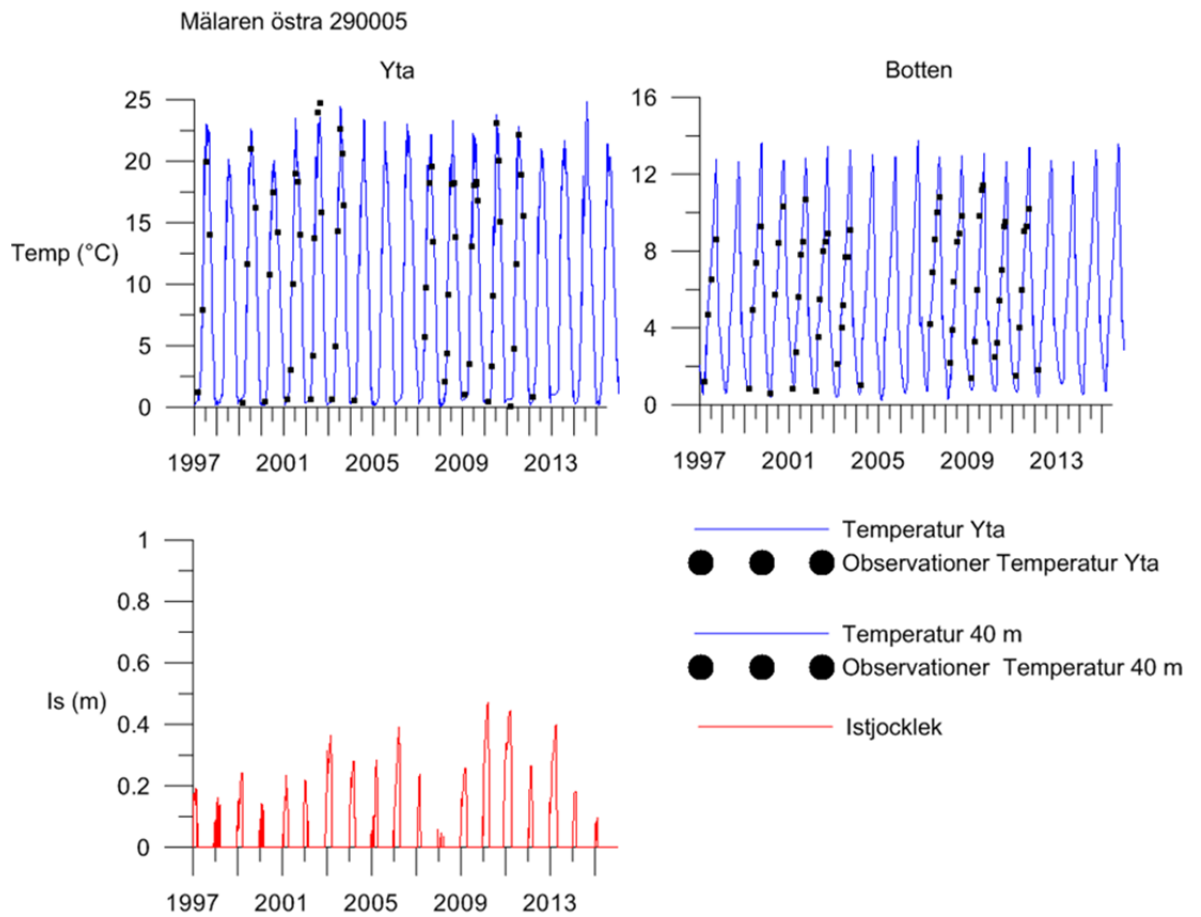
4 Resultat

I syfte att validera modellberäkningarna från Kustzonsmodellen i Mälarens västra samt östra del har beräkningarna jämförts med observationer (Figur 7 och Figur 8). Överst i figuren presenteras de beräknade värdena för temperaturen i ytvattnet och bottenvattnet från modellen samt observationer av dessa parametrar för stationerna Blacken och Granfjärden Djurgårds udde samt Prästfjärden.

Den nedersta grafen visar simulerad istjocklek. Beräkningarna har inte kunnat verifieras direkt mot observationer (Se kapitel 3.1.4) men har jämförts mot observationer och iskartor. Beskrivningen av när hela Mälaren är istäckt beskrivs relativt väl jämfört med iskartor och observationer.



Figur 7. De två övre graferna visar modellerad temperatur °C (blå) i yta respektive botten (34 m) i västra Mälaren. Observationer är från stationen Granfjärden Djurgårds udde (lila) och Blacken (svart). Den nedre grafen visar modellerad istjocklek i meter (röd). Beräkningarna jämförts mot observationer och iskartor.



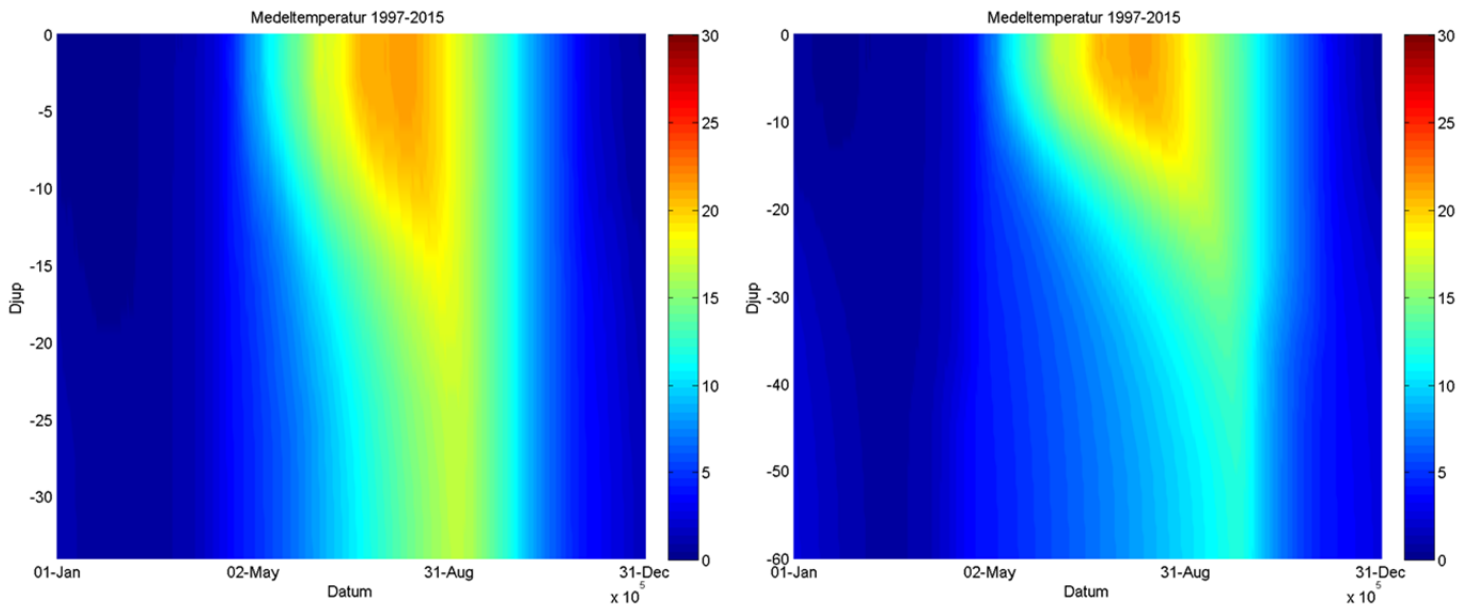
Figur 8. De två övre graferna visar modellerad temperatur °C (blå) i yta respektive botten (60 m) i östra Mälaren. Observationer är från stationen Prästfjärden (svart). Den nedre grafen visar modellerad istjocklek i meter (röd). Beräkningarna jämförts mot observationer och iskartor.

För att illustrera hur temperaturen ser ut i hela profilen visas den modellerade temperaturen för alla djup under ett normalår (Figur 9). Ett normalår innehåller medelvärdesbildade temperaturer för varje dag under perioden 1997-2015. Resultat från motsvarande beräkning för framtida klimat visas i Figur 10 till Figur 13.

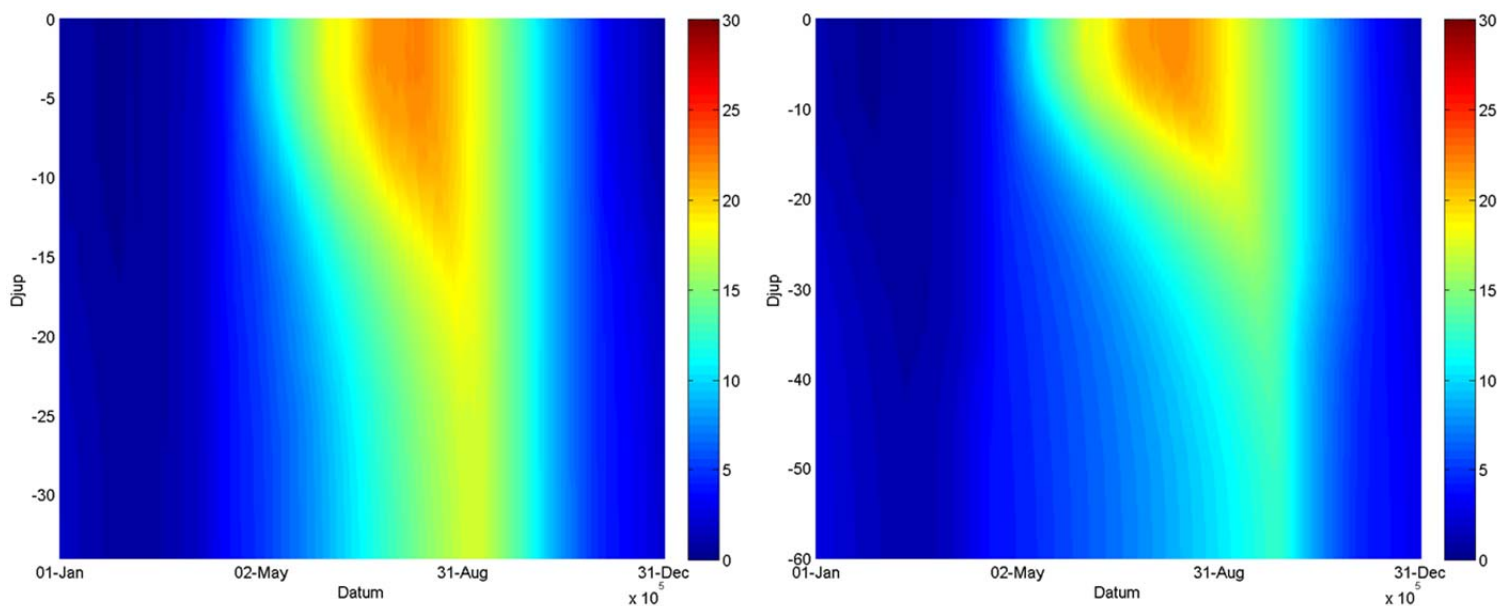
Sommartid kan en temperaturgradient i djupled ses, vilket tyder på att sjön är skiktad. För framtida klimat ökar den tidsperiod som sjön är skiktad. Simuleringarna visar också att det övre temperaturskiktet, det varmare, kommer djupare ned.

Vintertid blir perioden med riktigt kallt vatten betydligt kortare.

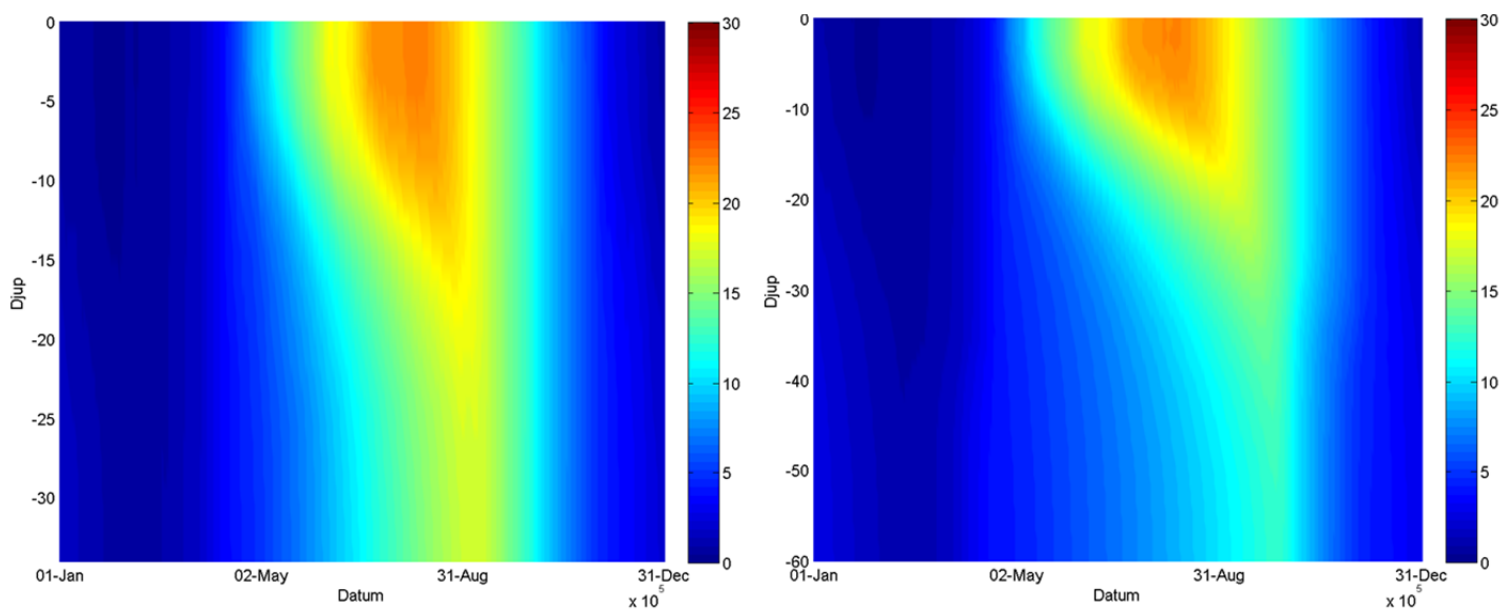
För grundare vikar bör inte dessa resultat översättas direkt. Temperaturen i mindre vikar beter sig annorlunda jämfört med de större bassängerna. Modellen tar inte hänsyn till in- och utflöde vilket medför att en viss försiktighet bör iaktas för mindre vikar i Mälaren som påverkas av tillrinning från vattendrag.



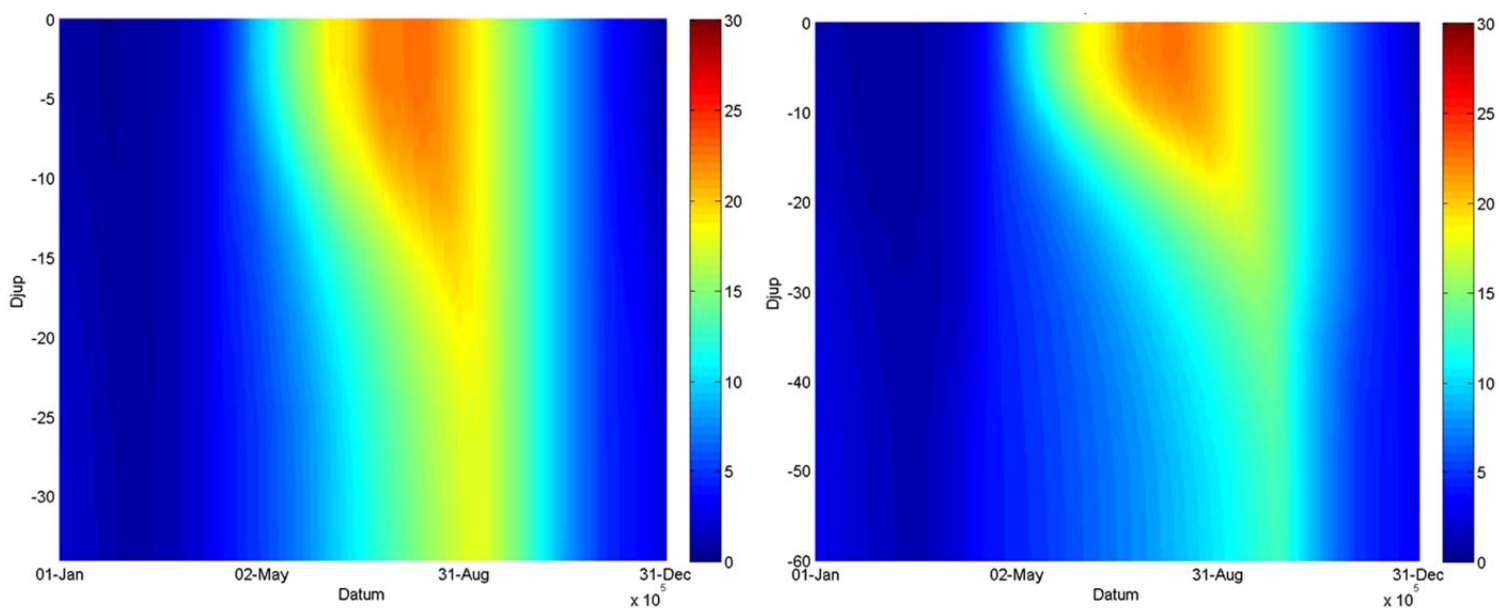
*Figur 9. Modellerad temperatur för alla djup (meter) under ett normalår(1997-2015)
Till vänster västra Mälaren och till höger östra Mälaren*



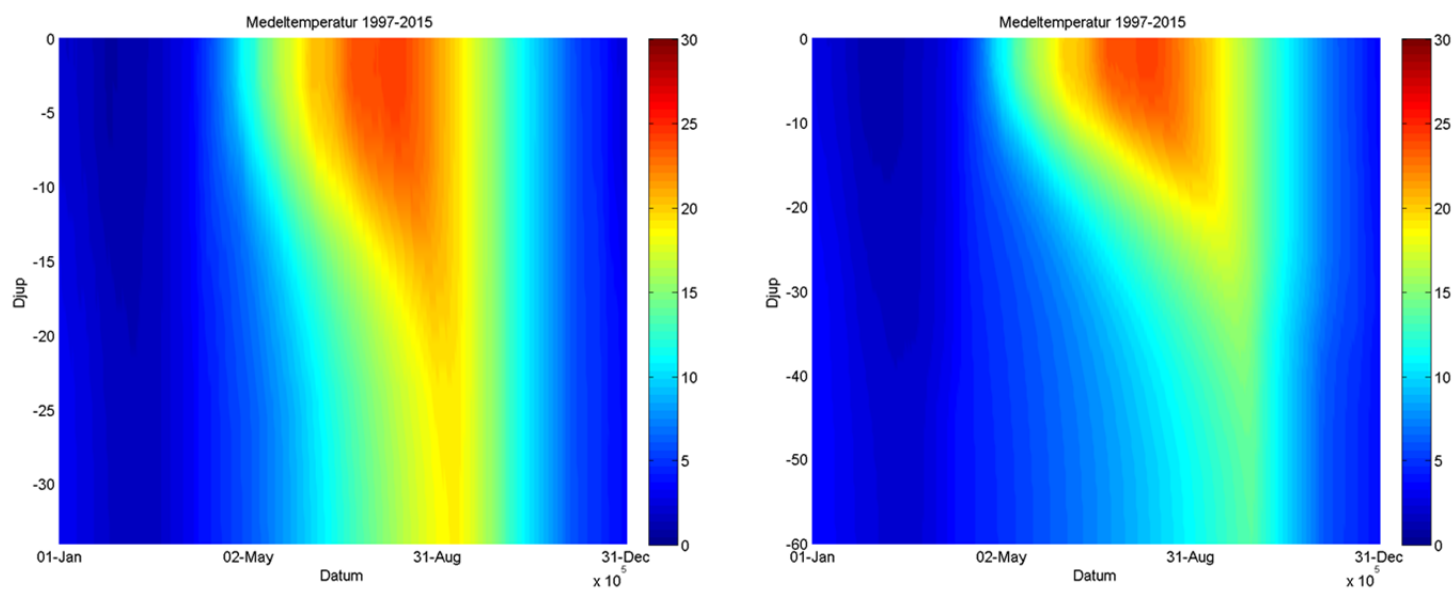
Figur 10. Modellerad temperatur för alla djup (m) under ett normalår baserat på perioden 2032-2050 med RCP4.5
Till vänster västra Mälaren och till höger östra Mälaren



Figur 11. Modellerad temperatur för alla djup (m) under ett normalår baserat på perioden 2032-2050 med RCP8.5.
Till vänster västra Mälaren och till höger östra Mälaren



Figur 12 Modellerad temperatur för alla djup (m) under ett normalår baserat på perioden 2080-2098 med RCP4.5
Till vänster västra Mälaren och till höger östra Mälaren.



Figur 13 Modellerad temperatur för alla djup (m) under ett normalår baserat på perioden 2080-2098 med RCP8.5.
Till vänster västra Mälaren och till höger östra Mälaren.

För att se hur temperatur och is förändras, enligt RCP4.5 samt RCP8.5, under de framtida perioderna 2032-2050 och 2080-2098 har ett antal indikatorer valts ut. Dessa visas i Tabell 1 och 2. Förändring i medeltemperatur och maxtemperatur för var femte meter från ytan till botten presenteras i Tabell 3 och Tabell 4.

Medeltemperaturen ökar i både yt- och bottenvatten till perioden i mitten av seklet och ytterligare något till perioden i slutet av seklet. Skillnaderna är liten mellan RCP4.5 och RCP8.5 i mitten av seklet men i slutet av seklet visar resultaten en större ökning i scenario RCP8.5.

Förekomsten av dagar då temperaturen överstiger 15 respektive 20 grader i ytvattnet ökar i båda scenarierna med störst ökning för scenario RCP8.5 i slutet av seklet. Vid jämförelse med referensperioden minskar antalet dagar med is för båda scenarierna.

Tabell 1. Olika parametrar för modellerad vattentemperatur och is i västra Mälaren, dels för referensperioden 1997-2015, dels ändringen till perioderna 2032-2050 samt 2080-2098. Beräkningar är gjorda för de båda utsläppsscenarierna RCP4.5 och RCP8.5. I detta fall har det inte varit möjligt att beräkna osäkerheten i värdena utan de ska betraktas som ungefärliga förändringar.

Västra Mälaren	1997-2015	Förändring till: 2032-2050 RCP4.5	Förändring till: 2032-2050 RCP8.5	Förändring till: 2080-2098 RCP4.5	Förändring till: 2080-2098 RCP8.5
Medeltemperatur ytvatten, °C	9,0	+0,5	+1,0	+1,5	+2,5
Medeltemperatur bottenvatten, °C.	6,5	+0,5	+0,5	+1,0	+2,0
Maxtemperatur ytvatten, °C	25,0	+1,0	+1,0	+1,5	+3,0
Maxtemperatur bottenvatten, °C	18,5	+0,5	+1,0	+1,5	+2,0
Antal dagar/år med en medeltemp i ytan >5°C	204	+11	+11	+20	+43
Antal dagar/år med en medeltemp. i ytan >10°C	160	+7	+8	+15	+31
Antal dagar/år med en medeltemp i ytan >15°C	109	+10	+10	+17	+35
Antal dagar/år med enmedeltemp i ytan >20°C	41	+15	+17	+26	+46
Antal dagar/år med is	82	-27	-27	-39	-61
Antal år med is	19 av 19	18 av 19	18 av 19	18 av 19	16 av 19

Tabell 2. Olika parametrar för modellerad vattentemperatur och is i östra Mälaren, dels för referensperioden 1997-2015, dels förändringen till perioderna 2032-2050 samt 2080-2098. Beräkningar är gjorda för de båda utsläppsscenarierna RCP4.5 och RCP8.5. I detta fall har det inte varit möjligt att beräkna osäkerheten i värdena utan de ska betraktas som ungefärliga förändringar.

Östra Mälaren	Period 1997- 2015	Förändring till: 2032-2050 RCP4.5	Förändring till: 2032-2050 RCP8.5	Förändring till: 2080-2098 RCP4.5	Förändring till: 2080-2098 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
Maxtemperatur ytvatten, °C	25,0	+0,5	+1,0	+1,5	+3,0
Maxtemperatur bottenvatten, °C	13,0	+0,5	+0,5	+1,0	+2,0
Antal dagar/år med medeltemperatur i ytvatten >5 °C	207	+11	+12	+20	+44
Antal dagar/år med medeltemperatur i ytvatten >10 °C	162	+8	+9	+15	+31
Antal dagar/år med medeltemperatur i ytvatten>15 °C	110	+10	+11	+17	+35
Antal dagar/år med 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

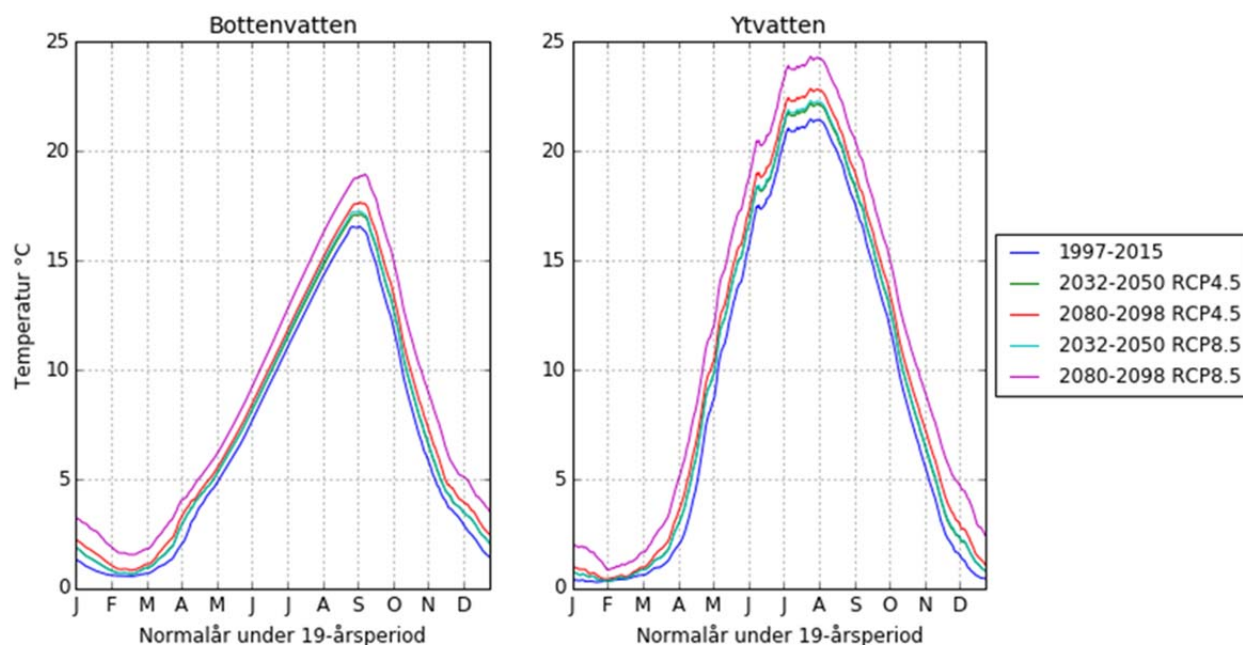
Tabell 3. Modellerad medelvattentemperatur vid olika djup västra Mälaren, dels för referensperioden 1997-2015, dels ändringen till perioderna 2032-2050 samt 2080-2098. Beräkningar är gjorda för de båda utsläppsscenarierna RCP4.5 och RCP8.5. I detta fall har det inte varit möjligt att beräkna osäkerheten i värdena men värdena ska betraktas som ungefärliga förändringar.

Västra Mälaren	1997-2015 grader C	Förändring till: 2032-2050 RCP4.5 grader C	Förändring till: 2032-2050 RCP8.5 grader C	Förändring till: 2080-2098 RCP4.5 grader C	Förändring till: 2080-2098 RCP8.5 grader C
Medeltemperatur ytvatten	9,0	+0,5	+1,0	+1,5	+2,5
Medeltemperatur 5 m	9,0	+0,5	+1,0	+1,0	+2,5
Medeltemperatur 10 m	8,0	+0,5	+0,5	+1,0	+2,0
Medeltemperatur 15 m	7,5	+0,5	+0,5	+1,0	+2,0
Medeltemperatur 20 m	7,0	+0,5	+0,5	+1,0	+2,0
Medeltemperatur 25 m	7,0	+0,5	+0,5	+1,0	+2,0
Medeltemperatur 30 m	6,5	+0,5	+0,5	+1,0	+2,0
Medeltemp. bottenvatten	6,5	+0,5	+0,5	+1,0	+2,0
Maxtemperatur ytvatten	25,0	+1,0	+1,0	+1,5	+3,0
Maxtemperatur 5 m	24,5	+0,5	+1,0	+1,5	+3,0
Maxtemperatur 10 m	22,5	+0,5	+1,0	+1,5	+3,0
Maxtemperatur 15 m	21,0	+0,5	+1,0	+1,5	+2,5
Maxtemperatur 20 m	19,5	+0,5	+1,0	+1,0	+2,5
Maxtemperatur 25 m	19,0	+0,5	+0,5	+1,0	+2,0
Maxtemperatur 30 m	18,5	+0,5	+0,5	+1,0	+2,5
Maxtemp. bottenvatten	18,5	+0,5	+1,0	+1,5	+2,0

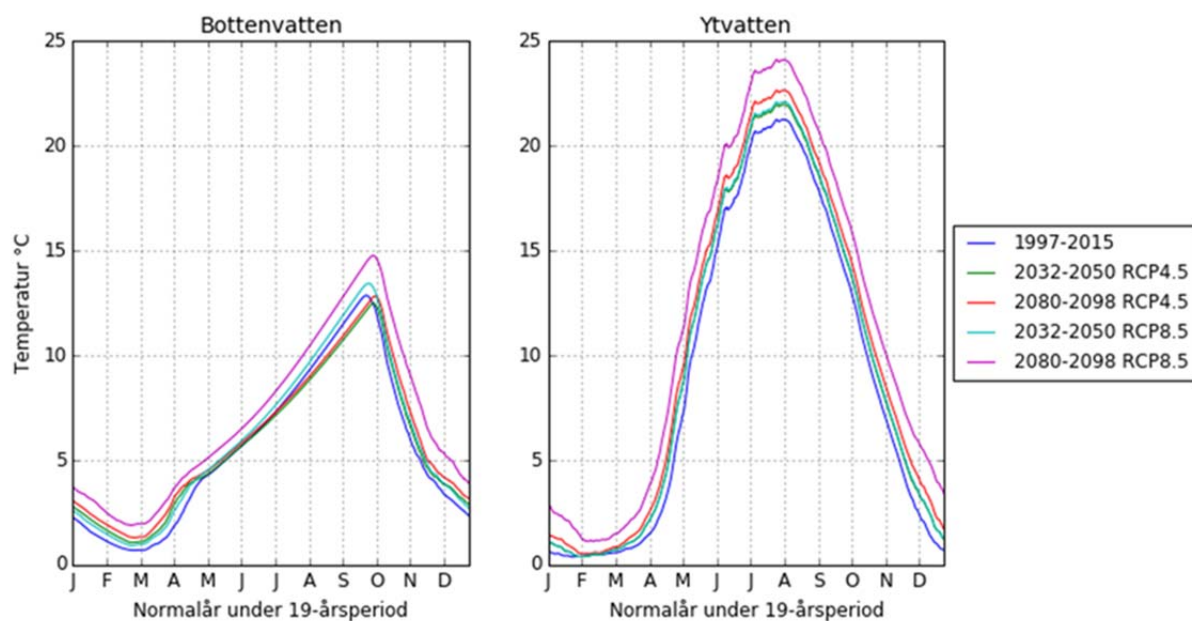
Tabell 4. Modellerad medelvattentemperatur vid olika djup i östra Mälaren, dels för referensperioden 1997-2015, dels förändringen till perioderna 2032-2050 samt 2080-2098. Beräkningar är gjorda för de båda utsläppsscenarierna RCP4.5 och RCP8.5. I detta fall har det inte varit möjligt att beräkna osäkerheten i värdena men värdena ska betraktas som ungefärliga förändringar.

Östra Mälaren	1997-2015 grader °C	Förändring till: 2032-2050 RCP4.5 grader °C	Förändring till: 2032-2050 RCP8.5 grader °C	Förändring till: 2080-2098 RCP4.5 grader °C	Förändring till: 2080-2098 RCP8.5 grader °C
Medeltemperatur ytvatten	9,0	+0,5	+1,0	+1,5	+2,5
Medeltemperatur 5 m	9,0	+0,5	+0,5	+1,5	+2,5
Medeltemperatur 10 m	8,5	+0,5	+0,5	+1,0	+2,5
Medeltemperatur 15 m	7,5	+0,5	+0,5	+1,0	+2,5
Medeltemperatur 20 m	7,0	+0,5	+0,5	+1,0	+2,0
Medeltemperatur 25 m	6,5	+0,5	+0,5	+1,0	+2,0
Medeltemperatur 30 m	6,0	+0,5	+0,5	+1,0	+1,5
Medeltemperatur 35 m	5,5	+0,5	+0,5	+1,0	+1,5
Medeltemperatur 40 m	5,5	+0,5	+0,5	+0,5	+1,5
Medeltemperatur 45 m	5,5	+0,5	+0,5	+0,5	+1,5
Medeltemperatur 50 m	5,5	+0,5	+0,5	+0,5	+1,5
Medeltemperatur 55 m	5,5	+0,5	+0,5	+0,5	+1,5
Medeltemp. bottenvatten	5,5	+0,5	+0,5	+0,5	+1,5
Maxtemperatur, ytvatten	25,0	+0,5	+1,0	+1,5	+3,0
Maxtemperatur 5 m	24,5	+1,0	+1,0	+1,5	+3,0
Maxtemperatur 10 m	22,5	+0,5	+1,0	+1,5	+2,5
Maxtemperatur 15 m	21,0	+0,5	+0,5	+1,0	+2,0
Maxtemperatur 20 m	19,0	+0,5	+1,0	+1,0	+2,0
Maxtemperatur 25 m	17,0	+0,5	+0,5	+1,0	+2,0
Maxtemperatur 30 m	15,5	+0,5	+0,5	+1,0	+2,0
Maxtemperatur 35 m	14,5	+0,5	+0,5	+1,0	+2,0
Maxtemperatur 40 m	14,0	+0,5	+0,5	+1,0	+2,0
Maxtemperatur 45 m	13,5	+0,5	+0,5	+1,0	+2,0
Maxtemperatur 50 m	13,0	+0,5	+0,5	+1,0	+2,0
Maxtemperatur 55 m	13,0	+0,5	+0,5	+1,0	+2,0
Maxtemp. bottenvatten	13,0	+0,5	+0,5	+1,0	+2,0

I ett framtida klimat ökar temperaturen i Mälarens yt- och bottenvatten jämfört med referensperioden. Temperaturen för ett normalår som baseras på 19-årsperioden redovisas i Figur 14 och Figur 15. Störst skillnad är det mellan referensperioden och den framtida perioden 2080-2098 i scenario RCP8.5. Förändringen är ungefär lika stor över hela året.



Figur 14. Beräknad temperatur för bottenvattnen och ytvatten under ett normalår i västra Mälaren för referensperiod (blå) och framtidsscenarioer (övriga).



Figur 15. Beräknad temperatur för bottenvattnen och ytvatten under ett normalår i östra Mälaren för referensperiod (blå) och framtidsscenarioer (övriga).

5 Diskussion

5.1 Resultat påverkas av val av modell och uppdelning av sjön

Det här är första gången SMHI gör beräkningar av vattentemperaturer i framtida klimat för Mälaren. Mälaren har delats upp i endast två bassänger vilket påverkar hur resultaten kan tolkas.

Resultaten för modellerad vattentemperatur överensstämmer väl med observationer från stationerna Blacken, Granfjärden Djurgårds udde och Prästfjärden för dagens klimat.

För grundare vikar bör inte resultaten översättas direkt eftersom temperaturen i dessa betar sig annorlunda jämfört med de större bassängerna. Modellen tar inte hänsyn till in- och utflöde vilket medför att en viss försiktighet bör iakttas för mindre vikar i Mälaren som påverkas av tillrinning från vattendrag.

Av samma anledning är beräkningen för förekomsten av is grov. De två bassängerna beskrivs som antingen islagda eller inte. Det går till exempel inte att beskriva förekomst av is i mindre vikar och samtidigt ett öppet vatten i de mer öppna delarna. Simuleringarna av is kan dock ge en indikation på hur förekomsten av is påverkas i ett framtida klimat. Beskrivningen av när hela Mälaren är istäckt beskrivs relativt väl jämfört med iskartor och observationer.

Med den metoden som använts för beräkning av vattentemperatur och isförhållanden har det av beräkningstekniska skäl inte gått att ta fram någon osäkerhet i vattentemperaturen. Det ska dock påpekas att det i resultatet för framtida vattentemperaturer och is finns osäkerheter och att värdena ska betraktas som ungefärliga.

6 Slutsats

De tydligaste förändringarna i Mälaren i ett framtida klimat beräknas bli högre vattentemperaturer och kortare period med is. I beräkningarna har två framtidsscenarioer använts, vilka baseras på mängden växthusgaser i atmosfären. I det högre scenariot, vilket motsvarar dagens utsläppsnivåer, ökar vattentemperaturen mer jämfört med scenariot där utsläppen av växthusgaser är begränsade.

Sammanfattning av resultaten för klimatscenerierna:

- Den årliga perioden som Mälaren är täckt med is beräknas minska med en månad till två månader mot slutet av seklet.
- Ytvattnets medeltemperatur beräknas öka 1,5 till 2,5 grader för båda bassängerna. Förändringen är ungefär lika stor under hela året.
- Bottenvattnets medeltemperatur väntas öka mellan 1 till 2 grader i den grundare västra bassängen och 0,5 till 1,5 grader i den djupare östra bassängen. Förändringen är ungefär lika stor under hela året.
- Maxtemperaturen ökar något mer än medeltemperaturen för både ytvatten och bottenvatten.
- Den period som ytvattnets dygnsmedeltemperatur är över 20 grader, ökar med cirka en månad upp till en och en halv månad.

Medeltemperaturen och maxtemperaturen för dagens klimat är beräknad utifrån tidsperioden 1997-2015 och utifrån 2032-2050 och 2080-2098 för ett framtida klimat. Maxtemperaturen är det högsta värdet som beräknas uppnås under perioden.

Tackord

Vi vill tacka Mälarens referensgrupp för värdefulla synpunkter till rapporten. Referensgruppen har bestått av Karin Willis från Länsstyrelsen i Stockholms län, Kaj Hellner från Länsstyrelsen i Södermanlands län, Karin Gustavsson från Länsstyrelsen i Uppsala län, Måns Enander från Länsstyrelsen i Västmanlands län, Ingrid Hägermark från Mälarens vattenvårdsförbund, Joakim Lücke från Stockholm Vatten och Avfall, Kristina Dahlberg från Norrvatten, Henrik Tengbert från Sjöfartsverket, Torbjörn Granqvist från Stockholms hamnar, Jon Wessling från LRF, Mikael Alm från Trafikverket, Monica Granberg från Structor, Magnus Sannebro från Stockholms Stad, Olof Bergold från Västerås stad, Gustav Björnstad från Strängnäs kommun, Louise Andersson från Upplands-Väsby kommun.

Vi vill också tacka Johan Andreasson, Lena Lindström och Jörgen Sahlberg på SMHI för stor hjälp under olika delar av arbetet med rapporten.



Figur 16. Referensgruppen för Mälaren vid Skeppsholmens havsvattenståndsmätare.

Referenser

- Eklund, A., Tofeldt, L., Tengdelius-Brunell, J., Johnell, A., German, J., Sjökvist, E., Rasmusson, M., Andersson, E., (2017a), Vattennivåer, tappningar, vattentemperaturer och is i Vättern - Beräkningar för dagens och framtidens klimatförhållanden, SMHI Klimatologi Rapport nr 42, Norrköping.
- Eklund, A., Johnell, A., Tofeldt, L., Tengdelius-Brunell, J., Andersson, M., Ivarsson, C.-L., German, J., Sjökvist, E., Andersson, E., (2017b), Vattennivåer, tappningar, vattentemperaturer och is i Hjälmaren - Beräkningar för dagens och framtidens klimatförhållanden, SMHI Klimatologi Rapport nr 43, Norrköping.
- Eklund, A., Tofeldt, L., Johnell, A., Andersson, M., Tengdelius-Brunell, J., German, J., Sjökvist, E., Rasmusson, M., Harbman, U., Andersson, E., (2017c), Vattennivåer, tappningar, vattentemperatur och is i Väneren Beräkningar för dagens och framtidens klimatförhållanden, SMHI Klimatologi Rapport nr 44, Norrköping.
- IPCC, (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the IPCC 5th Assessment Report. [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex & P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- Länsstyrelsen i Västmanlands län (2017) Länsstyrelsens webbplats ”Fiskar och yrkesfiske i Mälaren och Hjälmaren”
<http://www.lansstyrelsen.se/Vastmanland/Sv/naringsliv-och-foreningar/fiskerinarang/Pages/yrkesfisket-i-malaren-och-hjalmaren.aspx> Sidan besökt 2017-10-09.
- Marmefelt, E., Arheimer, B. and Langner, J. (1999). An integrated biochemical model system for the Baltic Sea. *Hydrobiologia*, 393, 45-56.
- Mälarens vattenvårdsförbund /Liungman, O., 2010, Hydrodynamisk modellstudie av Mälaren, Projektrapport utförd av DHI. Uppdragsnummer: 12801255.
- Sahlberg, J. (2009) The Coastal Zone Model. SMHI Reports Oceanography. No.98.
- Sjöfartsverket (2017) Sjöfartsverkets webbplats ”Mälarleden”,
<http://www.sjofartsverket.se/sv/Sjofart/Lotsning/Lotsomraden/Lotsomrade-Sodertalje/Farleder--broar/Malarleden/> Sidan besökt 2017-11-27.
- SMHI (2017a) SMHI:s webbplats ”Is på sjöar och vattendrag”,
<https://www.smhi.se/klimatdata/hydrologi/is-pa-sjoar-och-vattendrag> , Sidan besökt 2017-11-07.
- SMHI (2017b) Vattenwebb, <http://vattenwebb.smhi.se/> Sidan besökt 2017-11-15.
- SMHI (2017c) SMHI:s webbplats ”Havsis”
<https://www.smhi.se/klimatdata/oceanografi/havsis> Sidan besökt 2017-11-07.
- Strandberg, G., Bärring, L., Hansson, U., Jansson, C., Jones, C., Kjellström, E., Kolax, M., Kupiainen, Nikulin, G., Samuelsson, P., Ullerstig, A. och Wang, S. (2014). CORDEX scenarios for Europe from the Rossby Centre regional climate model RCA4. Reports Meteorology and Climatology, 116, SMHI.
- Wallin, M., Andersson, B., Johnson, R., Kvarnäs, H., Persson, G., Weyhenmeyer, G., Willén, E. 2000. Mälaren – miljötillstånd och utveckling 1965-98. Mälarens vattenvårdsförbund.

SMHIs publiceringar

SMHI ger ut sju rapportserier. Tre av dessa, R-serierna är avsedda för internationell publik och skrivs därför oftast på engelska. I de övriga serierna används det svenska språket.

Seriernas namn	Publiceras sedan
RMK (Report Meteorology and Climatology)	1974
RH (Report Hydrology)	1990
RO (Report Oceanography)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985
KLIMATOLOGI	2009

I serien KLIMATOLOGI har tidigare utgivits:

- | | |
|--|--|
| <p>1 Lotta Andersson, Julie Wilk, Phil Graham, Michele Warburton (University KwaZulu Natal) (2009)
Local Assessment of Vulnerability to Climate Change Impacts on Water Resources in the Upper Thukela River Basin, South Africa – Recommendations for Adaptation</p> <p>2 Gunn Persson, Markku Rummukainen (2010)
Klimatförändringarnas effekter på svenskt miljömålsarbete</p> <p>3 Jonas Olsson, Joel Dahné, Jonas German, Bo Westergren, Mathias von Scherling, Lena Kjellson, Fredrik Ohls, Alf Olsson (2010)
En studie av framtida flödesbelastning på Stockholms huvudavloppssystem</p> <p>4 Markku Rummukainen, Daniel J. A. Johansson, Christian Azar, Joakim Langner, Ralf Doescher, Henrik Smith (2011)
Uppdatering av den vetenskapliga grunden för klimatarbetet. En översyn av natur-vetenskapliga aspekter</p> <p>5 Sten Bergström (2012)
Framtidens havsnivåer i ett hundraårsperspektiv – kunskapssammanställning 2012</p> <p>6 Jonas Olsson och Kean Foster (2013)
Extrem korttidsnederbörd i klimatprojektioner för Sverige</p> | <p>7 FNs klimatpanel – Sammanfattning för beslutsfattare. Effekter, anpassning och sårbarhet. Bidrag från arbetsgrupp 2 (WG 2) till den femte utvärderingen (AR 5) från Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (2014)</p> <p>8 Att begränsa klimatförändringar. FNs klimatpanel – Sammanfattning för beslutsfattare. Bidrag från arbetsgrupp 3 (WG 3) till den femte utvärderingen (AR 5) från Intergovernmental Panel on Climate Change (2015)</p> <p>9. Erik Kjellström SMHI. Reino Abrahamsson, Pelle Boberg, Eva Jernbäcker Naturvårdsverket. Marie Karlberg, Julien Morel
Energimyndigheten och Åsa Sjöström SMHI (2014)
Uppdatering av det klimatvetenskapliga kunskapsläget</p> <p>10. Risker och konsekvenser för samhället av förändrat klimat – en kunskapsöversikt (2014)</p> <p>11. Gunn Persson (2015)
Vägledning för användande av klimatscenarier</p> <p>12 Lotta Andersson, Anna Bohman, Lisa van Well, Anna Jonsson, Gunn Persson och Johanna Farelus (2015)
Underlag till kontrollstation 2015 för anpassning till ett förändrat klimat</p> <p>13. Gunn Persson (2015)
Sveriges klimat 1860-2014. Underlag till Dricksvattenutredningen</p> |
|--|--|

14. Anna Eklund, Jenny Axén Mårtensson, Sten Bergström, Emil Björck, Joel Dahné, Lena Lindström, Daniel Nordborg, Jonas Olsson, Lennart Simonsson och Elin Sjökvist (2015) Sveriges framtida klimat. Underlag till Dricksvattensutredningen
15. Elin Sjökvist, Jenny Axén Mårtensson, Joel Dahné, Nina Köplin, Emil Björck, Linda Nylén, Gitte Berglöv, Johanna Tengdelius Brunell, Daniel Nordborg, Kristoffer Hallberg, Johan Södling, Steve Berggreen-Clausen (2015) Klimatscenarier för Sverige - Bearbetning av RCP-scenarier för meteorologiska och hydrologiska effektstudier
16. Elin Sjökvist, Gunn Persson, Jenny Axén Mårtensson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson och Håkan Persson (2015) Framtidsklimat i Dalarnas län – enligt RCP-scenarier
17. Linda Nylén, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Värmlands län – enligt RCP-scenarier
18. Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Örebro län – enligt RCP-scenarier
19. Alexandra Ohlsson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Västmanlands län – enligt RCP-scenarier
20. Elin Sjökvist, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson (2015) Framtidsklimat i Uppsala län – enligt RCP-scenarier
21. Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Stockholms län – enligt RCP-scenarier
22. Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Södermanlands län – enligt RCP-scenarier
23. Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Östergötlands län – enligt RCP-scenarier
24. Gitte Berglöv, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Västra Götalands län – enligt RCP-scenarier
25. Alexandra Ohlsson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Jönköpings län – enligt RCP-scenarier
26. Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Kalmar län – enligt RCP-scenarier
27. Gitte Berglöv, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Kronobergs län – Enligt RCP-scenarier

28. Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Hallands län – enligt RCP-scenarier
29. Alexandra Ohlsson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Skåne län – enligt RCP-scenarier
30. Alexandra Ohlsson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Blekinge län – enligt RCP-scenarier.
31. Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Gotlands län – enligt RCP-scenarier
32. Gitte Berglöv, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Norrbottens län – enligt RCP-scenarier
33. Gitte Berglöv, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Västerbottens län – enligt RCP-scenarier
34. Linda Nylén, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Jämtlands län – enligt RCP-scenarier
35. Linda Nylén, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Västernorrlands län – enligt RCP-scenarier
36. Linda Nylén, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Gävleborgs län – enligt RCP-scenarier
37. Jonas Olsson, Weine Josefsson (red.) (2015) Skyfallsuppdraget - ett regeringsuppdrag till SMHI
38. Gunn Persson, Linda Nylén, Steve Berggreen-Clausen, Peter Berg, David Rayner och Elin Sjökvist (2015) Från utsläppsscenarioer till lokal nederbörd och översvämningsrisker
39. Anna Eklund, Jenny Axén Mårtensson, Sten Bergström och Elin Sjökvist (2015) Framtidens vattentillgång i Mälaren, Göta älv, Bolmen, Vombsjön och Gavleån. Underlag till Dricksvattenutredningen
40. Anna Bohman (Centrum för klimatpolitisk forskning, CSPR) vid Linköpings universitet, Lotta Andersson, SMHI och CSPR, Linköpings universitet samt Åsa Sjöström, SMHI. (2016) Förslag till en metod för uppföljning av det nationella klimatanpassningsarbetet. Redovisning av ett regeringsuppdrag December 2016
41. SMHI (2017) Framtida medelvattenstånd längs Sveriges kust (Ej publicerad)
42. Anna Eklund, Linda Tofeldt, Johanna Tengdelius-Brunell, Anna Johnell, Jonas German, Elin Sjökvist, Maria Rasmusson, Elinor Andersson (2017) Vattennivåer, tappningar, vattentemperaturer och is i Vättern Beräkningar för dagens och framtidens klimatförhållanden

43. Anna Eklund, Anna Johnell, Linda Tofeldt, Johanna Tengdelius-Brunell, Maria Andersson, Cajsa-Lisa Ivarsson, Jonas German, Elin Sjökvist och Elinor Andersson (2017)
Vattennivåer, tappningar, vattentemperaturer och is i Hjälmaren
Beräkningar för dagens och framtidens klimatförhållanden
44. Anna Eklund, Linda Tofeldt, Anna Johnell, Maria Andersson, Johanna Tengdelius-Brunell, Jonas German, Elin Sjökvist, Maria Rasmusson, Ulrika Harbman, Elinor Andersson (2017)
Vattennivåer, tappningar, vattentemperatur och is i Vänern
Beräkningar för dagens och framtidens klimatförhållanden
45. Sofie Schöld, Cajsa-Lisa Ivarsson, Signild Nerheim och Johan Södling (2017)
Beräkning av högsta vattenstånd längs Sveriges kust
(Ej publicerad)
46. Katarina Stensen, Johanna Tengdelius-Brunell, Elin Sjökvist, Elinor Andersson, Anna Eklund (2017)
Vattentemperaturer och is i Mälaren
Beräkningar för dagens och framtidens klimatförhållanden



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 NORRKÖPING
Tel 011-495 80 00 Fax 011-495 80 01

ISSN