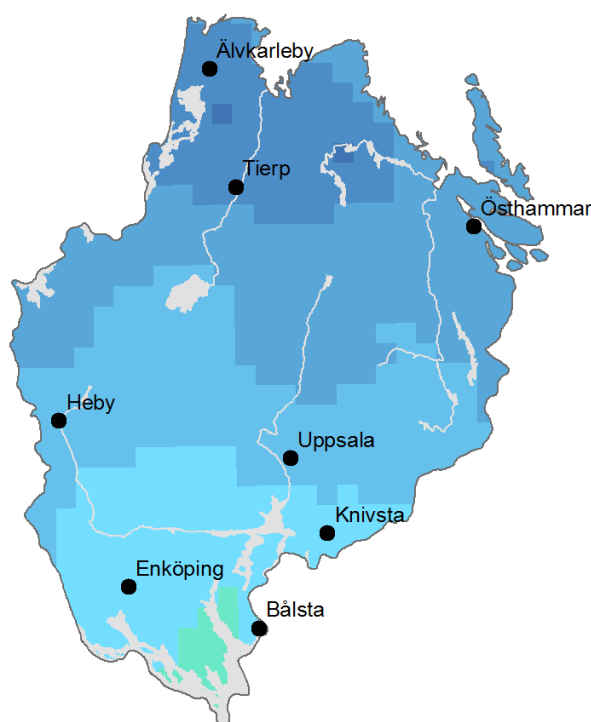


Framtidsklimat i Uppsala län

– enligt RCP-scenarier

Elin Sjökvist, Magnus Asp, Jenny Axén Mårtensson, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson och Håkan Persson



Pärmbilden visar den beräknade maximala 7-dygnsnederbördens mängd vid slutet av seklet enligt RCP8.5.

KLIMATOLOGI Nr 20, 2015

Framtidsklimat i Uppsala län

– enligt RCP-scenarier

Elin Sjökvist, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson

Sammanfattning

Hur klimatet i Uppsala län utvecklas beror på hur användningen av fossila bränslen blir i framtiden, dvs. hur mycket mängden växthusgaser ökar i atmosfären. Rapporten beskriver dagens och framtidens klimat i Uppsala län baserat på observationer och beräkningar utifrån två olika utvecklingsvägar, begränsade utsläpp (RCP4.5) respektive höga utsläpp (RCP8.5).

Geografiskt detaljerade klimatdata har framtagits och använts för hydrologisk modellering. Resultaten beskrivs i form av olika klimatindex, dvs. medelvärden, säsongsvariationer och mer extrema förhållanden, baserade på statistiska bearbetningar av modelldata.

Uppvärmningen för Uppsala län beräknas till ca 3 grader enligt RCP4.5 och ca 5 grader enligt RCP8.5 till slutet av seklet. Störst uppvärmning sker vintertid med uppemot 6 grader enligt RCP8.5. Vegetationsperioden ökar med upp till 3 månader och antalet varma dagar blir fler. RCP8.5 visar ett årsmedelvärde på 20 dagar i följd med dygnsmedeltemperaturer på över 20°C i slutet av seklet.

Årsmedelnederbörden ökar med 20-30 %. Nederbörden ökar mest under vinter och vår, upp till 40 %. Den kraftiga nederbörden ökar också, maximal dygnsnederbörd kan öka med 25 % och 1-timmesnederbörden upp till 30 %.

För länet ses en ökning av total årstillrinning med ca 10 % vid slutet av seklet för de flesta analyserade vattendrag. Under vår- och sommarperioderna väntas en minskning av tillrinningen för vattendragen. Under höstperioden väntas tillrinningen öka med ca 20 %. Tillrinning med återkomsttid 10 år väntas vara oförändrad eller minskande beroende på var man är i länet.

Vattendragen uppvisar typiska drag, med tydlig flödestopp på våren, den s.k. vårfloden och en relativt lång vegetationsperiod med låga flöden. Framtidsscenarierna visar på högre vinterflöden och vårflödestopparna har förvunnit. En längre säsong med lägre flöden kan också förväntas. Antalet dagar då tillrinningen är låg ökar. Störst förändring beräknas för Fyrisån med nära en fördubbling av antalet dagar i slutet av seklet.

Antalet dagar med låg markfuktighet ökar i framtiden. Från dagens 15 dagar till 30 dagar (RCP4.5) eller 45 dagar (RCP8.5) mot slutet av seklet.

Summary

The report describes today's and future climate in Uppsala County based on observations and climate modelling. Regional modelled RCP4.5 and RCP8.5 scenarios have been further downscaled to 4×4 km² resolution. The results are presented as meteorological and hydrological indices based on statistically processed model data.

Ordlista

Avrinningsområde	Det landområde från vilket nederbörden förr eller senare kommer ut som vatten i vattendraget vid en angiven plats.
DBS-metoden	"Distribution Based Scaling" är ett verktyg för att korrigera klimatmodellernas utdata så att de kan användas som indata till hydrologisk modellering. Med DBS-skalering fås en högre rumslig upplösning av data.
Flöde	Här avses vattenflöde dvs. hur mycket vatten som rinner i vattendragen.
Global klimatmodell (GCM)	På engelska "Global Circulation Model" eller "Global Climate Model". En global klimatmodell beskriver hela jordklotet och de processer som sker i atmosfären, havet, havsisen och marken.
Gridbox	I en klimatmodell delas atmosfären upp i tredimensionella lådor, så kallade gridboxar. I varje gridbox räknas alla klimatologiska variabler ut som beskriver klimatet i den boxen.
HBV	En hydrologisk modell som beräknar markfuktighet, snöackumulation, snösmältning, avdunstning och avrinning/tillrinning samt beskriver vattnets väg i avrinningsområdet.
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change. Även benämnd FN:s klimatpanel.
Klimatindex	Bearbetade utdata från klimatmodeller. De kan beskriva medelvärden, säsongsvariationer men också mer extrema förhållanden.
Klimatscenario	En beskrivning av en tänkbar klimatutveckling i framtiden med hjälp av antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser, en global och en regional klimatmodell.
Osäkerhet	Det finns olika källor till osäkerheter i frågan om framtidens klimat. Den största osäkerheten ligger i hur mycket växthusgaser människan kommer släppa ut i framtiden. Det finns även osäkerheter i klimatmodellerna, t.ex. beroende på begränsad upplösning i både tid och rum.
RCA	Rosby Centre Regional Climate model (RCA) är en regional klimatmodell som utvecklas och används av SMHI:s klimatforskningsgrupp.
RCP	RCP:er är möjliga utvecklingsvägar för strålningsbalansen med det gemensamma namnet "representativa koncentrationsutvecklingsbanor" från engelskans "Representative Concentration Pathways (RCP)". RCP:erna är namngivna efter den nivå av strålningsdrivning i W/m^2 som uppnås år 2100. RCP-scenarier låg till grund för IPCC:s rapport 2013.
Referensperiod	SMHI använder referensperioden 1961-1990 för att definiera dagens klimat. Nya observationer jämförs med medelvärdet för 1961-1990 för att säga hur de avviker från det normala. Meteorologiska världsorganisationen, WMO, definierar referensperioderna och nästa period blir 1991-2020.
Regional klimatmodell (RCM)	Beskriver klimatet för en del av jordklotet, en region. En regional klimatmodell använder alltid indata från en global klimatmodell.
SRES	Scenarier som beskriver framtida utsläpp av växthusgaser, baserade på antaganden om den framtida utvecklingen av världen. SRES-scenarier användes i de beräkningar av

	framtidens klimat som låg till grund för arbetet med IPCC:s rapporter från år 2000 och 2007. SRES= Special Report on Emission Scenarios.
Strålningsdrivning	Strålningsdrivningen är skillnaden mellan hur mycket energi solstrålningen som träffar jorden innehåller och hur mycket energi som jorden strålar ut i rymden igen. Denna energi mäts i enheten watt per kvadratmeter, W/m ² . Strålningsdrivningen ökar då mängden växthusgaser ökar i atmosfären, vilket resulterar i en global ökning av temperaturen på jorden. För att studera framtida klimat finns ett antal strålningsdrivningsscenarier att utgå ifrån, se "RCP".
Trend	Här används begreppet som "en förändring över tid".
Upplösning	Upplösningen är storleken på gridboxarna i klimatmodellen. Låg upplösning (stora gridboxar) ger mindre detaljerad information, men kostar mindre datorkraft. Hög upplösning (små gridboxar) ger mer detaljerad information, men kostar mer datorkraft.
Variabilitet	Variabilitet är en viktig faktor inom klimatologin. Klimatet är inte bara genomsnittliga värden utan klimat kännetecknas av variationer i tid och rum som kan hänga ihop med till exempel växelverkan mellan atmosfären och havet.
Växthusgaser	Atmosfären som omger jorden har förmågan att bevara energin från solen så att jordytan blir varmare än vad den skulle varit om atmosfären inte fanns. Den s.k. naturliga växthuseffekten bygger på naturlig förekomst av en viss mängd vattenånga och koldioxid i atmosfären. Vattenånga och koldioxid är de viktigaste växthusgaserna. Atmosfärens sammansättning har sedan den förindustriella tiden successivt förändrats på grund av mänsklig aktivitet. De vanligaste växthusgaserna som vi människor släpper ut är koldioxid, metan, dikväveoxid (lustgas) och ozon, men även en rad industrigaser spelar roll.
Återkomsttid	Ett mått på hur ofta förekomsten av extrema naturliga händelser kan förväntas. Med en händelses återkomsttid menas att händelsen i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under denna tid. Ett värde som har en återkomsttid på 100 år uppnås eller överträffas i genomsnitt en gång på 100 år. Det innebär att sannolikheten är en (1) procent varje enskilt år. Eftersom man exponerar sig för risken under flera år blir den ackumulerade risken avsevärt större. För en konstruktion vars livslängd beräknas till 100 år blir den ackumulerade risken hela 63 % att 100-årsvärdet överskrids någon gång under 100 år. Om säkerhetsnivån väljs till 100-årsvärdet är risken att det värdet överskrids större än att det underskrids. Det är alltså troligare att konstruktionen, under sin livslängd, kommer att utsättas för förhållanden utöver den nivå som valts än att den nivån aldrig inträffar. För 10-årsvärdet är sannolikheten 65 % att det överskrids någon gång under 10 år.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
2	BAKGRUND	1
3	METOD OCH PRESENTATION	1
3.1	Antaganden, modeller och databearbetning.....	1
3.2	Osäkerheter	2
3.3	Generella resultat för Sverige	3
3.4	Jämförelse SRES-RCP.....	3
3.5	Läsanvisningar.....	5
3.5.1	Kartor	5
3.5.2	Diagram	5
4	TEMPERATUR	7
4.1	Årsmedeltemperatur	7
4.2	Medeltemperatur vinter.....	9
4.3	Medeltemperatur vår	11
4.4	Medeltemperatur sommar	13
4.5	Medeltemperatur höst.....	15
4.6	Vegetationsperiodens längd	17
4.7	Vegetationsperiodens starttidpunkt	19
4.8	Värmebölja.....	21
4.9	Graddagar för uppvärmning.....	23
4.10	Graddagar för kylning.....	25
5	NEDERBÖRD	27
5.1	Årsmedelnederbörd	27
5.2	Medelnederbörd vinter.....	29
5.3	Medelnederbörd vår	31
5.4	Medelnederbörd sommar	33
5.5	Medelnederbörd höst.....	35
5.6	Antal dagar med mer än 10 mm nederbörd.....	37
5.7	Maximal dygnsnederbörd.....	39
5.8	Maximal 7-dygnsnederbörd.....	41
5.9	Förändring av korttidsnederbörd.....	43
6	TOTAL MEDELTILLRINNING	44
6.1	Förändrad total medeltillrinning för år och säsonger.....	44
6.2	Förändrad total 10-årstillrinning	50
6.3	Förändrad total 100-årstillrinning	52

7	LOKAL MEDELTILLRINNING.....	54
7.1	Förändrad lokal årsmedeltillrinning.....	54
7.2	Förändrad lokal medeltillrinning vinter	56
7.3	Förändrad lokal medeltillrinning vår.....	57
7.4	Förändrad lokal medeltillrinning sommar	58
7.5	Förändrad lokal medeltillrinning höst	59
7.6	Antal dagar med lågflöde	60
8	TILLRINNINGENS ÅRSDYNAMIK	62
9	MARKFUKTIGHET	64
10	SLUTSATSER	66
11	TACKORD	66
12	REFERENSER	67

1 Inledning

Rapporten beskriver dagens och framtidens klimat i Uppsala län baserat på observationer och beräkningar utifrån två olika antaganden om atmosfärens innehåll av växthusgaser. Data från internationell klimatforskning har bearbetats för att möjliggöra analyser på lokal skala, inklusive hydrologisk modellering. Resultaten beskrivs i form av olika klimatindex, dvs. medelvärden, säsongsvariationer och mer extrema förhållanden, baserade på statistiska bearbetningar av data.

2 Bakgrund

FN:s klimatpanel presenterade 2013 en ny rapport om jordens framtida klimat (IPCC, 2013). Resultaten baserades på nya möjliga utvecklingsvägar, så kallade RCP-scenarier (Representative Concentration Pathways). SMHI fick 2014 i uppdrag av regeringen att göra en enhetlig studie för Sverige baserad på dessa scenarier. Studien finansierades via det klimatanpassningsanslag som tilldelades Nationellt kunskapscentrum för klimatanpassning vid SMHI.

Arbetet resulterade i databasen SCID med statistik i form av klimatindex för Sveriges nutida och framtida klimat. Databasen, tillsammans med en rapport och beskrivande dokument, finns tillgänglig som en nedladdningstjänst på smhi.se. Rapporten "Klimatscenarier för Sverige" beskriver metoder, resultat och osäkerheter, vilket är viktigt att ha kunskaper om vid studier av framtida klimat på läns- och kommunnivå (Sjökvist m.fl., 2015).

I regleringsbrevet för 2015 avseende klimatanpassningsanslaget gavs SMHI i uppdrag att ta fram länsvisa enhetliga klimatanalyser baserade på de nya klimatscenierna. Den ovan nämnda databasen är utgångspunkten för analyserna i föreliggande rapport som avser Uppsala län.

SMHI har tidigare levererat en klimatanalys på uppdrag av Länsstyrelsen i Uppsala (Persson m.fl., 2013). Den baseras på äldre klimatscenarier och behandlar framtida temperatur, nederbörd, vattenföring och snö. Rapporten innehåller också en beskrivning av Uppsala läns nutidsklimat och kunskapsläget för framtida förändringar av grundvatten och havsvattenstånd.

3 Metod och presentation

I detta kapitel beskrivs metodiken mycket kortfattat. Mer information finns i rapporten "Klimatscenarier för Sverige" som nämns ovan. På smhi.se finns också en "Vägledning klimatscenarier" som stöd för användande av klimatscenarier (Persson m.fl., 2015). I Ordlistan finns flertalet begrepp definierade.

3.1 Antaganden, modeller och databearbetning

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 utvecklingar och vilken av dem som slår in beror på människans förmåga att begränsa utsläppen. RCP-scenarierna beskriver resultatet av utsläppen, den så kallade strålningsbalansen i atmosfären, fram till år 2100. I följande analyser används två RCP-scenarier, RCP4.5 som bygger på begränsade utsläpp, och RCP8.5 med höga utsläpp. Tabell 1 beskriver vilka antaganden som ligger till grund för scenarierna.

Forskarvärlden har fokuserat på dessa två scenarier, därför finns det mest fullständiga underlaget för dessa i form av regionala klimatberäkningar. Det är skälet till att dessa två scenarier använts i föreliggande rapport. De två scenarierna täcker in en stor variationsbredd vad avser framtidens koncentrationer av växthusgaser i atmosfären.

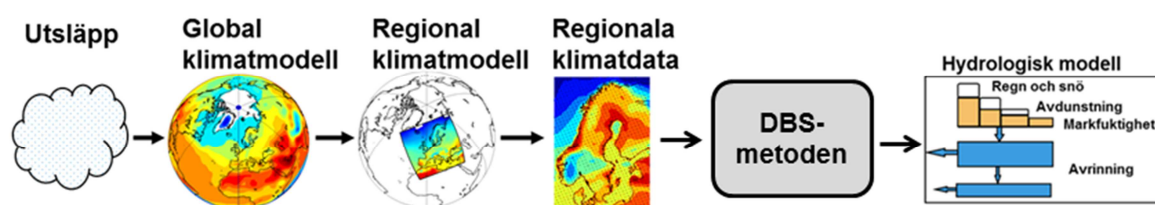
Tabell 1. Antaganden som ligger till grund för scenarierna RCP4.5 och RCP8.5.

RCP4.5	RCP8.5
• Utsläppen av koldioxid ökar något och kulminerar omkring år 2040 • Befolkningsmängd något under 9 miljarder i slutet av seklet • Lågt arealbehov för jordbruksproduktion, bland annat till följd av större skördar och förändrade konsumtionsmönster • Omfattande skogsplanteringsprogram • Låg energiintensitet • Kraftfull klimatpolitik	• Koldioxidutsläppen är tre gånger dagens vid år 2100 och metanutsläppen ökar kraftigt • Jordens befolkning ökar till 12 miljarder vilket leder till ökade anspråk på betes- och odlingsmark för jordbruksproduktion • Teknikutvecklingen mot ökad energieffektivitet fortsätter, men långsamt • Stort beroende av fossila bränslen • Hög energiintensitet • Ingen tillkommande klimatpolitik

För att göra beräkningar av det framtida klimatet krävs klimatmodeller, de är matematiskt formulerade beskrivningar av de fysikaliska processerna i klimatsystemet. De globala klimatmodellerna beskriver hela jorden och de regionala beskriver mer förfinat ett delområde. Indelningen sker i så kallade gridboxar, ett 3-dimensionellt rutnät av atmosfären. Det är mycket omfattande beräkningar som sker 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 analysen ingår nio olika globala klimatmodeller från olika institut runt om i världen. Rossby Centre vid SMHI har utfört regional modellering med den regionala klimatmodellen RCA4.

För att utföra analyser på lokal skala, exempelvis för hydrologiska beräkningar, krävs data med ännu högre geografisk upplösning. SMHI har därför utvecklat en metod, DBS (Distribution Based Scaling), för att öka upplösningen till $4 \times 4 \text{ km}^2$. Därefter har hydrologisk modellering utförts med HBV-modellen. Flödesberäkningar baseras på oregrerade förhållanden.



Statistik har beräknats i form av klimatindex, vilka är definierade i respektive avsnitt. Varje enskilt modellresultat har bearbetats separat men resultaten presenteras sammanlagda för RCP4.5 och RCP8.5. De index som berör temperatur och nederbörd, presenteras med $4 \times 4 \text{ km}^2$ upplösning. De hydrologiska indexen, som berör tillrinning och markfuktighet, presenteras för avrinningsområden. Beräkningar av korttidsnederbörd (avsnitt 5.9) är utförd direkt på regional klimatdata.

3.2 Osäkerheter

Ett klimatscenario kräver en lång kedja av beräkningar och antaganden. Det finns alltså flera källor till osäkerheter; klimatets naturliga variationer, val av klimatmodell och framtida utsläpp av växthusgaser.

Den naturliga variationen innebär att klimatet varierar naturligt från år till år. Denna osäkerhet påverkar mest klimatscenarioer för en nära framtid, eftersom klimatet inte hunnit förändras så mycket. Klimatförändringen är då svår att urskilja från den naturliga variationen i klimatet.

Alla klimatmodeller baseras på samma grundläggande kunskap om klimatsystemet och fungerar på ungefär samma sätt. Resultaten skiljer sig ändå åt beroende på att processerna i klimatsystemet kan beskrivas på olika sätt, och att fler eller färre processer inkluderas i modellerna. Ingen modell är perfekt, därför är det bra att sammanväga resultaten från olika modeller. Det ger ett mått på hur stor betydelse olika modellbeskrivningar har för det beräknade klimatet.

Framtidens klimat beror på framtida utsläpp av växthusgaser. Ett viktigt resultat, som kan utläsas i klimatscenarierna, är att valet av RCP-scenario har mycket liten betydelse för de närmsta årtiondena. Mot mitten på seklet börjar valet av RCP-scenario växa i betydelse för klimatets utveckling.

3.3 Generella resultat för Sverige

I figur 1 och 2 visas översiktliga beräkningar av framtidens förändringar av temperatur och nederbörd i Sverige. Där redovisas även tidigare resultat baserade på s.k. SRES-scenarier. Skillnaderna kommenteras mer utförligt i kapitel 3.4.

Årsmedeltemperaturen beräknas öka för hela Sverige i framtiden. RCP8.5 visar generellt på störst uppvärmning (4-6 grader). RCP4.5 visar på samma mönster men en lägre uppvärmning (2-4 grader).

Nederbörden beräknas öka i framtiden. RCP8.5 visar störst förändring, särskilt i norra Sverige, där ökningen beräknats till 30-50 %. RCP4.5 visar samma förändringsmönster, men som mest 30 % ökning (i Lapplandsfjällen).

Medeltillrinningen väntas öka i hela landet utom i sydöstra Sverige, där det sker en minskning. Störst ökning sker i landets norra delar. RCP8.5 ger det mest extrema resultatet både där tillrinningen ökar och där den minskar.

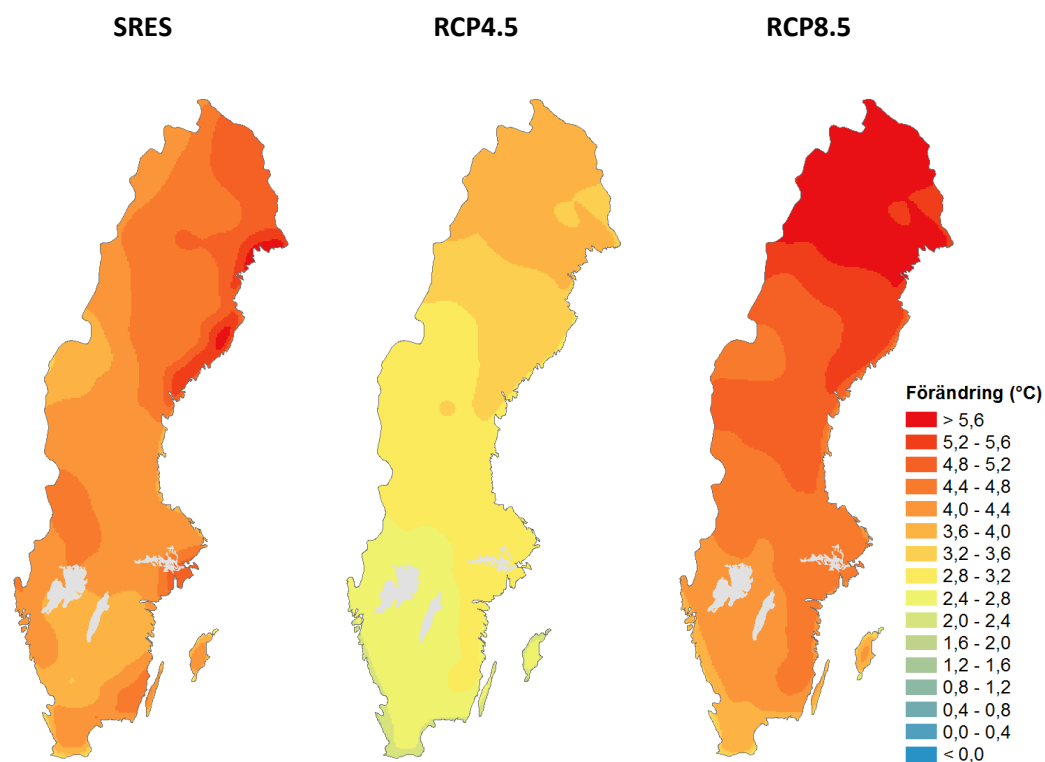
Extrema vattenflöden, redovisade som 100-årsflöden¹, beräknas öka i vattendragen i södra Sverige mot slutet av seklet. I de nordliga älvarna är förändringen mindre tydlig och kan till och med medföra en minskning av de extrema flödena.

3.4 Jämförelse SRES-RCP

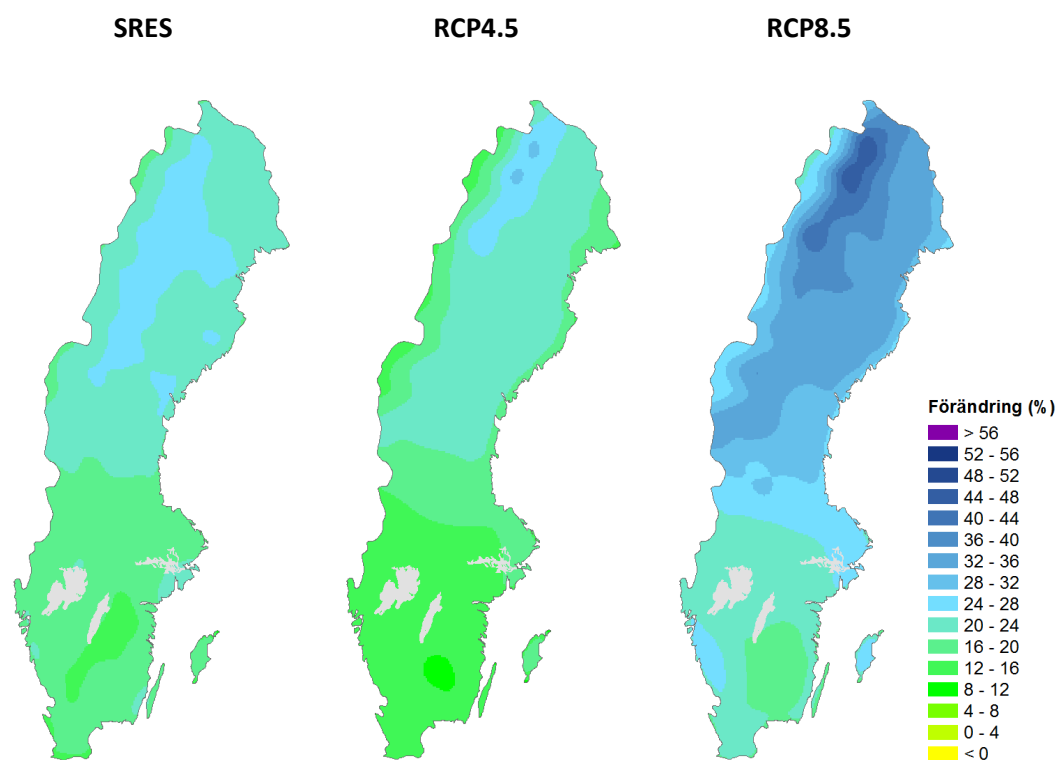
Klimatforskningen utvecklas hela tiden, nya resultat publiceras, liksom nya sätt att beskriva antaganden om framtida utsläpp. I FN:s klimatpanels tredje och fjärde stora sammanställning (IPCC, 2001 och IPCC, 2007) användes scenarierna SRES (Special Report on Emission Scenarios) (Nakićenović and Swart (eds.) 2000). I femte sammanställningen AR5 (IPCC, 2013) antogs de nya scenarierna RCP (Representative Concentration Pathways) (ICONICS, 2013).

I de tidigare länsanalyser som utförts av SMHI baseras resultaten på 16 SRES-scenarier med tyngdpunkt på utsläppsscenario A1B. För att få en uppfattning om hur dessa skiljer sig från de nya RCP-scenarierna visas här kartor på förändringen i temperatur för perioden 2069-2098 jämfört med 1961-1990 (figur 1).

Alla scenarier visar på en tydlig uppvärmning i hela landet och störst uppvärmning i norra Sverige. SRES-scenarierna har inte lika tydlig gradient mellan norra och södra Sverige som RCP-scenarierna. Uppvärmningen är generellt något lägre än i RCP8.5, men utmärkande för SRES-scenarierna är hög uppvärmning längs kusterna, framförallt norra Norrlandskusten. Det beror med stor sannolikhet på dataunderlaget till SRES-analysen, då temperaturdata längs kusten påverkades mycket av havsklimatet, vilket kan ge missvisande resultat. De höga värdena längs kusterna i SRES-kartan bör alltså tolkas med försiktighet.



Figur 1. Beräknad förändring av årsmedeltemperatur för perioden 2069-2098 jämfört med perioden 1961-1990, enligt de tidigare beräkningarna med SRES och de nyare med RCP4.5 respektive RCP8.5. Värdena i kartorna är utjämnade för att förenkla tolkningen.



Figur 2. Beräknad procentuell förändring av årsnederbörden för perioden 2069-2098 jämfört med perioden 1961-1990, enligt de tidigare beräkningarna med SRES och de nyare med RCP4.5 respektive RCP8.5. Värdena i kartorna är utjämnade för att förenkla tolkningen.

Kartorna i figur 2 visar förändringen i årsmedelnederbörd vid slutet på seklet jämfört med perioden 1961-1990. SRES-scenarierna är mycket lika RCP4.5, med en ökning på 10-30 %.

Skillnaderna är alltså olika beroende på vilken variabel som studeras och beror till stora delar på de klimatmodeller som använts i beräkningarna. För SRES-analyserna användes 16 olika uppsättningar av globala och regionala modeller, medan RCP-analyserna är baserade på nio olika globala modeller och en regional (RCA4). Det ger en bättre representation avseende globala beräkningar men i analysen har endast data från en regional modell varit tillgänglig, vilket kan ge ett snävt resultat. RCA4 har visat sig vara något blötare i jämförelse med andra regionala modeller, vilket betyder att samma RCP-scenarier kan uppvisa något torrare klimatförändring med andra kombinationer av globala och regionala modeller.

3.5 Läsanvisningar

På följande sidor presenteras index baserade på temperatur, nederbörd, tillrinning och markfuktighet. Indexen beskrivs och resultaten presenteras i korta texter i respektive kapitel. Indexen presenteras lite olika vad gäller kartor och diagram, vilket beskrivs nedan.

3.5.1 Kartor

För temperatur- och nederbördsindex visas observerade och beräknade värden. För medeltemperatur och medelnederbörd samt antal dagar med mer än 10 mm nederbörd visas även kartor över förändringar mellan tidsperioder.

För index baserade på tillrinning presenteras endast förändringar mellan tidsperioder. Förändringar anges som procentuell avvikelse från referensperioden.

Alla kartor visar medelvärden över en given tidsperiod. I de kartor som visar förändringar mellan tidsperioder är värdena geografiskt utjämnade för att underlätta tolkningen.

Sverigekartorna representerar respektive index för referensperioden 1961-1990 och visar hur förhållandena i länet relaterar till övriga Sverige.

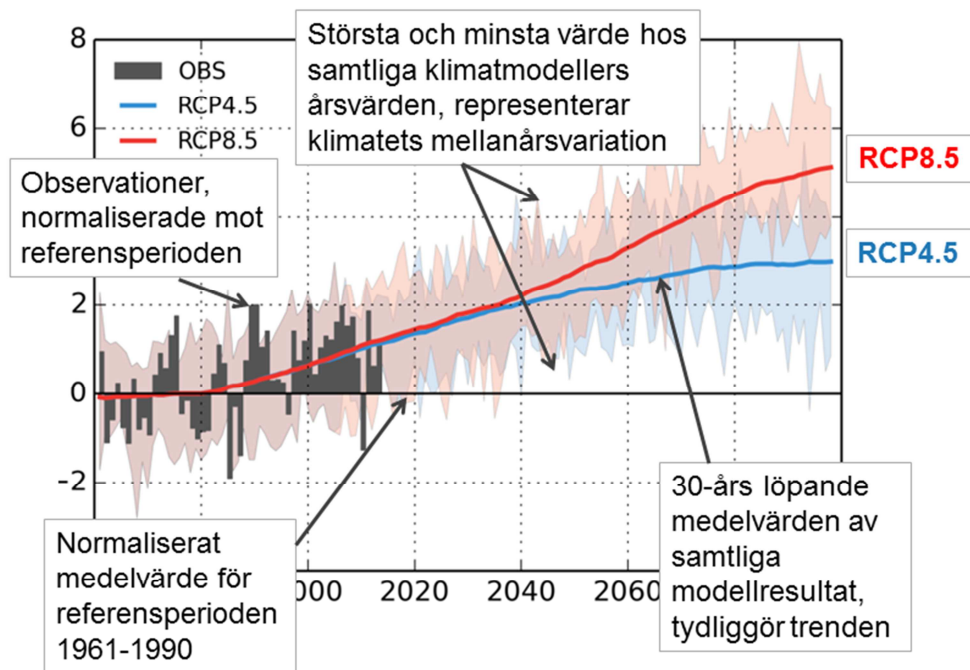
3.5.2 Diagram

Diagrammen för temperatur och nederbörd visar utvecklingen över tid för länet som helhet jämfört med referensperioden 1961-1990. Tillrinning och markfuktighet är beräknade utifrån hydrologisk modellering och diagrammen för de indexen visar utvecklingen över tid för ett definierat avrinningsområde, jämfört med referensperioden 1963-1992.

Diagram för temperatur och nederbörd innehåller staplar med observationer som är geografiska medelvärden för hela länet, se förklaring av diagrammets uppbyggnad i figur 3. För tillrinning och markfuktighet finns inte motsvarande observerade värden att tillgå, därför saknar de diagrammen observationsstaplar.

Tillrinningens årsdynamik presenteras som 30-årsmedelvärden för referensperioden 1963-1992 och framtidsperioden 2069-2098.

Diagrammen över förändring av korttidsnederbörd avser länet som helhet.



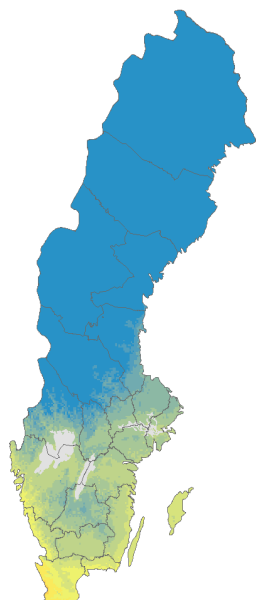
Figur 3. Beskrivning av diagrammens struktur i rapporten.

4 Temperatur

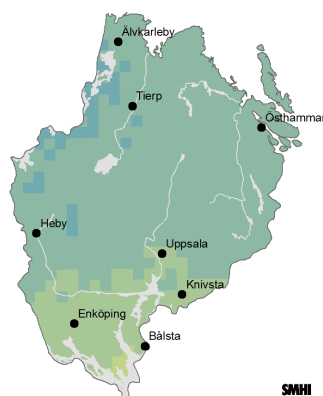
4.1 Årsmedeltemperatur

Observerat 1961-1990

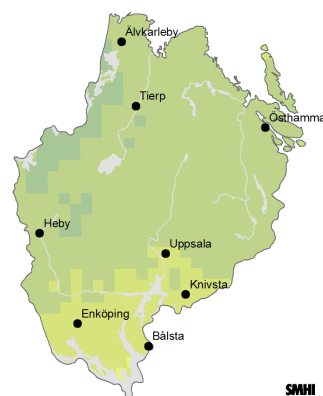
Årsmedeltemperatur är medelvärdet av varje års medeltemperatur beräknat utifrån dygnsmedeltemperatur. Det är tillsammans med årsmedelnederbörd det mest använda indexet för att beskriva klimatet.



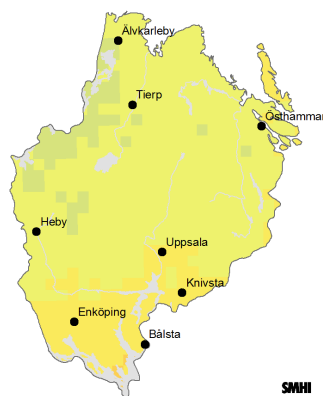
Observerat 1961-1990



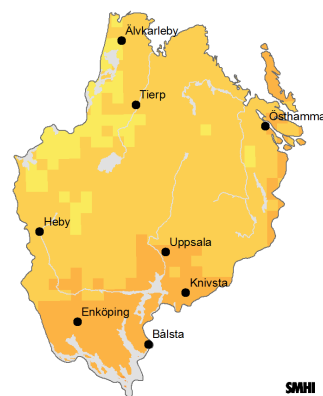
Observerat 1991-2013



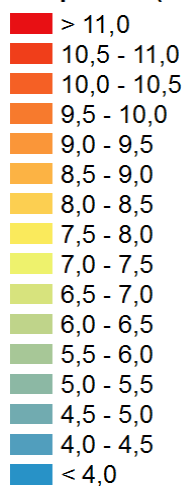
Beräknat 2021-2050



Beräknat 2069-2098

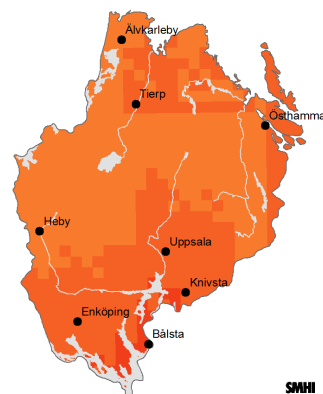
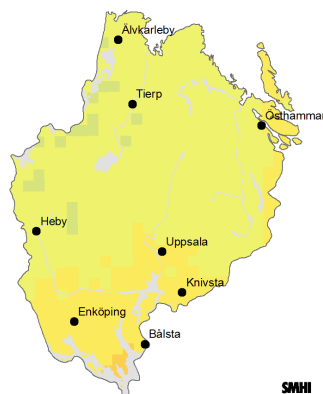


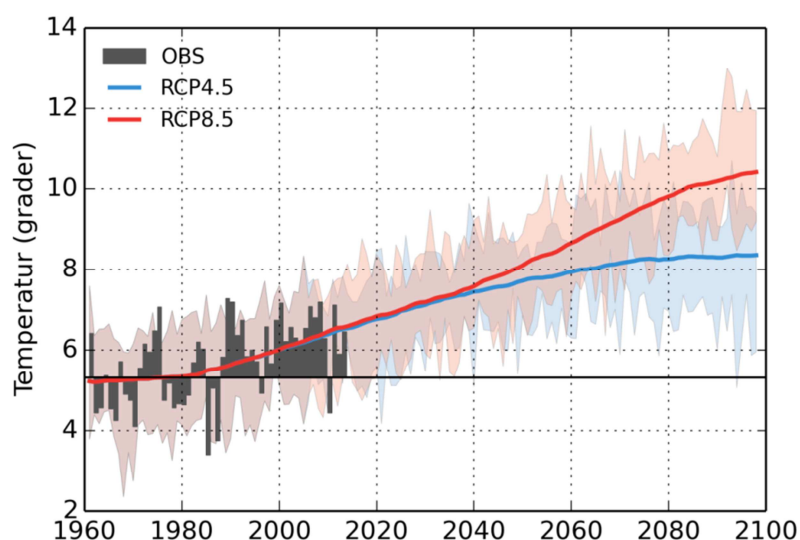
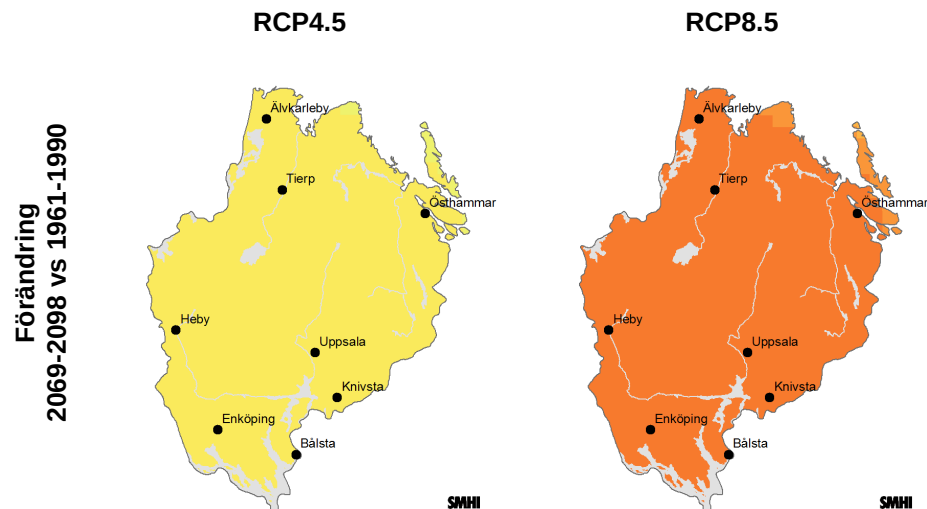
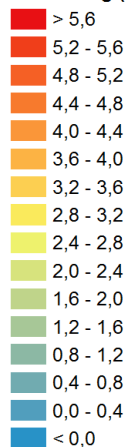
Temperatur (°C)



RCP4.5

RCP8.5



Förändring (°C)

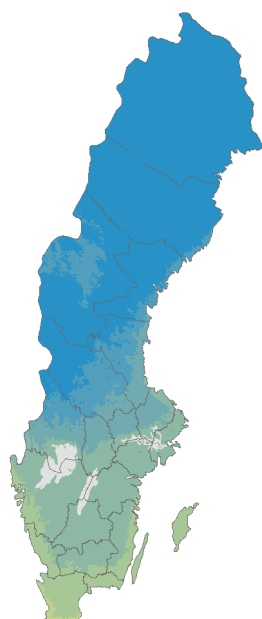
Under perioden 1961-1990 var årsmedeltemperaturen för hela Uppsala län 5,3°C. Varmast är det i länets sydligaste del, i nordväst är det något kallare. Under den senaste observationsperioden, 1991-2013, har temperaturen ökat med ungefär en halv grad. Trenden att det blir varmare är tydlig i båda RCP-scenarierna. I mitten av seklet, perioden 2021-2050, är resultaten från de båda scenarierna mycket lika, skillnaderna tydliggörs först under andra hälften av seklet.

I diagrammet visas förändringen över länet som helhet för de två RCP-scenarierna, årsvärden av observerad medeltemperatur för Uppsala län är markerade som staplar. Staplarna visar att årsmedeltemperaturen i länet kan variera med ca 4°C. Denna mellanårsvariation består även i framtiden, vilket framgår av de skuggade fälten i diagrammet. De heldragna linjerna visar 30-års löpande medelvärde av scenarierna för att förtydliga trender. Temperaturen väntas stiga med flera grader till slutet av seklet; enligt RCP4.5 med 3 grader medan RCP8.5 visar på en 5-gradig ökning. Förändringen är densamma för hela länet.

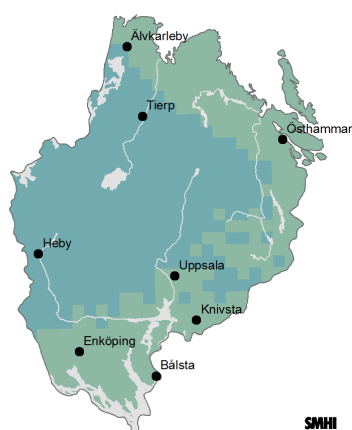
4.2 Medeltemperatur vinter

Observerat 1961-1990

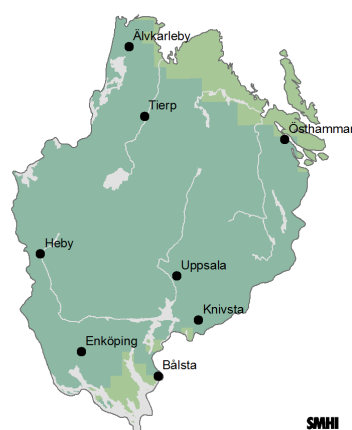
Vinter definieras här som perioden december-februari. Kartorna visar medelvärdet för respektive period beräknat utifrån dygnsmedeltemperatur.



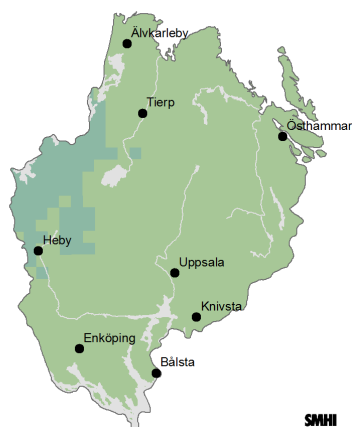
Observerat 1961-1990



Observerat 1991-2013



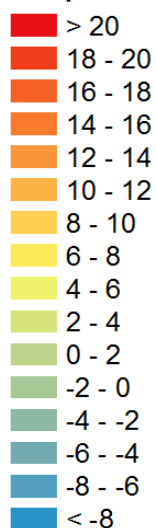
Beräknat 2021-2050



Beräknat 2069-2098



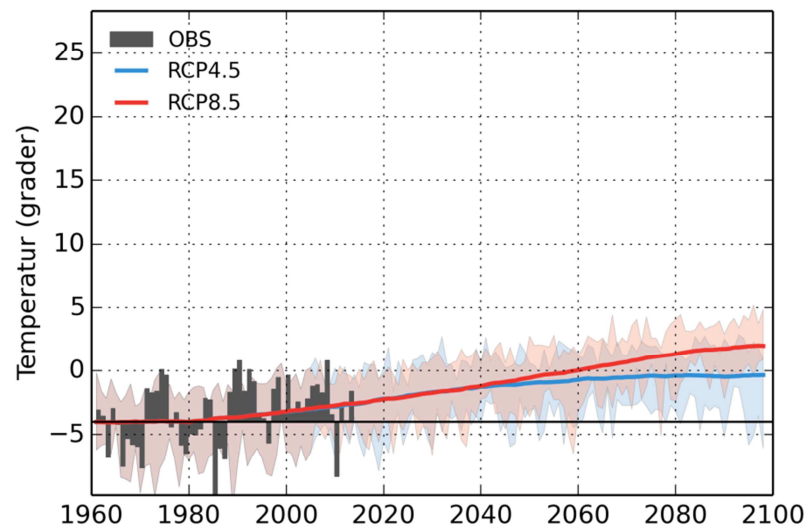
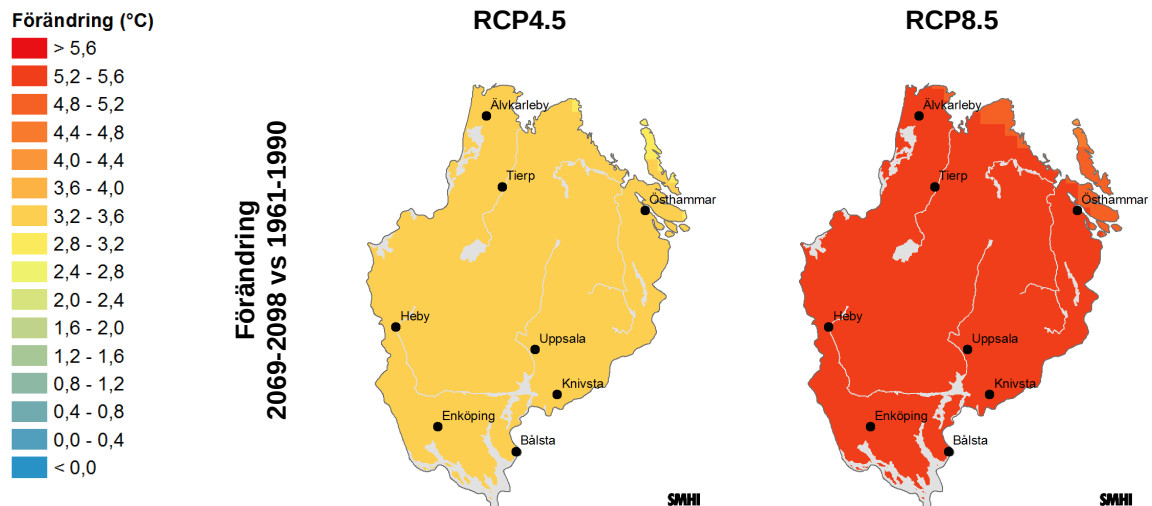
Temperatur (°C)



RCP4.5

RCP8.5



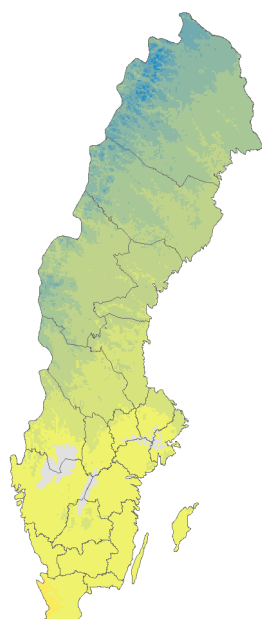


Uppsalas vintermedeltemperatur var under referensperioden 1961-1990 $-4,0^{\circ}\text{C}$. Vintrarna har blivit något mildare under de senaste 23 åren, men staplarna i diagrammet visar att mellanårsvariationen är stor. De två olika scenarierna visar samstämmigt på att det blir mildare vintrar framöver. Enligt RCP4.5 hamnar medeltemperaturen på ca 0°C , medan RCP8.5 visar på ca 2°C i slutet av seklet, dvs. 6 grader varmare än referensperioden 1961-1990.

4.3 Medeltemperatur vår

Observerat 1961-1990

Vår definieras här som perioden mars-maj. Kartorna visar medelvärdet för respektive period beräknat utifrån dygnsmedeltemperatur.



Observerat 1961-1990



Observerat 1991-2013



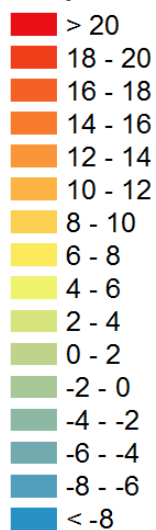
Beräknat 2021-2050



Beräknat 2069-2098



Temperatur (°C)

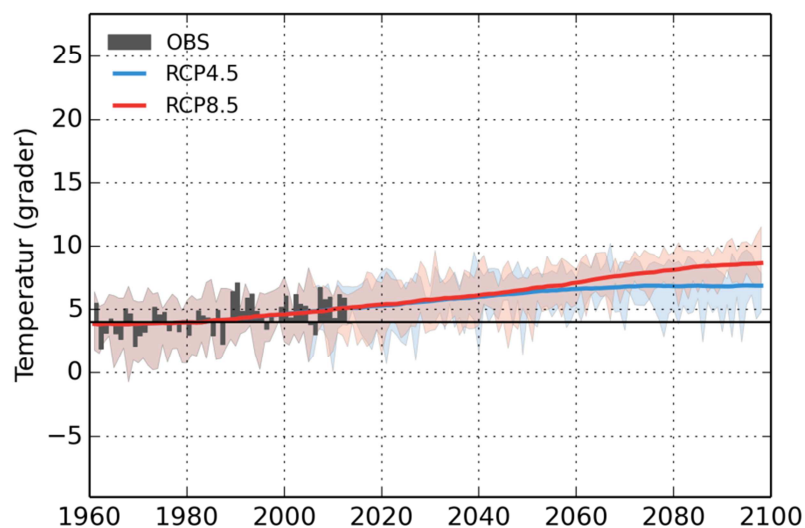
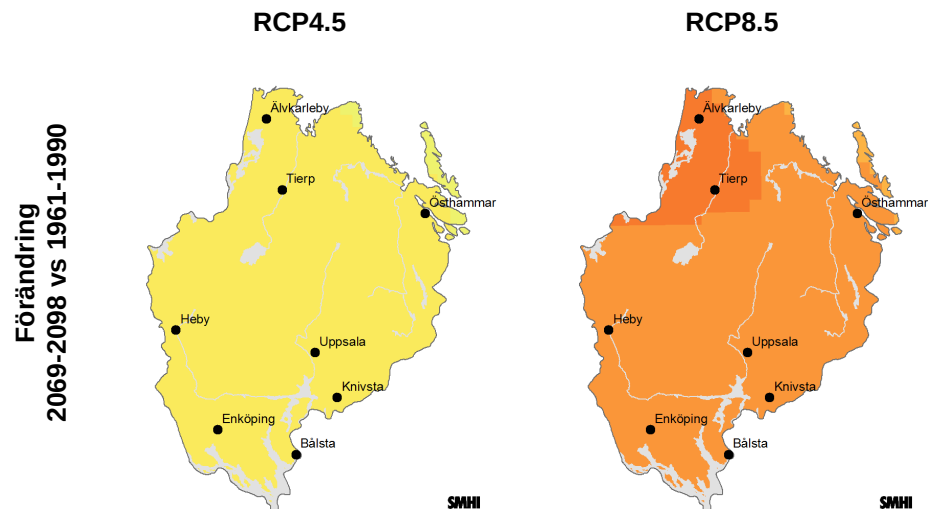
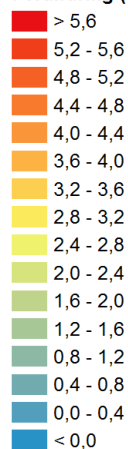


RCP4.5

RCP8.5



Förändring (°C)

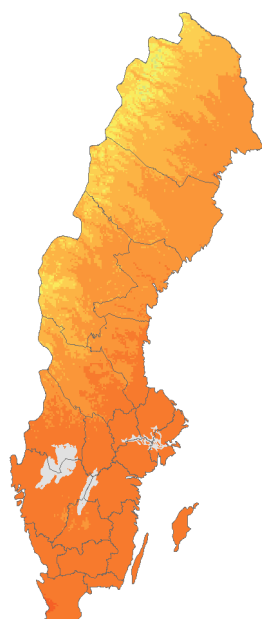


Medeltemperaturen för våren under perioden 1961-1990 var 4,0°C, och mellanårsvariationen är betydligt mindre jämfört med vintern. De senaste drygt 20 åren har medeltemperaturen ökat med någon grad och trenden håller i sig under resten av århundradet. Enligt RCP4.5 blir det en 3-gradig temperaturökning medan RCP8.5 visar på 5 graders ökning jämfört med 1961-1990.

4.4 Medeltemperatur sommar

Observerat 1961-1990

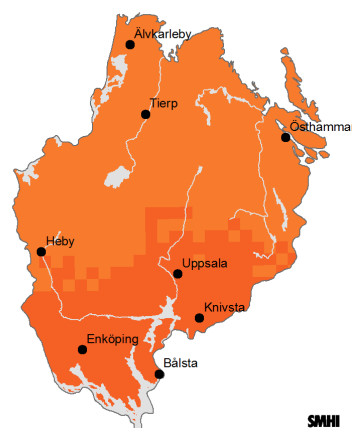
Sommar definieras här som perioden juni-augusti. Kartorna visar medelvärden för respektive period beräknat utifrån dygnsmedeltemperatur.



Observerat 1961-1990



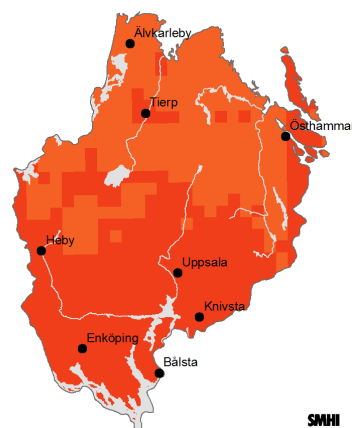
Observerat 1991-2013



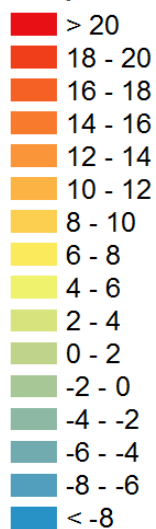
Beräknat 2021-2050



Beräknat 2069-2098

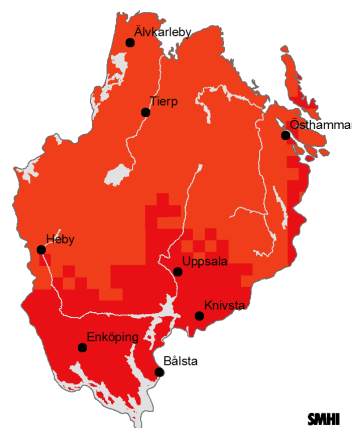


Temperatur (°C)

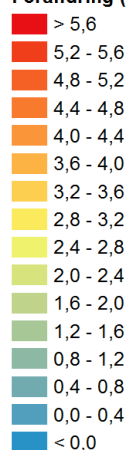


RCP4.5

RCP8.5

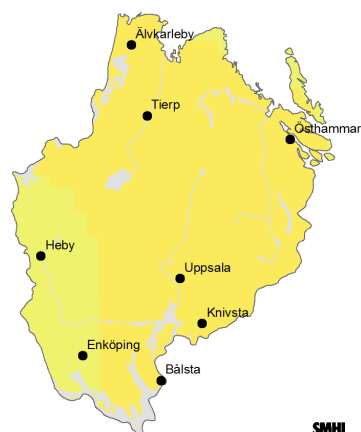


Förändring (°C)

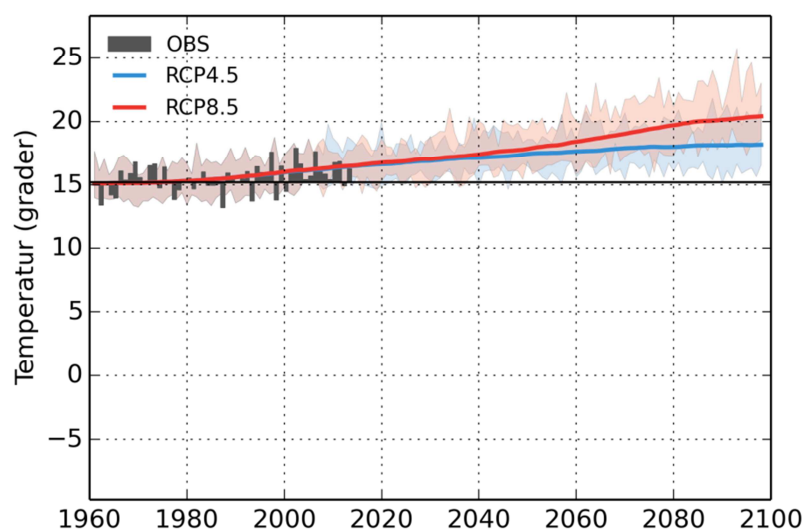


**Förändring
2069-2098 vs 1961-1990**

RCP4.5



RCP8.5

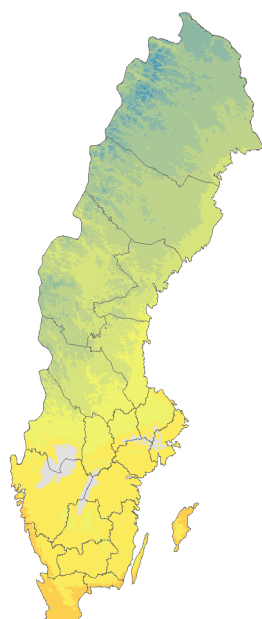


Sommarmedeltemperaturen under 1961-1990 var 15,2°C. Under perioden 1991-2013 har det blivit något varmare, främst i södra halvan av länet. Mönstret kvarstår till slutet av seklet, enligt RCP8.5 hamnar sommarmedeltemperaturen i södra delen av länet på över 20°C. Det betyder en ökning på 5 grader, medan RCP4.5 visar en ökning med ca 3 grader.

4.5 Medeltemperatur höst

Observerat 1961-1990

Höst definieras här som perioden september-november. Kartorna visar medelvärdet för respektive period beräknat utifrån dygnsmedeltemperatur.



Observerat 1961-1990



Observerat 1991-2013



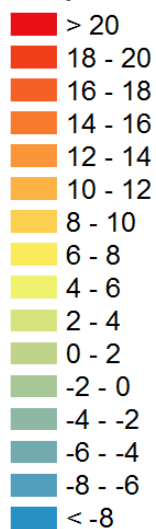
Beräknat 2021-2050



Beräknat 2069-2098

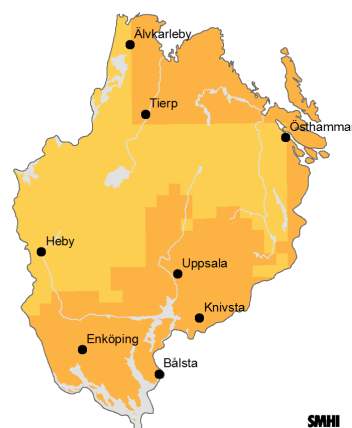
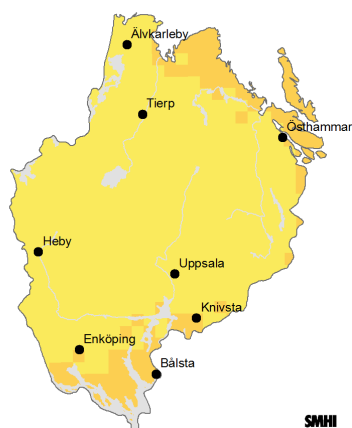


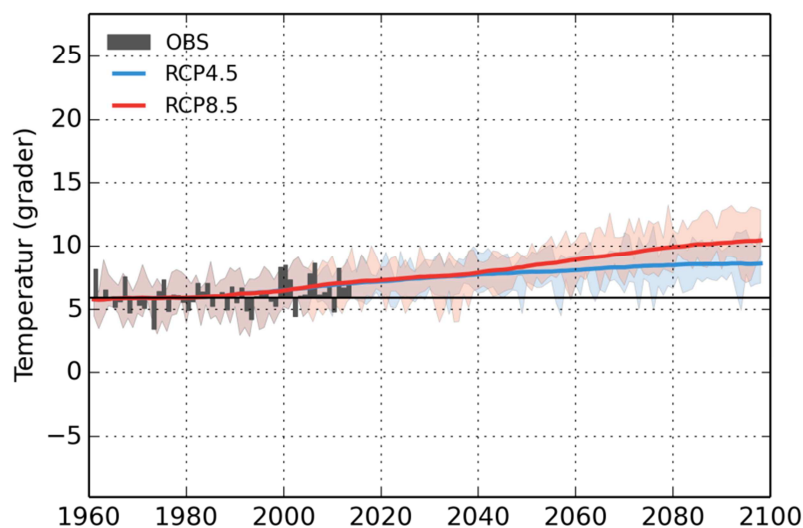
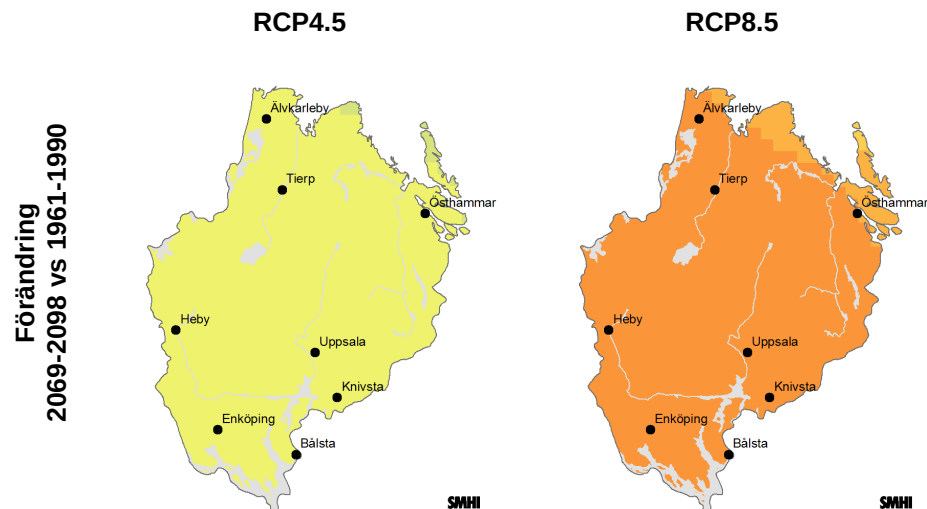
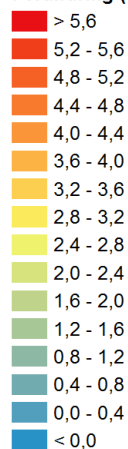
Temperatur (°C)



RCP4.5

RCP8.5



Förändring (°C)

Medeltemperaturen för hösten under 1961- 1990 var 5,9°C. En liten värmeökning kan urskiljas i kartan för 1991-2013. Till slutet av seklet visar RCP4.5 på en ökning med ca 2 grader och RCP8.5 ca 4 grader.

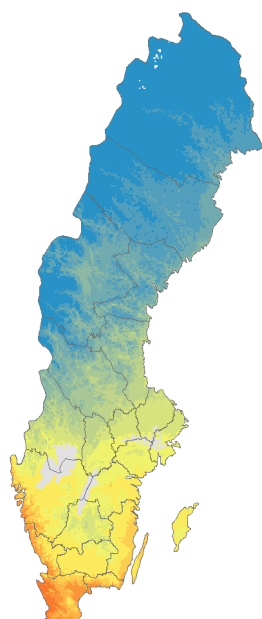
Allmänt om årstiderna

Både RCP4.5 och RCP8.5 visar temperaturökning för alla årstiderna fram till slutet av seklet. Temperaturökningen kan indikera, om medeltemperaturer används för att definiera årstiderna, att hösten håller i sig längre och att våren kommer tidigare än idag. Vinterperioden blir alltså kortare och sommaren längre.

Den största temperaturökningen sker under vintermånaderna. Enligt RCP4.5 blir det ca 4 grader varmare till slutet av seklet, medan RCP8.5 visar på upp till 6 graders ökning jämfört med referensperioden 1961-1990. Den näst största temperaturökningen under året kan förväntas sommartid. RCP4.5 visar på en ökning i medeltemperatur med 3 grader och RCP8.5 på 5 grader ökning jämfört med referensperioden.

4.6 Vegetationsperiodens längd

Observerat 1961-1990



Längden på vegetationsperioden är definierad som skillnaden mellan sluttidpunkt och starttidpunkt. Starttidpunkt är första dagen på året i en sammanhängande fyradagarsperiod då dygnsmedeltemperaturen överstiger 5°C. Sluttidpunkt är sista dagen i årets sista fyradagarsperiod med dygnsmedeltemperatur över 5°C. Indexet baseras enbart på temperatur och tar inte hänsyn till solinstrålning.

Observerat 1961-1990



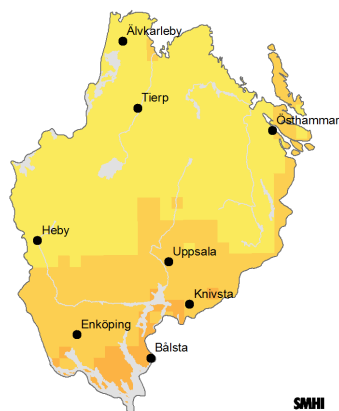
SMHI

Observerat 1991-2013



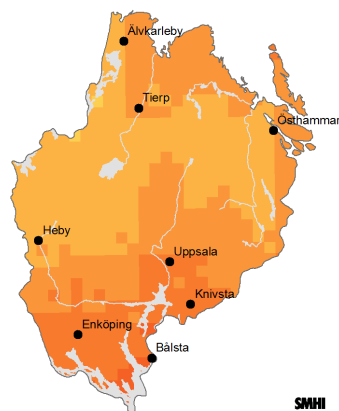
SMHI

Beräknat 2021-2050



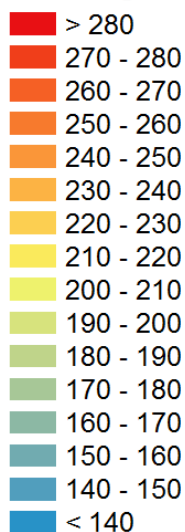
SMHI

Beräknat 2069-2098



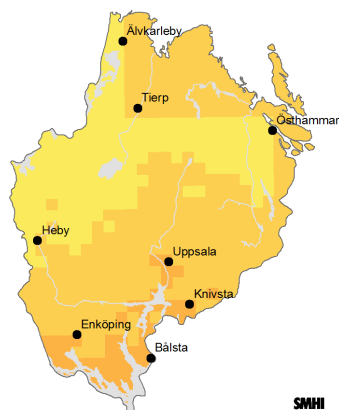
SMHI

Antal dagar

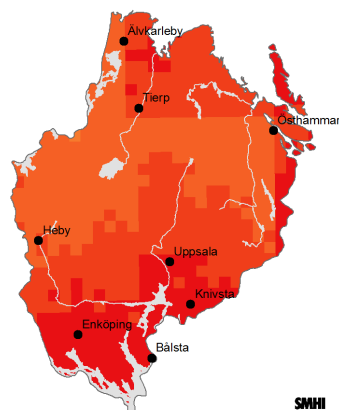


RCP4.5

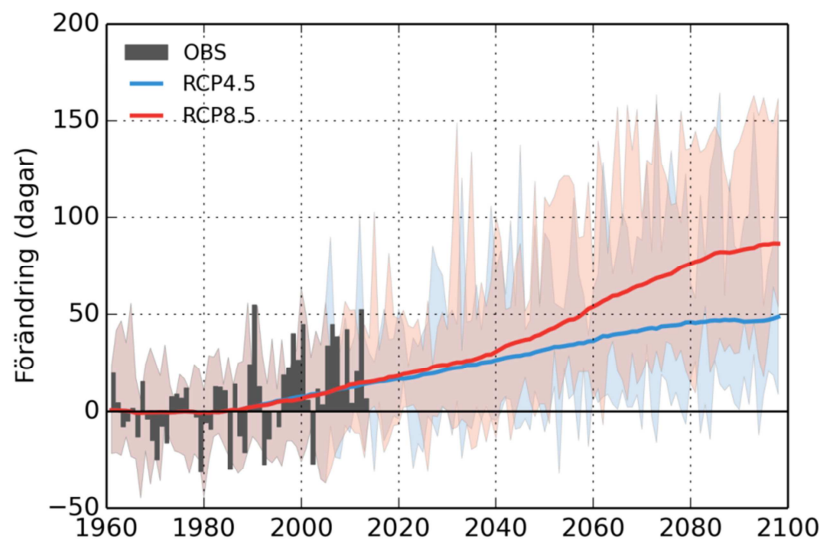
RCP8.5



SMHI



SMHI



Längden på vegetationsperioden¹ under perioden 1961-1990 för länet som helhet var 194 dagar, vilket motsvarar drygt 6 månader. Vegetationsperioden är något längre i länets sydligaste del och lite kortare längst i norr. Under de senaste dryga 20 åren har vegetationsperioden utökats med ungefär 1 vecka.

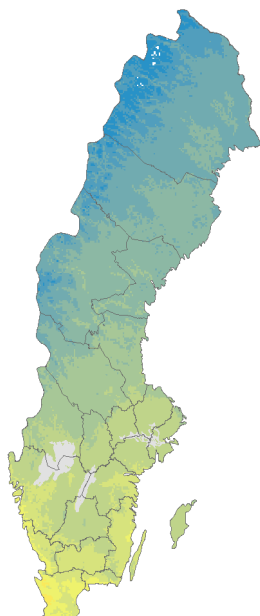
Klimatscenerierna visar tydligt att vegetationsperioden blir längre under de kommande årtiondena. Fram mot slutet av århundradet visar RCP4.5 på en ökning med ca 50 dagar. Temperaturen i scenario RCP8.5 är lite varmare än RCP4.5 under våren och hösten och detta syns tydligt på vegetationsperioden. Mellan de två scenarierna skiljer det ungefär 40 dagar, dvs. RCP8.5 ger en ökning på nära 90 dagar i slutet av seklet. Det betyder att vegetationsperioden mot slutet av seklet kommer täcka in tre fjärdedelar av året.

¹ Vegetationsperioden definieras som den del av året då dygnsmedeltemperaturen överstiger ett visst gränsvärde, som varierar för olika tillämpningar men ligger vanligen mellan +3°C och +5°C. Vegetationsperiod benämns ibland växtsäsong.

4.7 Vegetationsperiodens starttidpunkt

Observerat 1961-1990

Starttidpunkt är första dagen på året i en sammanhängande fyradagarsperiod då dygnsmedeltemperaturen överstiger 5°C. Indexet baseras enbart på beräkningar med temperatur och tar inte hänsyn till solinstrålning. Indexet ger tillsammans med vegetationsperiodens längd en uppfattning om framtida förhållanden för sådd och skördetidpunkter.



Observerat 1961-1990



Observerat 1991-2013



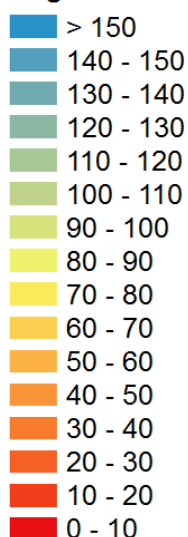
Beräknat 2021-2050



Beräknat 2069-2098

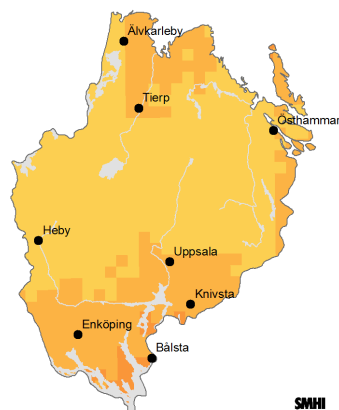


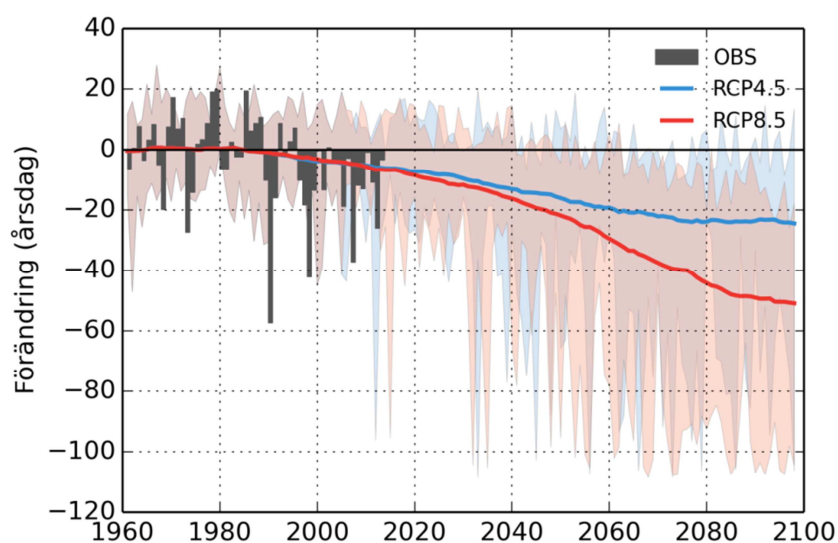
Dagnummer



RCP4.5

RCP8.5





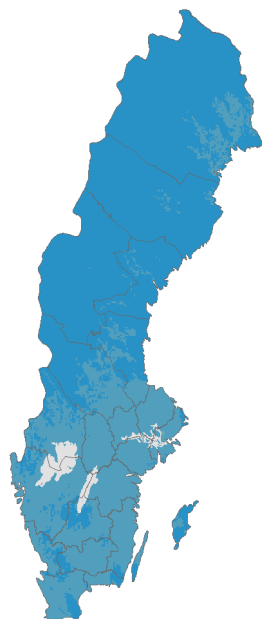
Vegetationsperiodens start definieras här som första tillfället på året när dygnsmedeltemperaturen överstiger 5°C under 4 dagar i följd. Vegetationsperiodens start räknas då från den första av dessa fyra dagar. Starttiden kan variera en del från år till år, beroende på om vintern varit lång och kall eller om mildluft tidigt förs in. Under referensperioden 1961-1990 hamnar medelvärdet för starttiden för vegetationen på dagnummer 107, vilket motsvarar mitten på april.

Under 90-talet och 2000-talet startade vegetationsperioden i allmänhet några dagar tidigare. Trenden håller i sig under resten av århundradet. I slutet av seklet startar vegetationsperioden ca 3 veckor tidigare än 1961-1990 enligt RCP4.5. RCP8.5 visar på en förändring med upp mot 50 dagar, vilket innebär en starttidpunkt för vegetationsperioden i månadsskiftet februari/mars.

Analyserna av vegetationsperiodens start och längd visar att vegetationsperiodens slut förändras ungefär lika mycket som starttidpunkten. I slutet av seklet senareläggs sluttidpunkten med ca 3 veckor enligt RCP4.5 och drygt 1 månad enligt RCP 8.5.

4.8 Värmebölja

Observerat 1961-1990



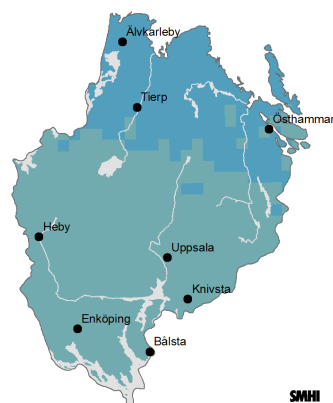
Värmebölja är vanligen ett begrepp för en längre period med höga dagstemperaturer. Det finns ingen vedertagen internationell definition och även i Sverige förekommer flera definitioner. Här definieras värmebölja som årets längsta sammanhängande period med dygnsmedeltemperatur över 20°C. Indexet belyser behovet av anpassning till perioder med höga temperaturer för t.ex. byggnader och vård- och omsorgssektorn.

Observerat 1961-1990



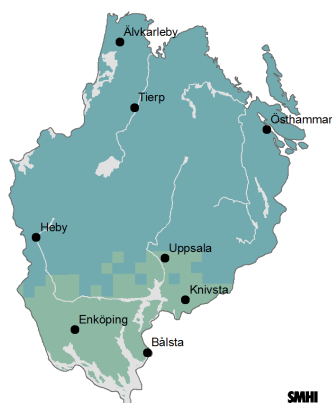
SMHI

Observerat 1991-2013



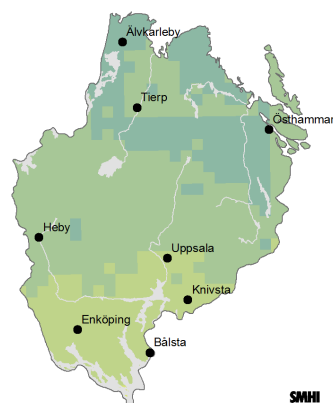
SMHI

Beräknat 2021-2050



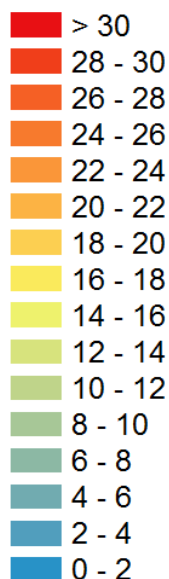
SMHI

Beräknat 2069-2098



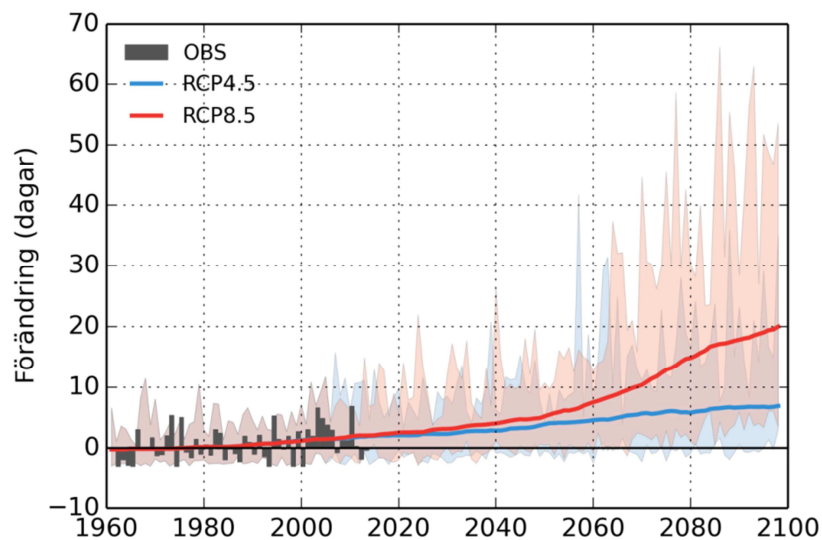
SMHI

Antal dagar



RCP4.5

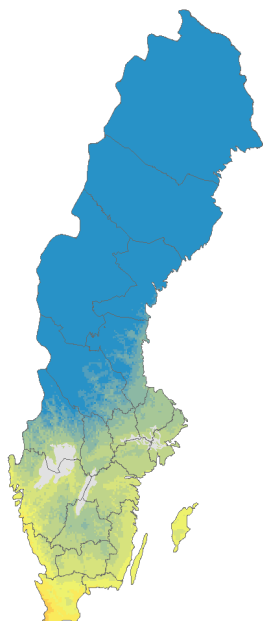
RCP8.5



Under perioden 1961-1990 förekom det bara ett fåtal tillfällen varje år då dygnsmedeltemperaturen kom över 20°C, medelvärde var 3 dagar. Det har under de senaste drygt 20 åren blivit något varmare och antalet sammanhängande dagar med medeltemperaturer över 20°C har ökat med ett par dagar per år. För de kommande åren visar beräkningarna på längre perioder med dygnsmedeltemperaturer över 20°C. Skillnaden är störst för RCP8.5, i vilket värmeböljornas längd ökar till i snitt 20 dagar i slutet av seklet. Ökningen är inte fullt lika stor i RCP4.5, men värmeböljor på 1 vecka blir årligen förekommande. I kartan för RCP8.5 i seklets slut går det att urskilja ett rutnät som härrör från global klimatmodellering. Lokala resultat bör tolkas med försiktighet.

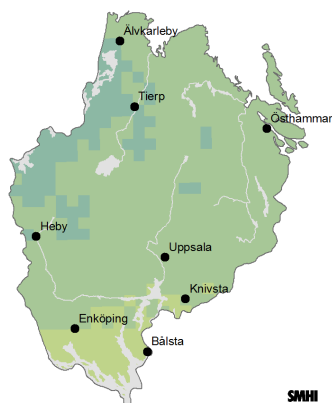
4.9 Graddagar för uppvärmning

Observerat 1961-1990



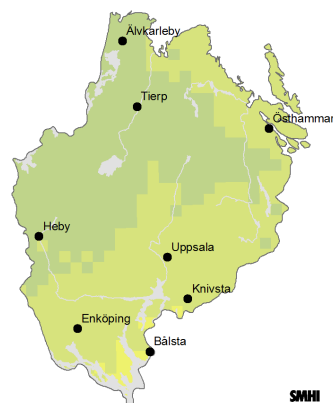
Graddagar för uppvärmning är skillnaden mellan dygnsmedeltemperaturen och tröskelvärde 17°C, summerat på ett år. En dygnsmedeltemperatur på 12°C bidrar exempelvis med 5 grader till årssumman. Dygnsmedeltemperaturer över 17°C ger inget bidrag. Graddagar för uppvärmning är ett energimått och används för att uppskatta behovet av uppvärmning i bostäder.

Observerat 1961-1990



SMHI

Observerat 1991-2013



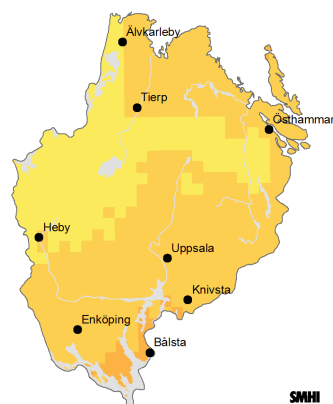
SMHI

Beräknat 2021-2050



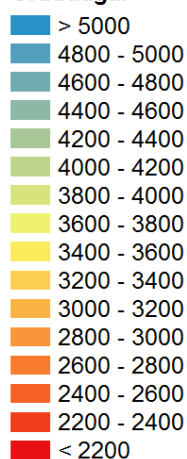
SMHI

Beräknat 2069-2098



SMHI

Graddagar

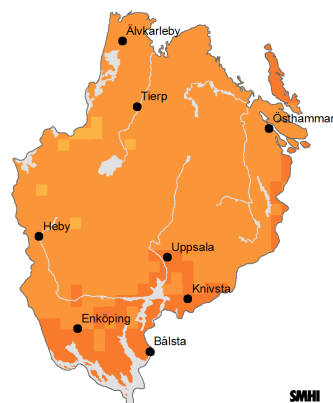


RCP4.5

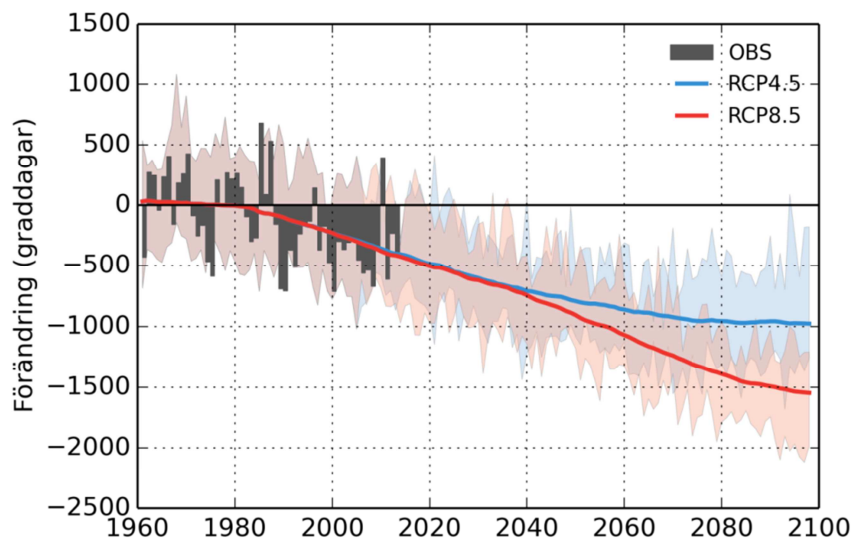
RCP8.5



SMHI



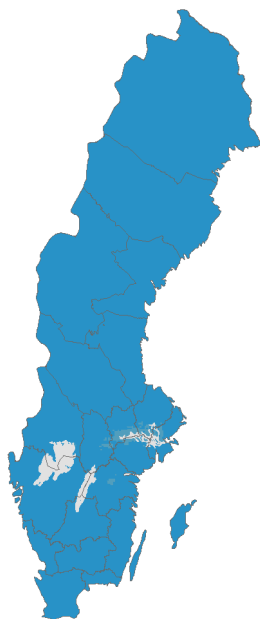
SMHI



Behovet av uppvärmning minskar. För referensperioden 1961-1990 var antalet graddagar 4319 i genomsnitt för länet. Temperaturgradienten över länet syns i kartorna som större antal graddagar i norr jämfört med i söder. Under de senaste årtiondena har uppvärmningsbehovet minskat i medeltal, vilket framgår både av kartor och av diagram. RCP4.5 visar en minskning på ca 1000 graddagar för länet vid seklets slut. RCP8.5 ger en minskning på ca1500 graddagar.

4.10 Graddagar för kylning

Observerat 1961-1990

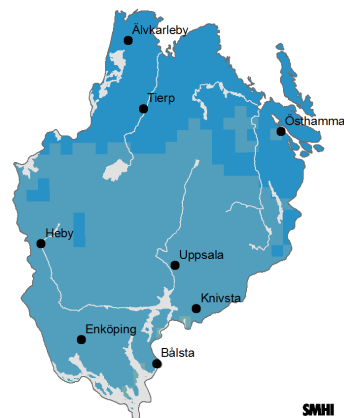


Graddagar för kylning är summan av hela årets dygnsmedeltemperaturer över 20°C. En dygnsmedeltemperatur på 22°C bidrar exempelvis med 2 grader till årssumman. Graddagar för kylning är ett energimått och används för att uppskatta behovet av kylning i bostäder.

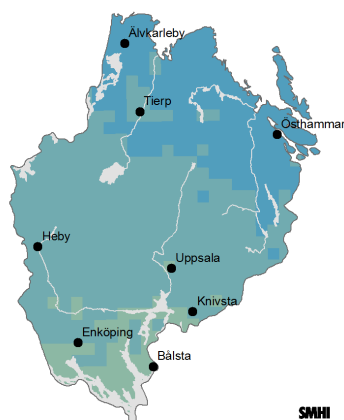
Observerat 1961-1990



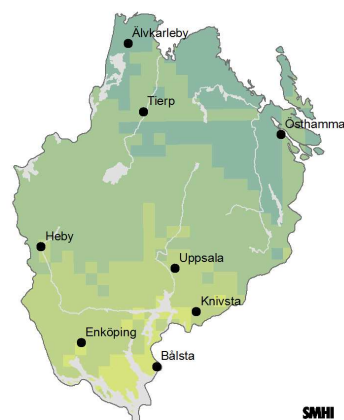
Observerat 1991-2013



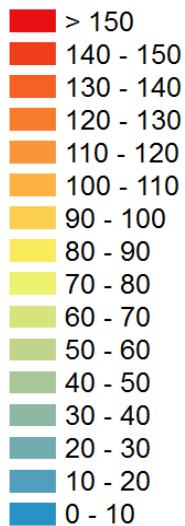
Beräknat 2021-2050



Beräknat 2069-2098

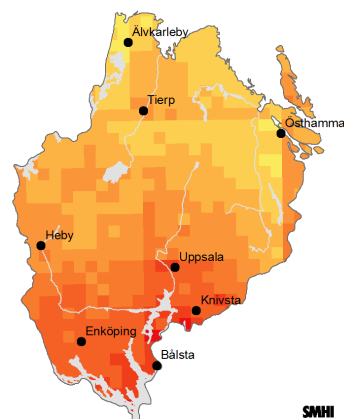
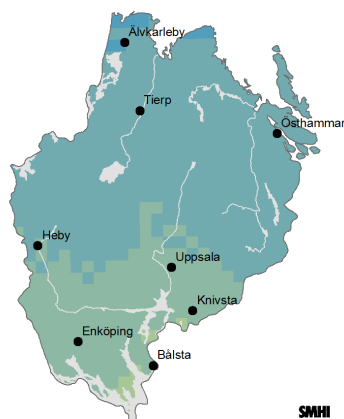


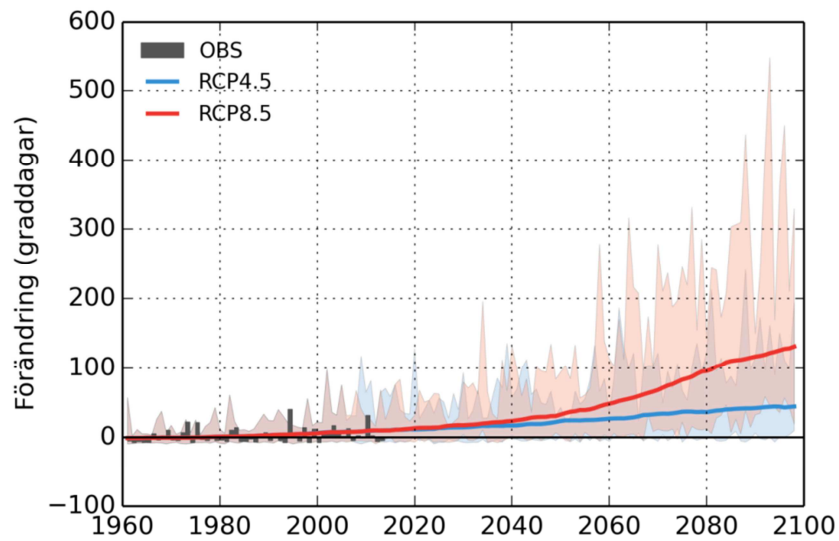
Graddagar



RCP4.5

RCP8.5





Behoven av kylning har hittills varit små i Sverige. För Uppsala län var medeltalet för referensperioden 1961-1990 7 graddagar, enligt den definition som här används. Kylbehovet ökar med ökande sommartemperaturer och RCP8.5 visar en markant ökning mot slutet av seklet till ca 130 graddagar. Störst blir behovet i länets sydligaste del.

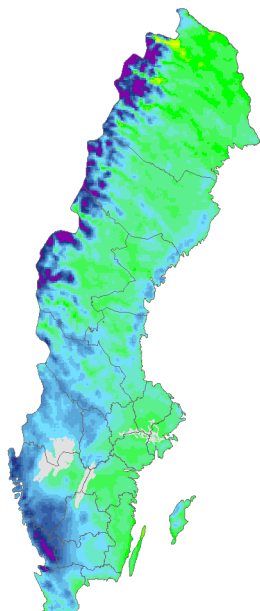
Behovet av energi för kylning förblir dock mycket litet i jämförelse med uppvärmningsbehovet, även i framtiden.

5 Nederbörd

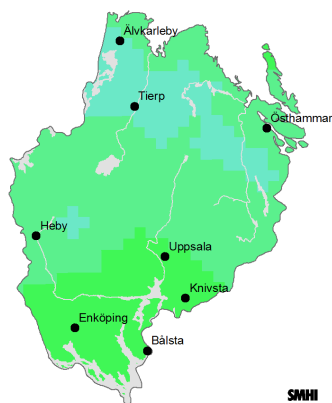
5.1 Årsmedelnederbörd

Observerat 1961-1990

Årsmedelnederbörd är medelvärde av varje års summerade dygnsnederbörd. Det är tillsammans med årsmedeltemperatur det mest använda klimatindexet för att beskriva klimatet.

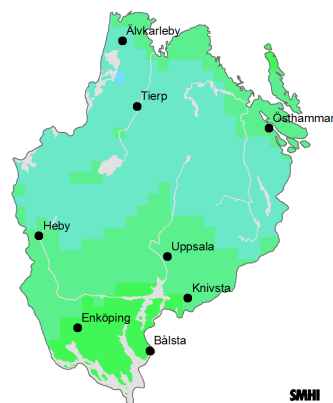


Observerat 1961-1990



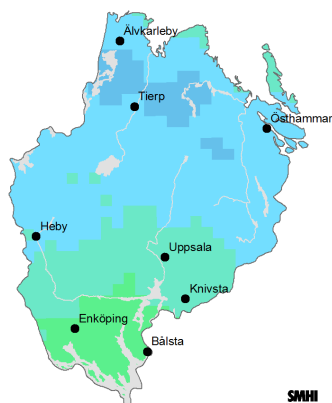
SMHI

Observerat 1991-2013



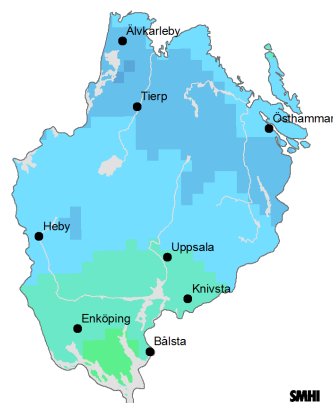
SMHI

Beräknat 2021-2050



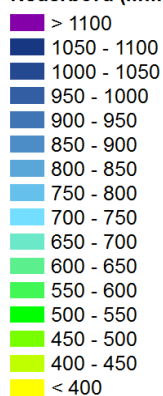
SMHI

Beräknat 2069-2098



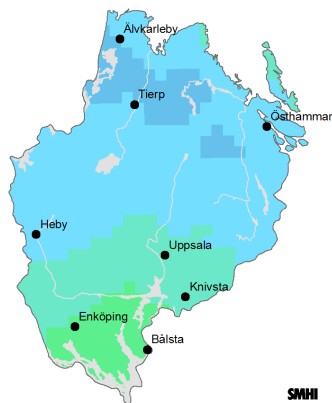
SMHI

Nederbörd (mm)

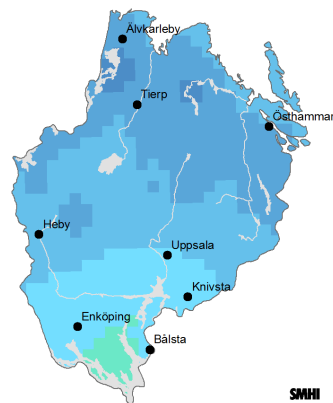


RCP4.5

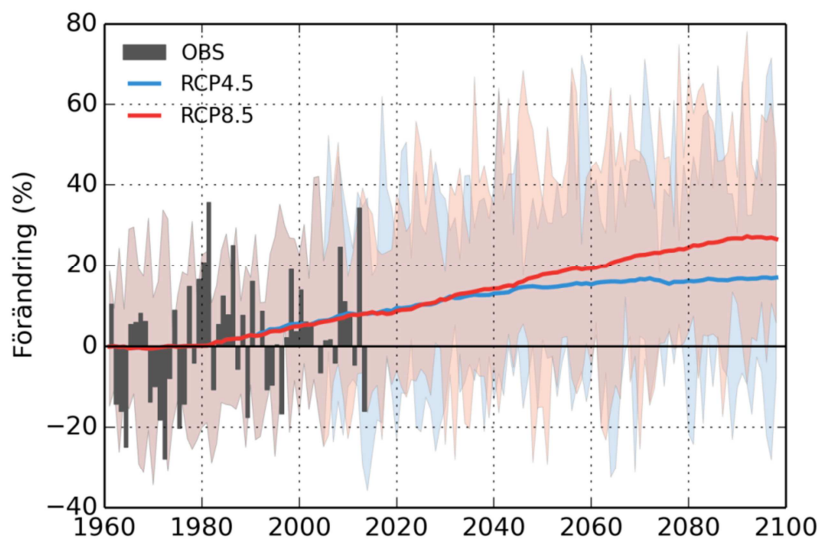
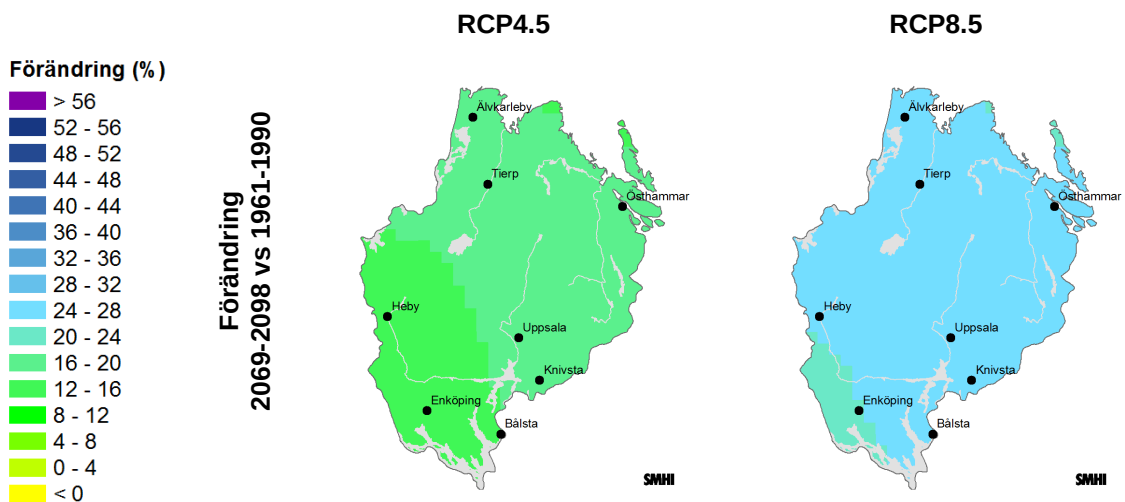
RCP8.5



SMHI



SMHI

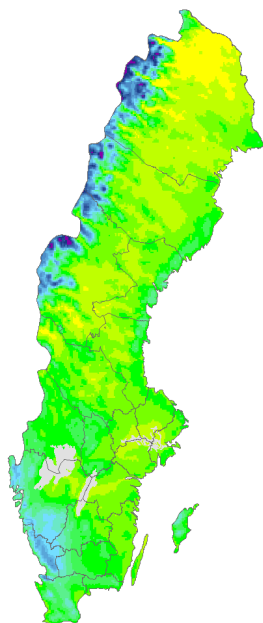


Årsmedelnederbörden i Uppsala län var under perioden 1961-1990 623 mm. Nederbörden är något större i norra delen av länet jämfört med den södra. Diagrammet visar att mellanårsvariationen är stor (se de svarta observationsstaplarna), 20 % mer eller mindre än medelvärdet är inte ovanligt. Under de senaste 23 åren har nederbörden ökat marginellt. I ett framtida klimat väntas nederbörden öka mer. Ökningen är störst enligt RCP8.5, ca 30 % till slutet av seklet, medan RCP4.5 visar en ökning på knappt 20 %.

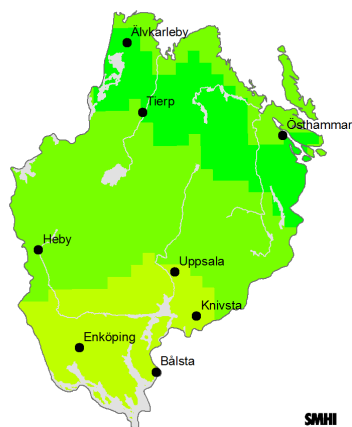
5.2 Medelnederbörd vinter

Observerat 1961-1990

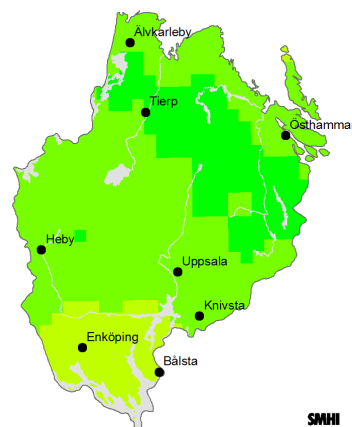
Vinter definieras här som perioden december-februari. Kartorna visar medelvärdet av varje periods summerade dygnsnederbörd.



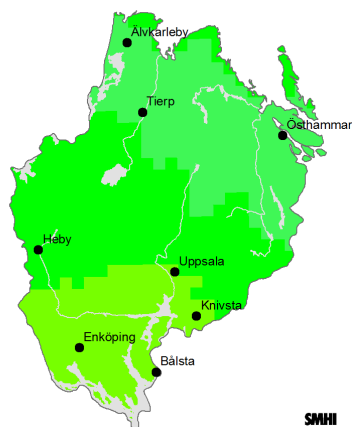
Observerat 1961-1990



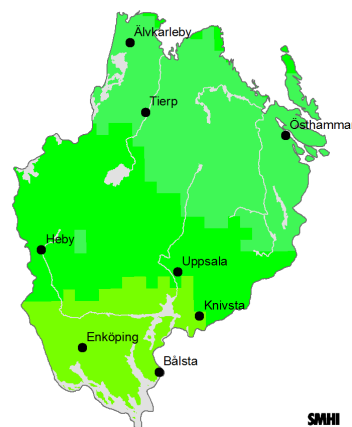
Observerat 1991-2013



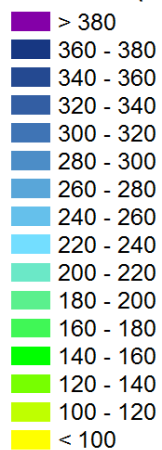
Beräknat 2021-2050



Beräknat 2069-2098

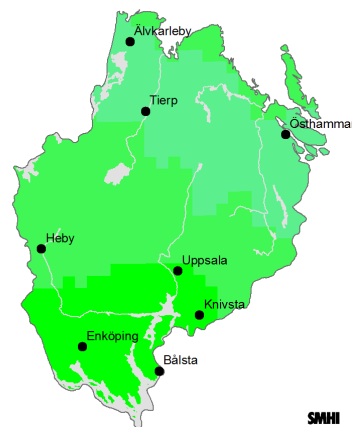
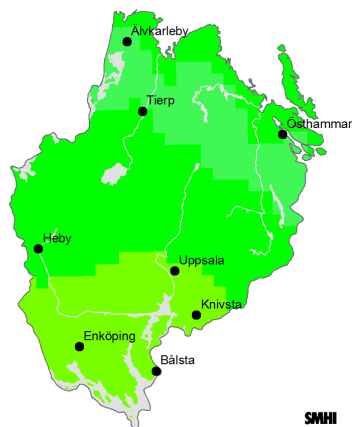


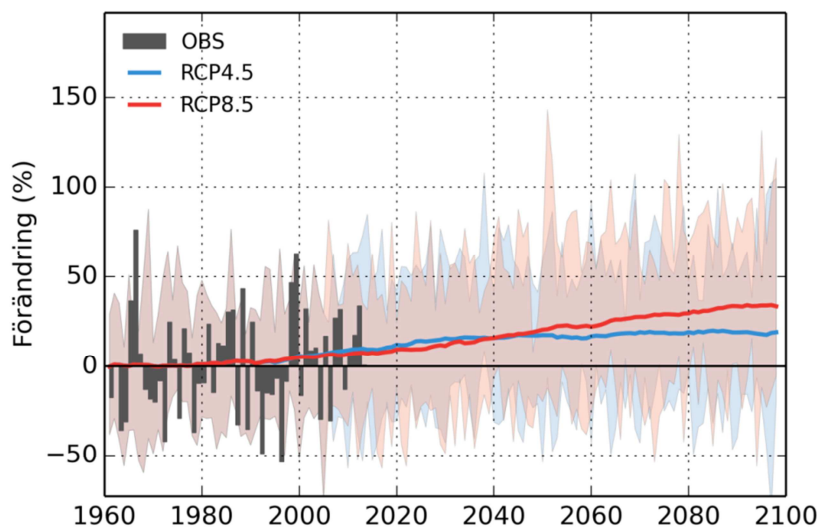
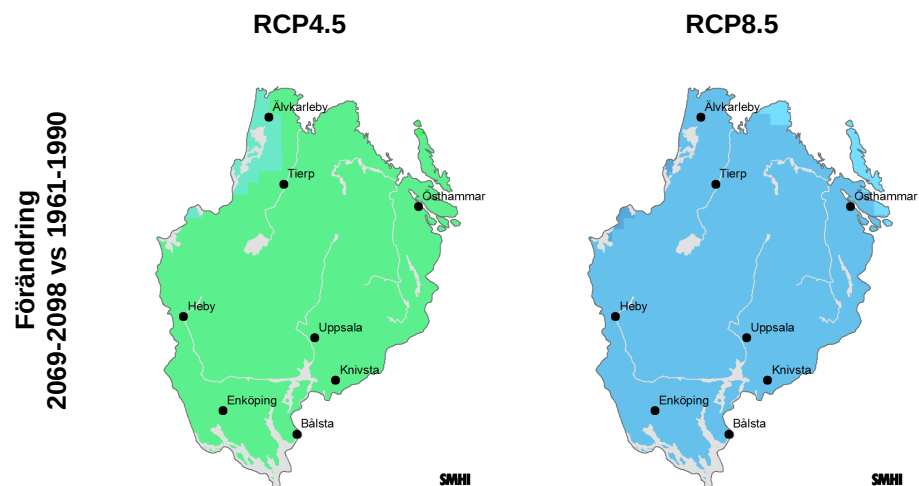
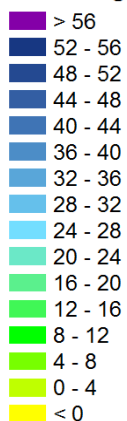
Nederbörd (mm)



RCP4.5

RCP8.5



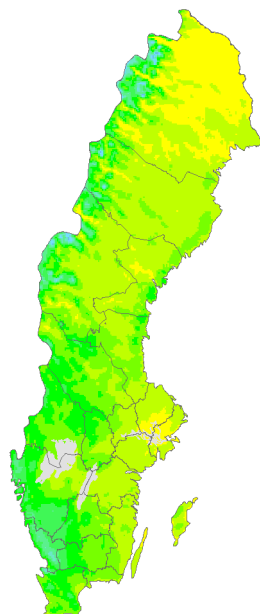
Förändring (%)

Vinternederbörden i Uppsala län är jämnt fördelad över länet, årsmedelvärdet i smält form var under perioden 1961-1990 130 mm. Precis som för årsmedelnederbörden är mängderna något större i norra delen av länet jämfört med södra. Diagrammet visar att mellanårsvariationen är mycket stor, skillnader på 50 % från år till år är inte ovanligt. RCP8.5 visar på störst ökning till slutet av seklet, upp mot 40 %, nederbördsmönstret över länet kvarstår. RCP4.5 visar på ungefär hälften så stor ökning till slutet av seklet. I och med ett varmare klimat kommer nederbörd som regn i stället för snö att bli allt vanligare vintertid.

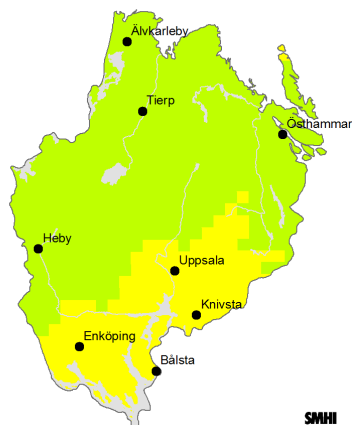
5.3 Medelnederbörd vår

Observerat 1961-1990

Vår definieras här som perioden mars-maj. Kartorna visar medelvärdet av varje periods summerade dygnsnederbörd.



Observerat 1961-1990



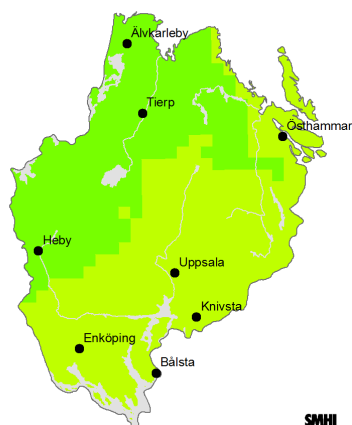
SMHI

Observerat 1991-2013



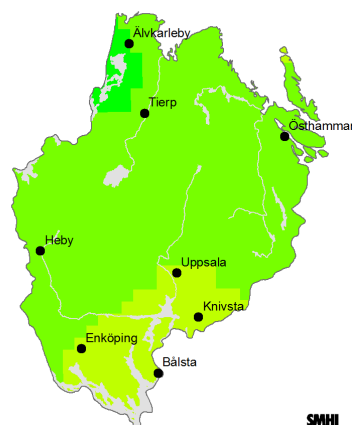
SMHI

Beräknat 2021-2050



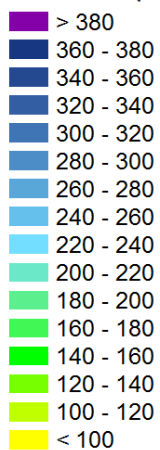
SMHI

Beräknat 2069-2098



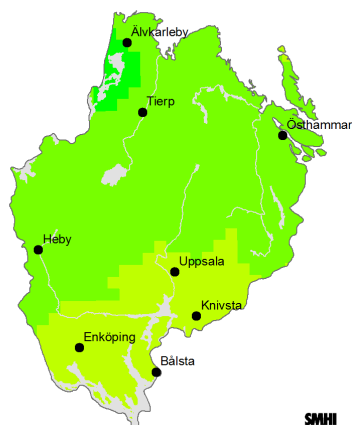
SMHI

Nederbörd (mm)

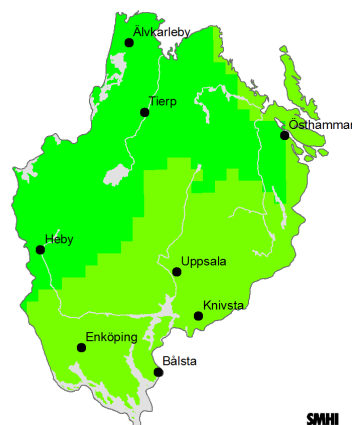


RCP4.5

RCP8.5

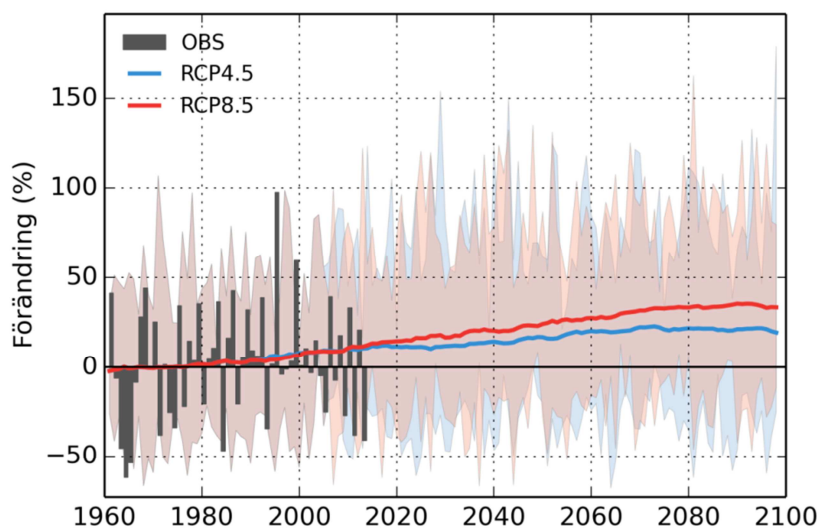
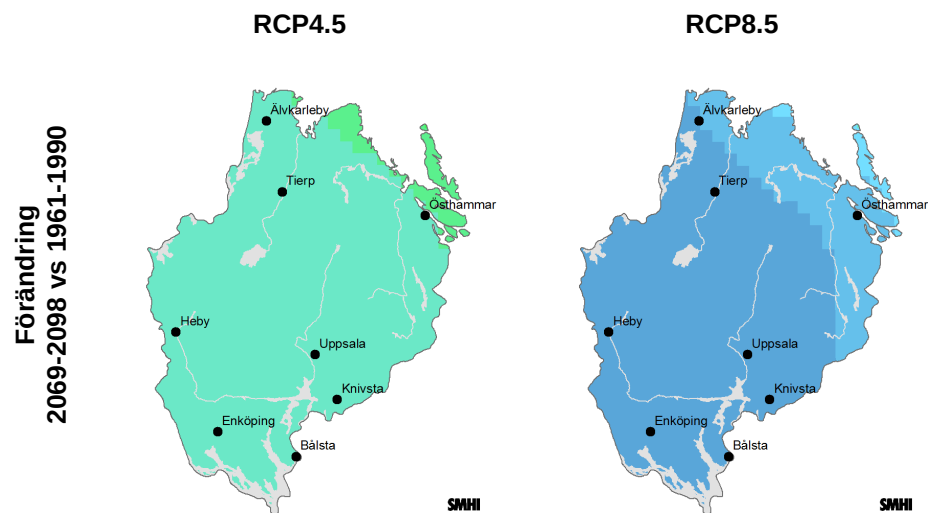
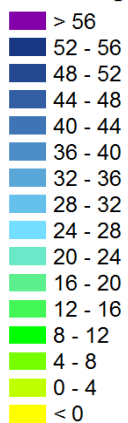


SMHI



SMHI

Förändring (%)

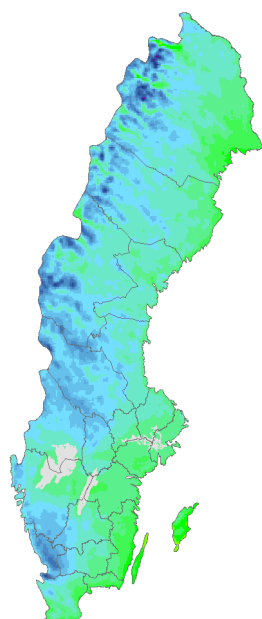


Vårmedelnederbörden summeras till 104 mm för perioden 1961-1990, men mellanårsvariationen är stor. I slutet av seklet väntas en ökning av vårnederbörden med drygt 20 % enligt RCP4.5 och ca 40 % enligt RCP8.5.

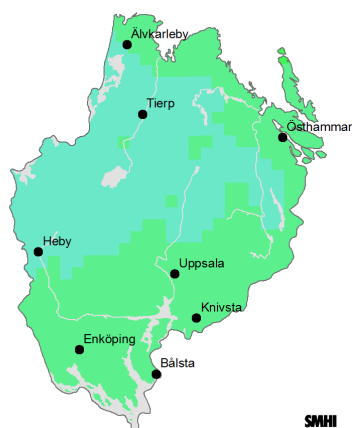
5.4 Medelnederbörd sommar

Observerat 1961-1990

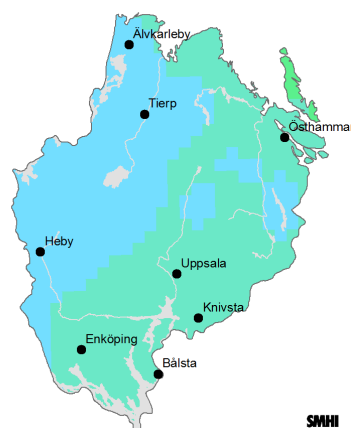
Sommar definieras här som perioden juni-augusti. Kartorna visar medelvärdet av varje periods summerade dygnsnederbörd.



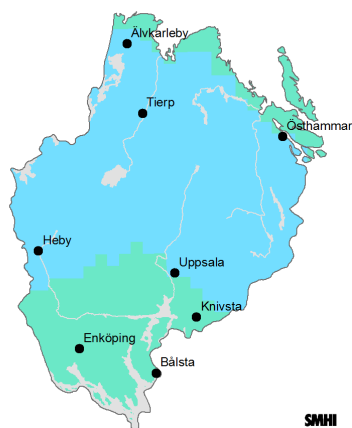
Observerat 1961-1990



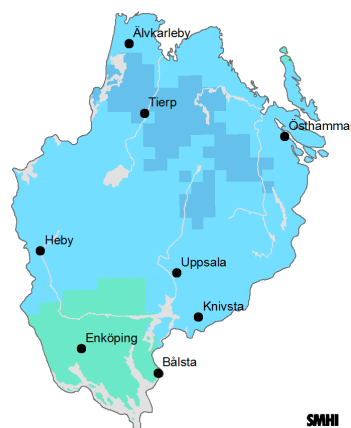
Observerat 1991-2013



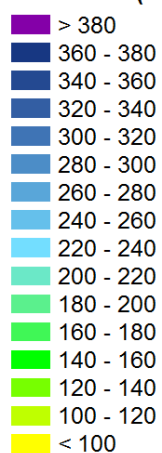
Beräknat 2021-2050



Beräknat 2069-2098

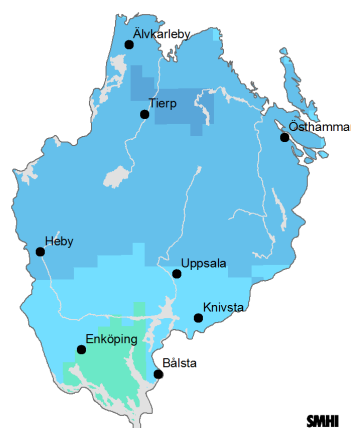
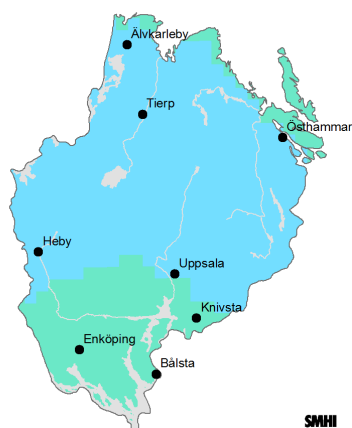


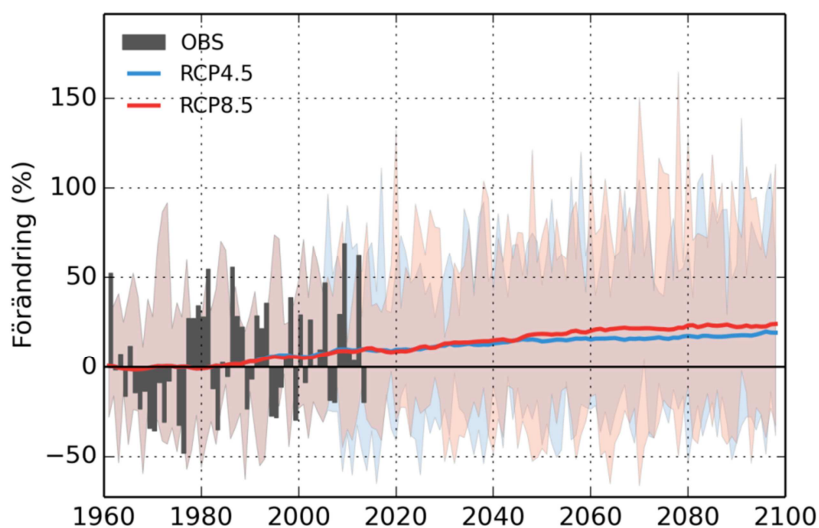
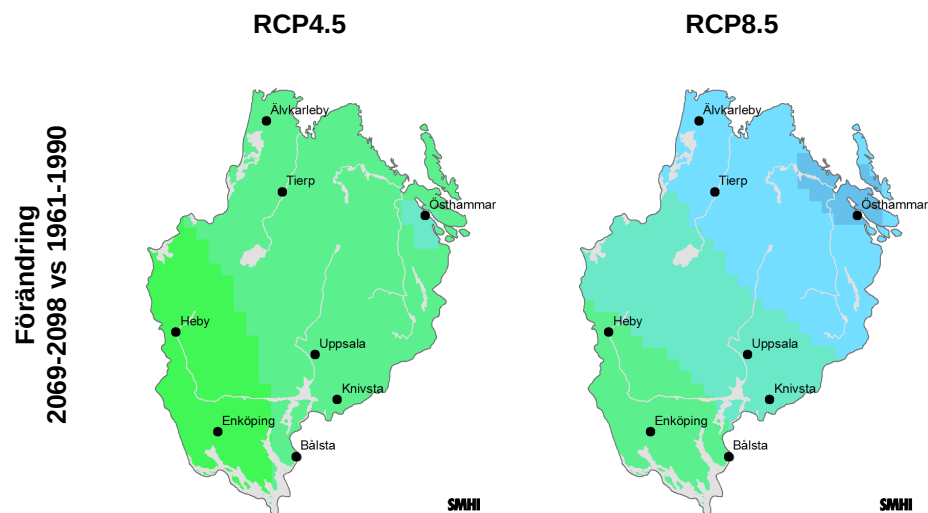
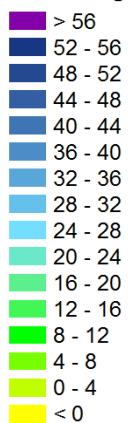
Nederbörd (mm)



RCP4.5

RCP8.5



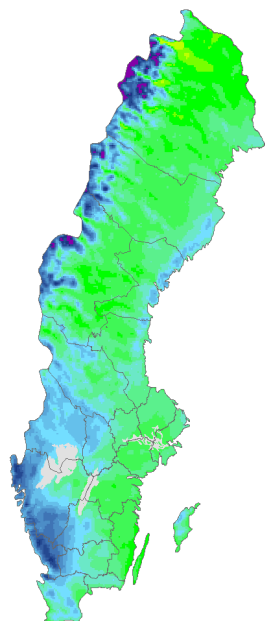
Förändring (%)

Sommaren är årstiden med störst nederbördsmängder i Uppsala län, i genomsnitt 196 mm under perioden 1961-1990. Enligt klimatscenerierna sker en svag ökning av sommarnederbörden fram till slutet av seklet på mellan 10 och 20 %. Ökningen är något större i RCP8.5, men de två scenarierna är mycket lika. Ökningen är störst vid kusten.

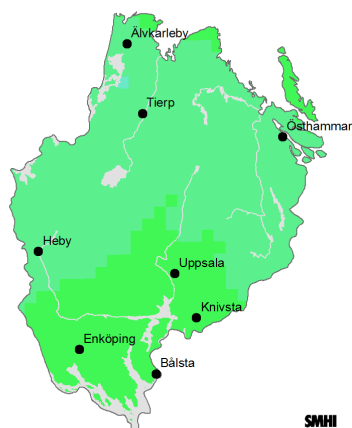
5.5 Medelnederbörd höst

Observerat 1961-1990

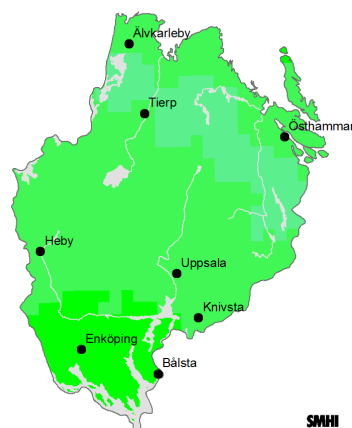
Höst definieras här som perioden september-november. Kartorna visar medelvärdet av varje periods summerade dygnsnederbörd.



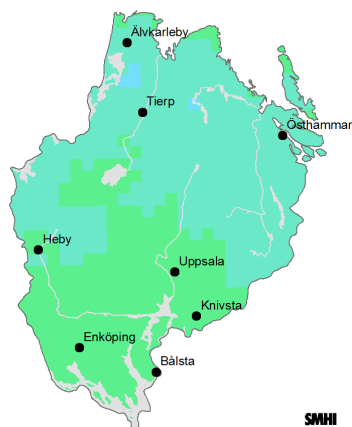
Observerat 1961-1990



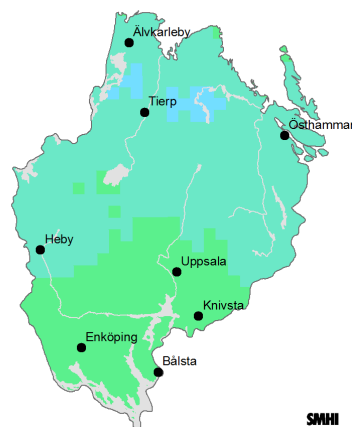
Observerat 1991-2013



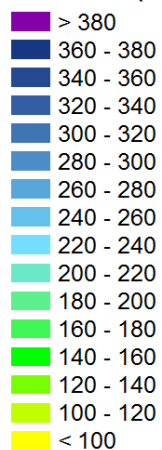
Beräknat 2021-2050



Beräknat 2069-2098

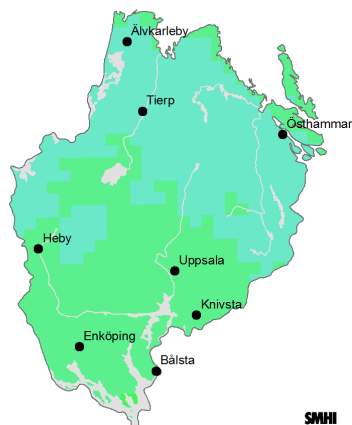


Nederbörd (mm)

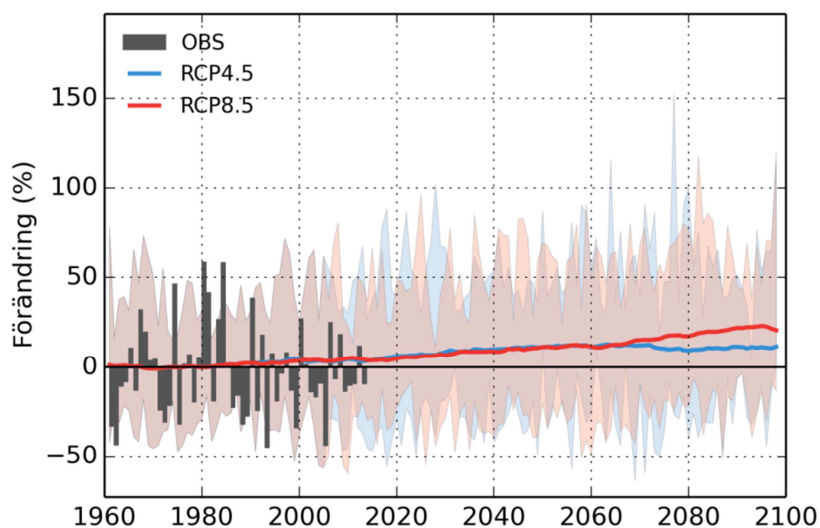
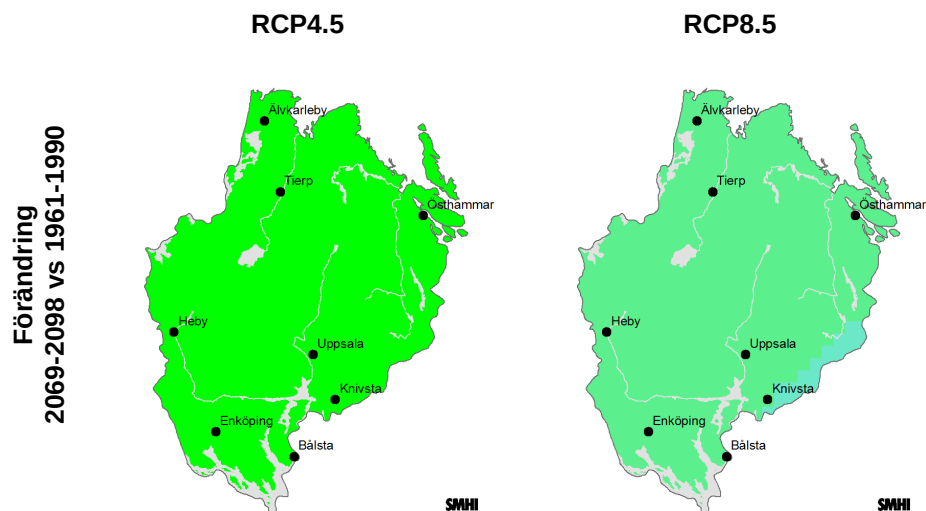
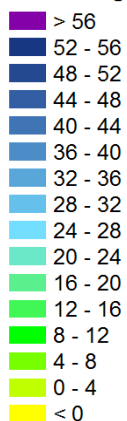


RCP4.5

RCP8.5



Förändring (%)

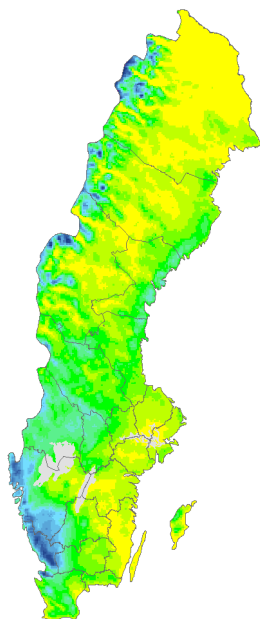


Höstenederbörden i Uppsala län var i medeltal 183 mm för referensperioden 1961-1990 och mellanårsvariationen är stor. Till mitten av seklet ger de båda RCP-scenarierna mycket lika resultat, en ökning på ca 10 % väntas. RCP 4.5 visar liten förändring till slutet av seklet, medan RCP8.5 visar en ökning på ca 25 %. Förändringen är jämnt fördelad över länet.

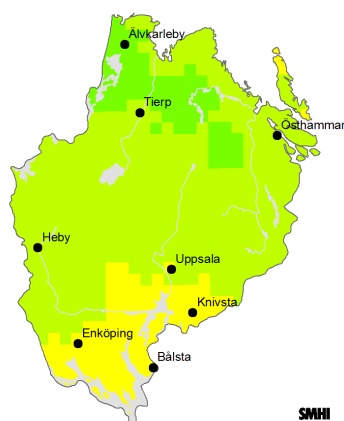
5.6 Antal dagar med mer än 10 mm nederbörd

Observerat 1961-1990

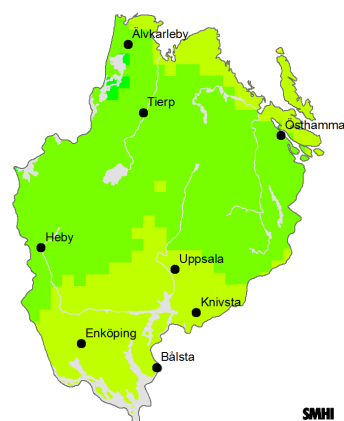
Kartorna visar medelvärdet av varje års totala antal dagar då nederbörden överstiger 10 mm. Det är ett mått på förekomsten av stora regnmängder som kan leda till översvämningar.



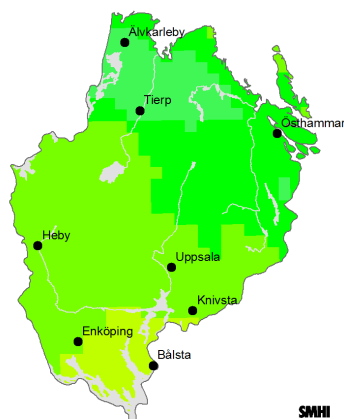
Observerat 1961-1990



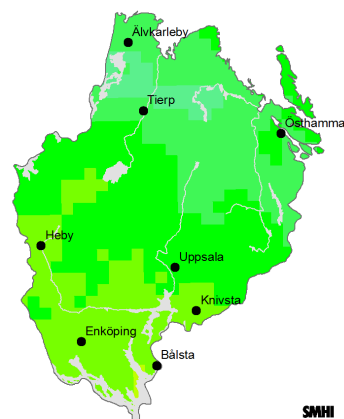
Observerat 1991-2013



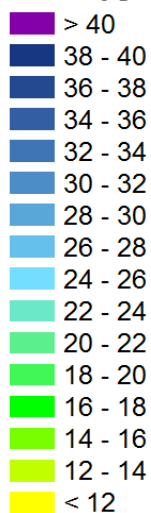
Beräknat 2021-2050



Beräknat 2069-2098

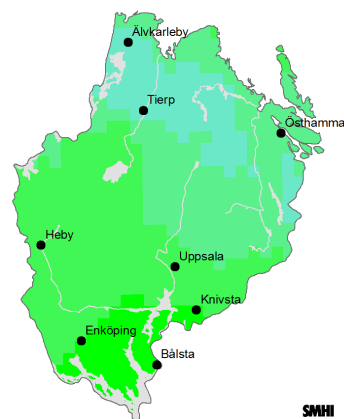
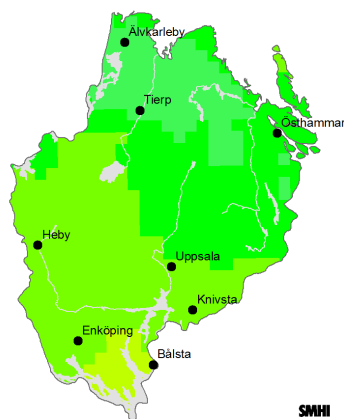


Antal dygn

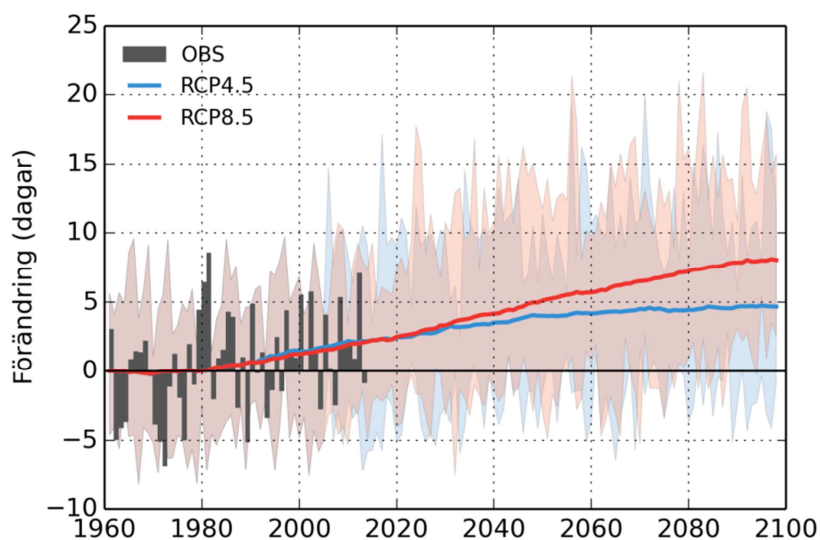
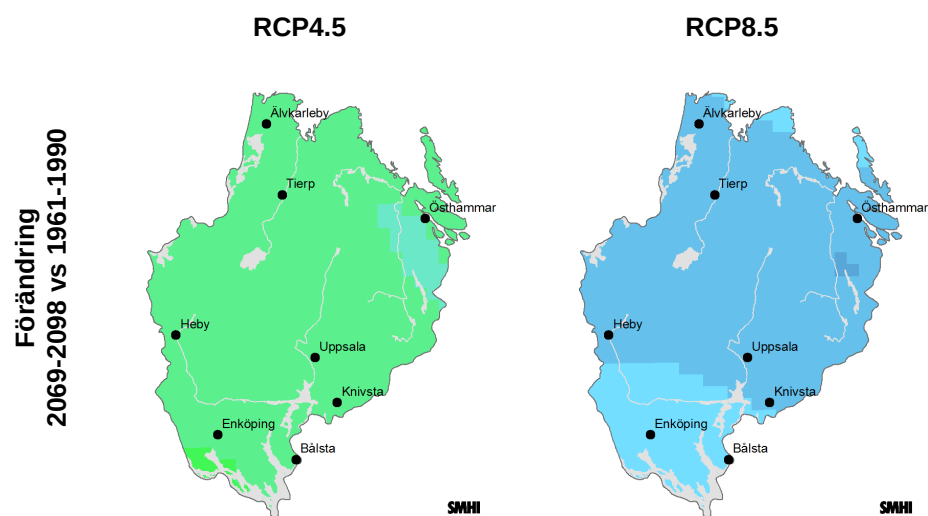
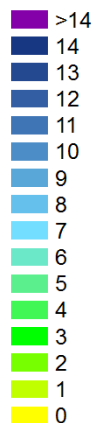


RCP4.5

RCP8.5



Antal dagar

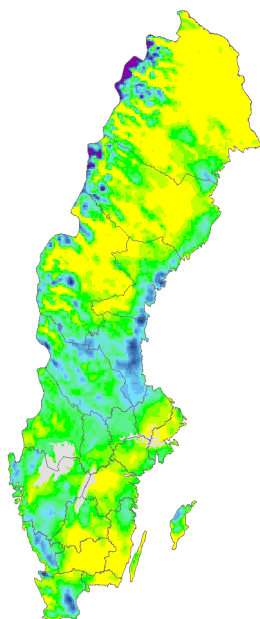


Under referensperioden 1961-1990 uppmättes mer än 10 mm nederbörd på ett dygn i genomsnitt 13 gånger på ett år. Stora nederbörds mängder är vanligast i norra delen av länet. En ökning kan ses för perioden 1991-2013 och tendensen fortsätter enligt beräkningarna; enligt RCP4.5 ökar antalet dagar med ca 5 och enligt RCP8.5 med ca 8.

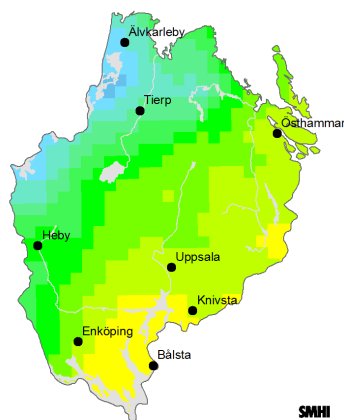
5.7 Maximal dygnsnederbörd

Observerat 1961-1990

Indexet är ett mått på årets största dygnsnederbörd. Resultaten presenteras som medelvärden över angiven period. Indexet är ett mått på risken för skyfall.

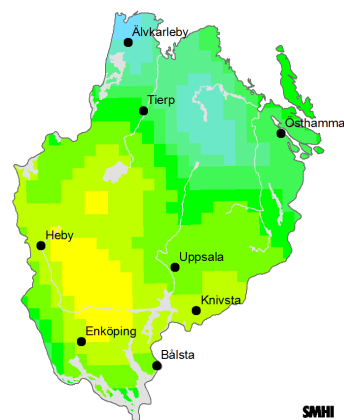


Observerat 1961-1990



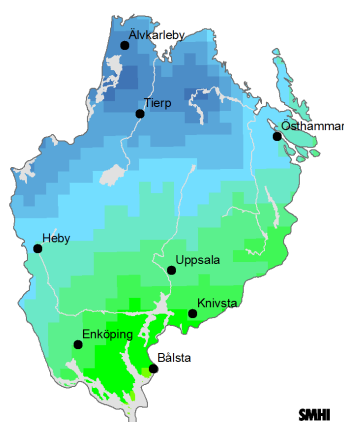
SMHI

Observerat 1991-2013



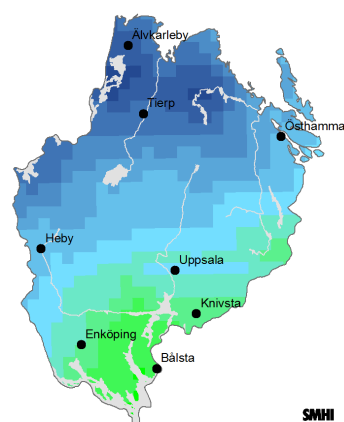
SMHI

Beräknat 2021-2050



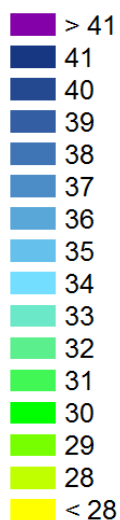
SMHI

Beräknat 2069-2098



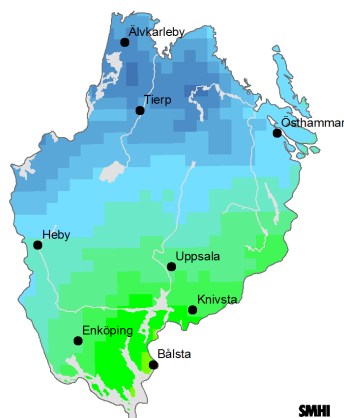
SMHI

Nederbörd (mm)

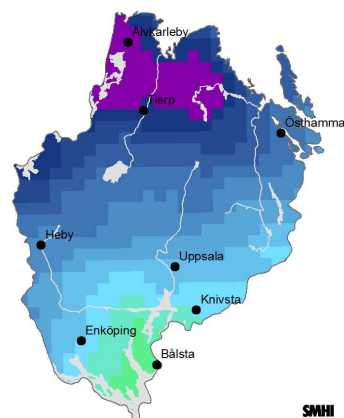


RCP4.5

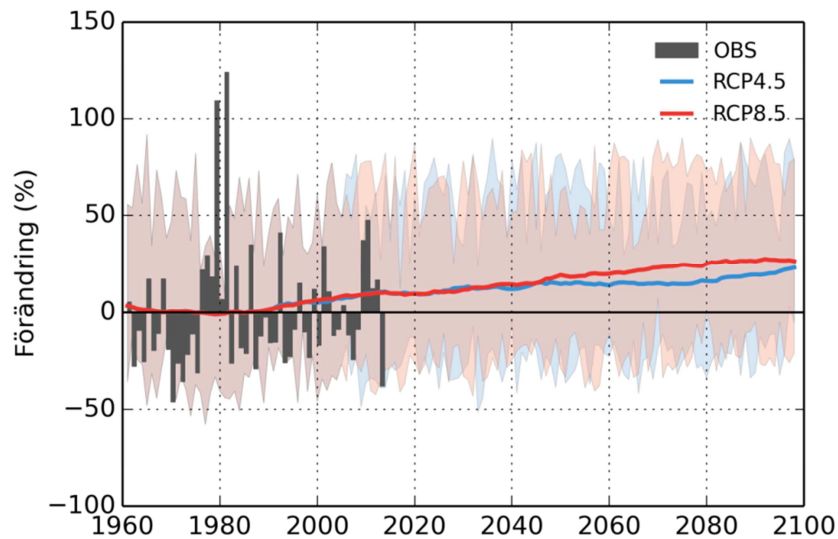
RCP8.5



SMHI



SMHI



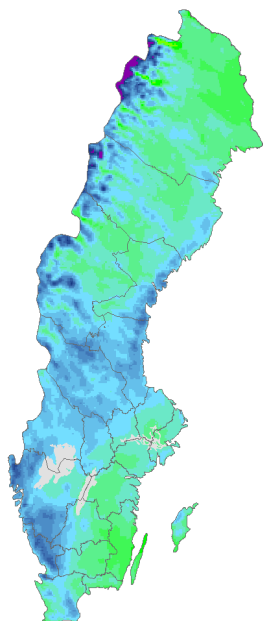
Det geografiska medelvärde av årets största dygnsnederbörd för perioden 1961-1990 är 29 mm, men enligt diagrammet varierar mängden mycket från år till år och ett enskilt regn kan lokalt ge betydligt större regnmängder. Diagrammet visar att det under åren 1979 och 1981 förekom ovanligt stora regnmängder.

Scenarierna visar på en ökning av dygnsnederbörden och de är lika. RCP8.5 ger en ökning på 25 % till slutet av seklet medan RCP4.5 visar på något mindre förändring. Kartorna för de två observationsperioderna visar att den geografiska förekomsten av maximal dygnsnederbörd är oregelbunden, vilket betyder att ett kraftigt regn kan förekomma i princip var som helst i länet. Nederbördsfördelningen inom länet för de framtida perioderna bör därför tolkas med försiktighet.

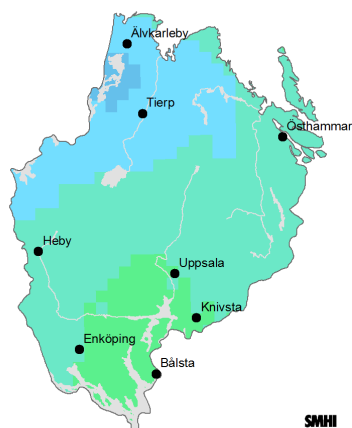
5.8 Maximal 7-dygnsnederbörd

Observerat 1961-1990

Indexet är ett mått på årets största 7-dygnsnederbörd. Resultaten presenteras som medelvärden över angiven period. Indexet kan till exempel användas för bedömning av förändringar i vattenflöde i små och medelstora naturvattendrag och diken.



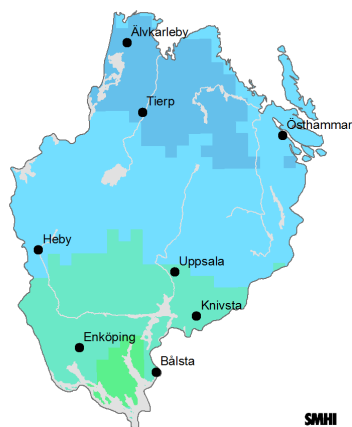
Observerat 1961-1990



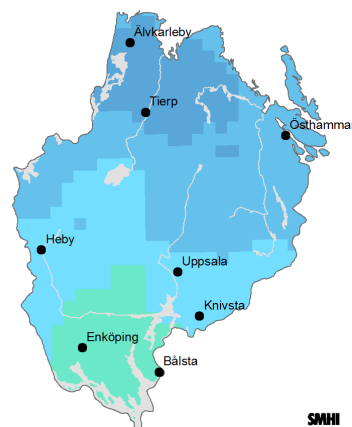
Observerat 1991-2013



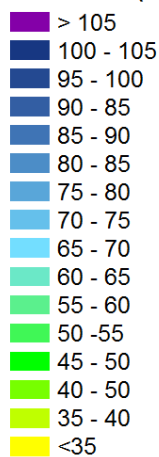
Beräknat 2021-2050



Beräknat 2069-2098

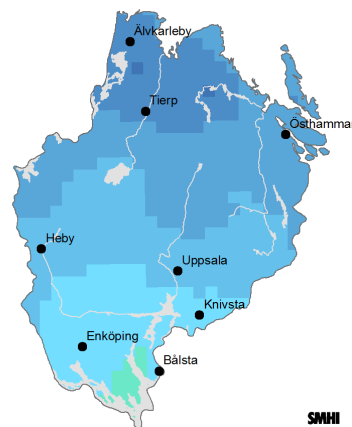
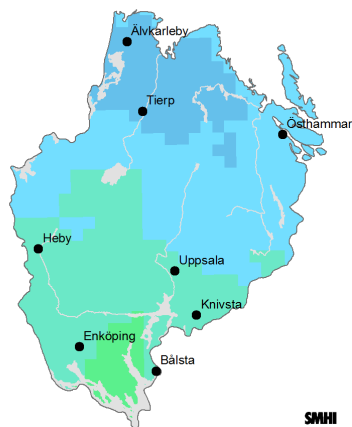


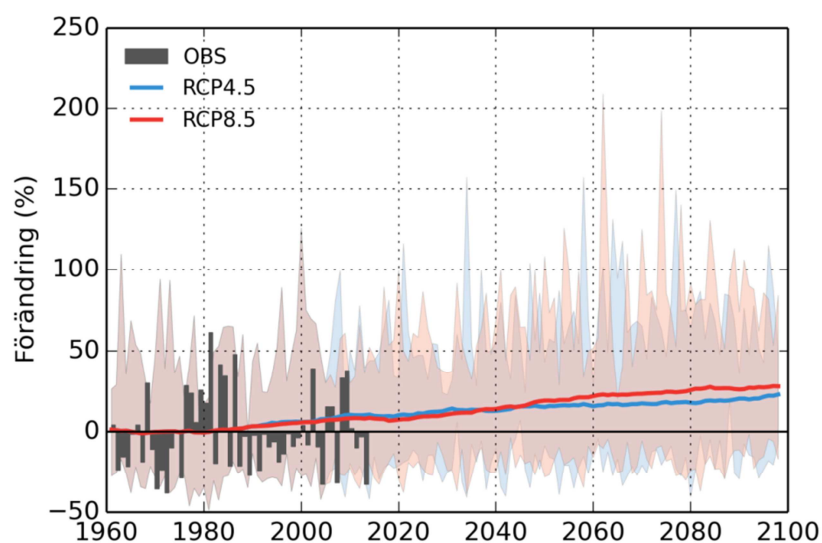
Nederbörd (mm)



RCP4.5

RCP8.5





Det geografiska medelvärde av årets största 7-dygnsnederbörd för perioden 1961-1990 är 63 mm, men som diagrammet visar varierar mängden mycket från år till år. Lokalt kan det förekomma större regnmängder. Scenarierna visar på en ökning av 7-dygnsnederbörden, RCP8.5 ger en ökning på ca 25 % till slutet av seklet och RCP4.5 visar på något mindre förändring.

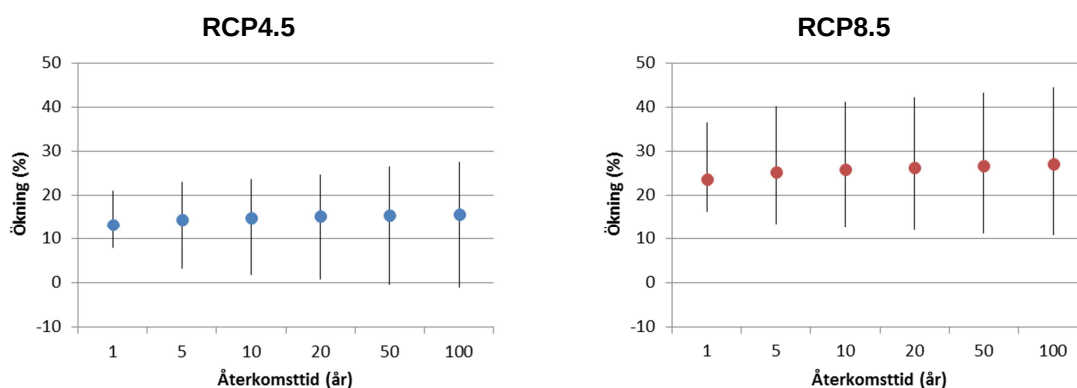
Det geografiska mönstret för maximal 7-dygnsnederbörd liknar det för årsmedelnederbörden dvs. större nederbörds­mängder i de norra delarna jämfört med de södra.

5.9 Förändring av korttidsnederbörd

I föregående avsnitt har nederbörd analyserats utifrån dygnsvärden, både på års-, säsongs- och dygnsbasis. SMHI har även gjort studier av hur intensiv nederbörd kan förändras i framtiden.

Som underlag till Dricksvattenutredningen publicerades en rapport som bland annat innehåller kartor på Sverigeskala över så kallad framtida extrem korttidsnederbörd (Eklund m.fl., 2015). Baserat på den studien har nedanstående diagram framtagits för Uppsala län över extrem nederbörd med 1-timmes varaktighet (Figur 4). Diagrammen beskriver den procentuella ökningen av 1-timmesnederbörd för perioden 2069-2098 jämfört med referensperioden 1961-1990.

Resultatet presenteras för olika återkomsttider, ett mått på hur ofta förekomsten av extrema naturliga händelser kan förväntas. Med en händelses återkomsttid menas att händelsen i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under denna tid. Se ytterligare förklaring i Ordlistan.

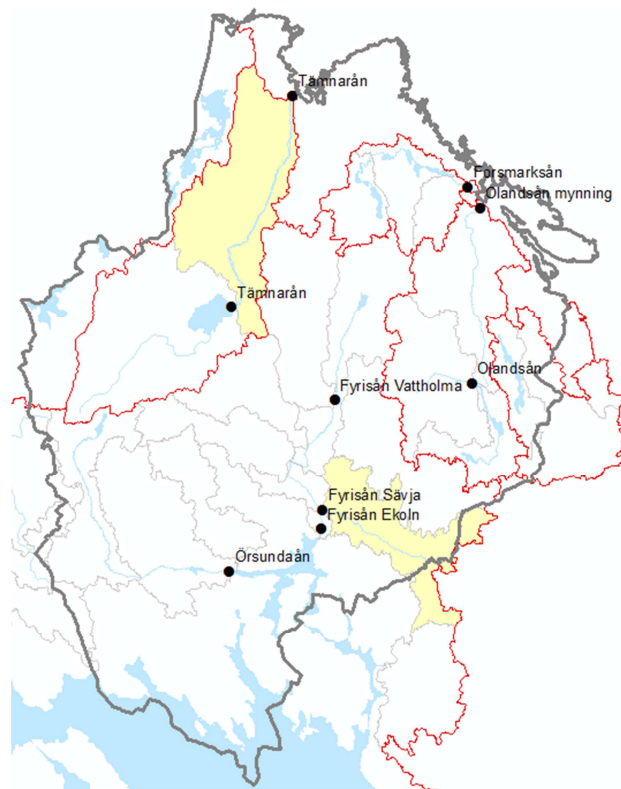


Figur 4. Procentuell förändring av nederbörd med varaktigheten 1 timme mellan perioderna 2069-2098 och 1961-1990 för Uppsala län. Punkterna representerar medianvärden och vertikala streck visar spridningen mellan de olika modellberäkningarna.

Den extrema 1-timmesnederbörden förväntas öka, och RCP8.5 visar på större förändring än RCP4.5. Beräkningarna visar 10-25 % ökning för de årligen återkommande skurarna. Ökningen är något större för de längre återkomsttiderna, dvs. de mer ovanliga extrema skurarna, men här är även spridningen mellan resultaten större.

6 Total medeltillrinning

Avsnittet behandlar den totala tillrinningen dvs. det ackumulerade flödesbidraget från alla avrinningsområden som ligger uppströms, även utanför länsgränsen. Indexen kan vara av intresse för att bedöma vattentillgång till kraftproduktion och vattenuttag, samt för planering av markanvändning, som exploatering i områden kring sjöar och vattendrag. I Figur 5 är de utvalda vattendragen för analys av total tillrinning markerade med punkter. Gula områden används för analyser av lokal tillrinning, vilka redovisas i avsnitt 7.



Figur 5. Kartan visar avrinningsområden (röda linjer) och delområden enligt HBV-modellen (ljusgrå linjer). De markerade vattendragspunkterna relaterar till diagrammen över total tillrinning i rapporten. De gulmarkerade områdena avser beräkningarna för lokal tillrinning och markfuktighet. Uppsala län markeras med mörkgrå linje.

6.1 Förändrad total medeltillrinning för år och säsonger

I diagrammen på följande sidor redovisas beräkningar av framtidens hydrologiska förhållanden avseende total tillrinning.

För länet ses en ökning av årstillrinningen med ca 10 % vid slutet av seklet för de flesta vattendrag. Av diagrammen framgår att Tämnrån har något mindre ökning.

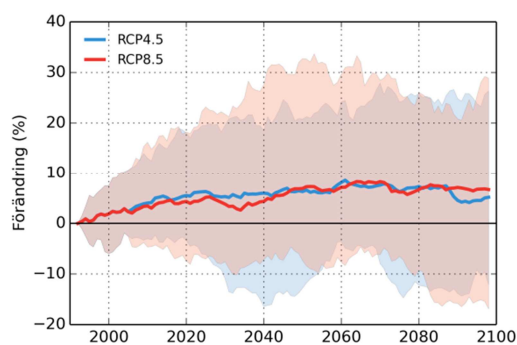
Den största förändringen av totala tillrinningen väntas för vinterperioden eftersom nederbörden väntas öka och vintrarna förväntas bli mildare. Mot mitten av seklet ses en generell ökning över länet men med variationer. Ökningen fortsätter mot slutet av seklet. För Tämnrån, Forsmarksån och Olandsån ses en ökning på ca 40 % vid seklets slut (RCP4.5). För RCP 8.5 ligger dessa vattendrag på ca 60 % vid seklets slut. Ökningen är större för Fyrisån och Örsundaån.

För våren väntas den totala medeltillrinningen minska med ca 20-25 % i slutet av seklet. Under sommaren väntas den totala medeltillrinningen också att minska i motsvarande takt.

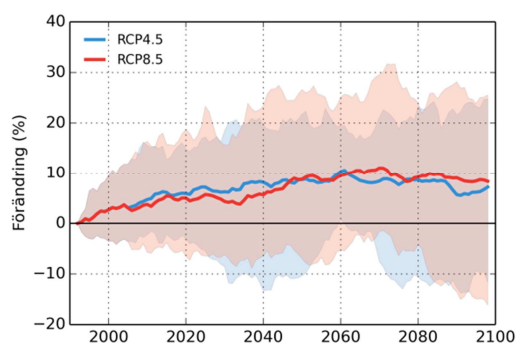
Medeltillrinningen under hösten ser ut att öka för samtliga analyserade vattendrag. Ökningen ligger kring 20 % i slutet av seklet för de flesta analyserade vattendrag.

Förändrad total årsmedeltillrinning

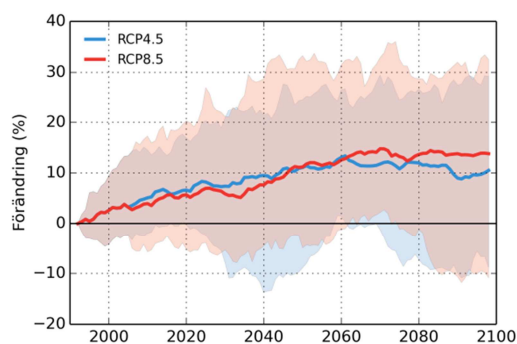
Tämnarån



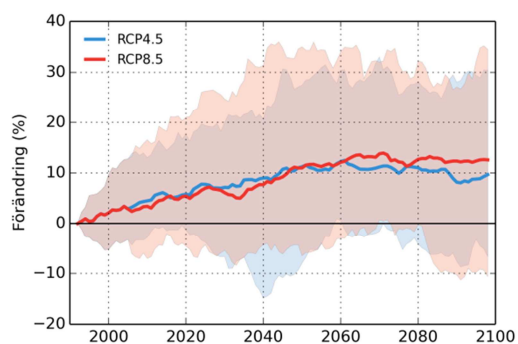
Forsmarksån



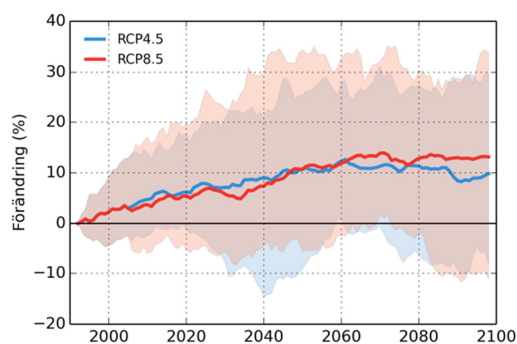
Fyrisån Vattholma



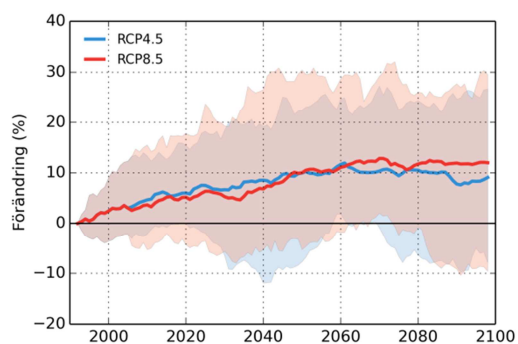
Fyrisån Sävja



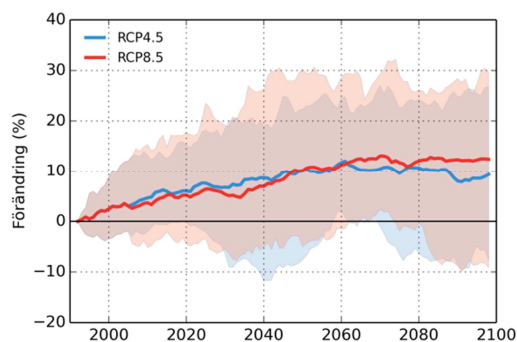
Fyrisån Ekoln



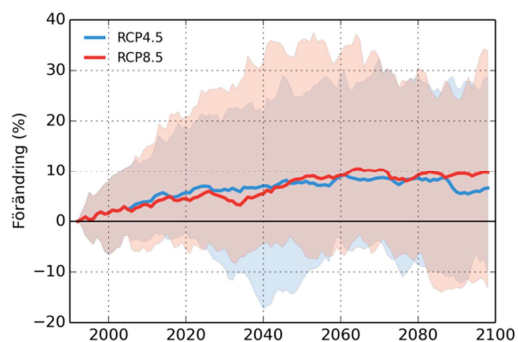
Olandsån



Olandsåns mynning

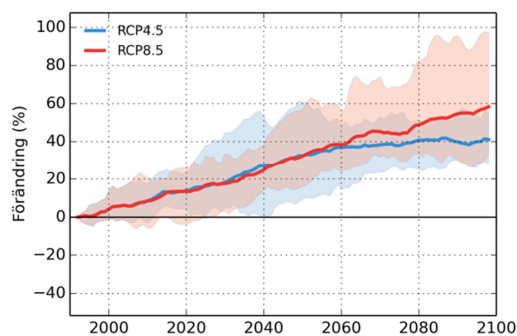


Örsundaån

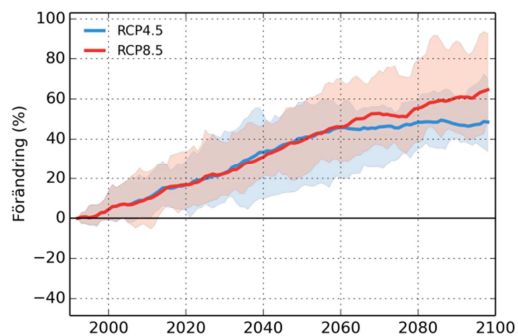


Förändrad total medeltillrinning vinter

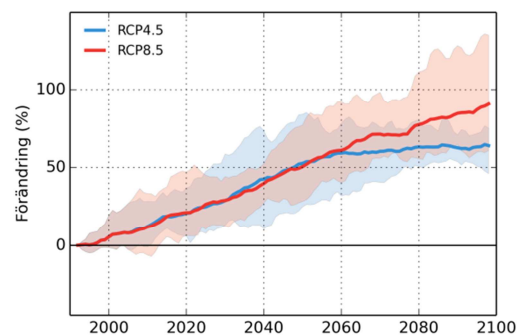
Tämnarån



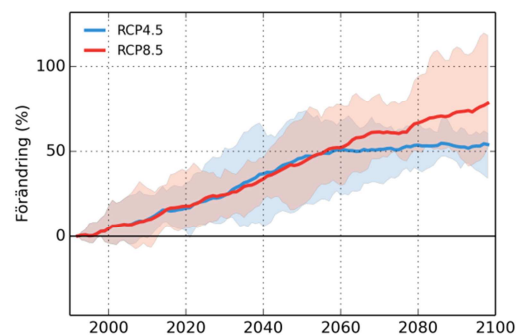
Forsmarksån



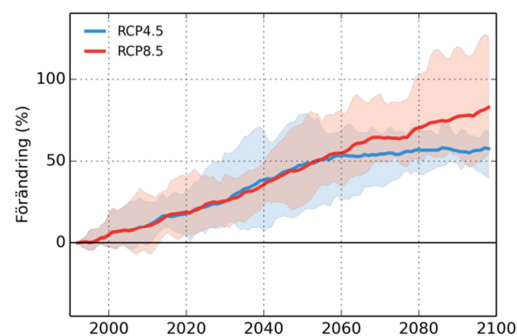
Fyrisån Vattholma



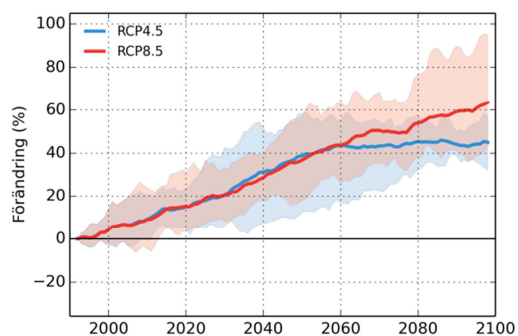
Fyrisån Sävja



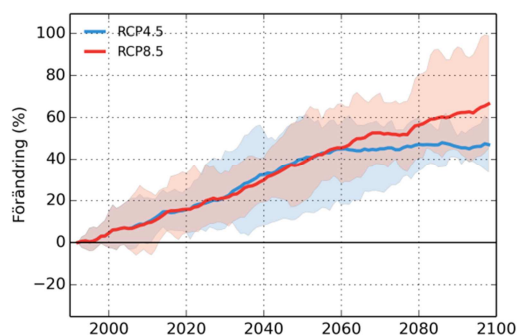
Fyrisån Eklön



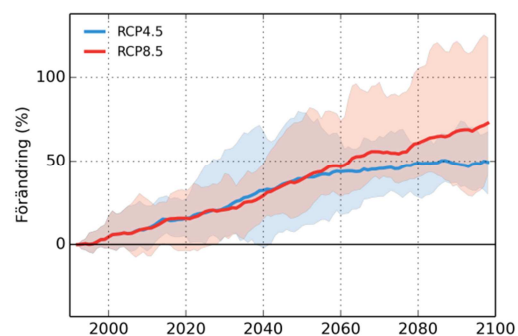
Olandsån



Olandsåns mynning

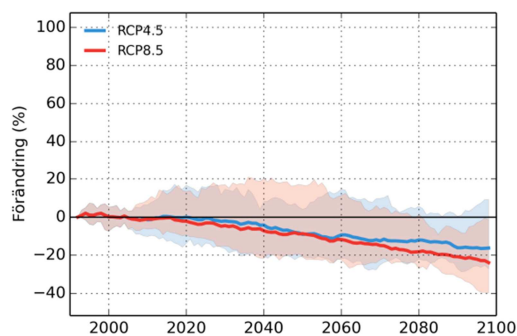


Örsundaån

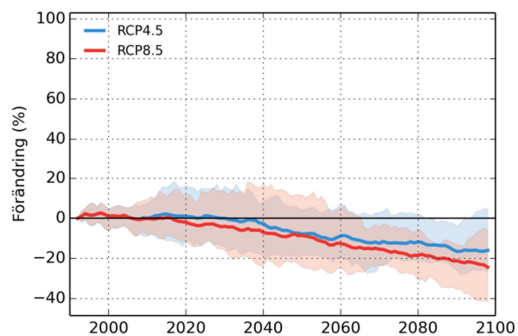


Förändrad total medeltillrinning vår

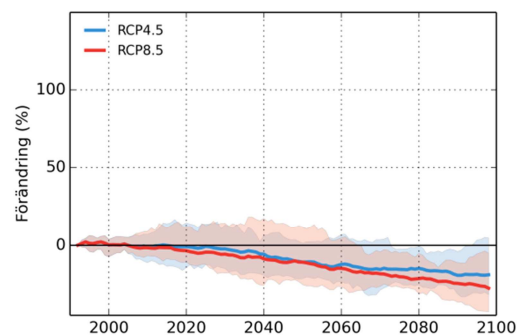
Tämnarån



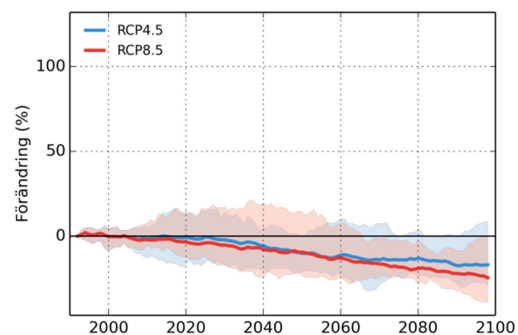
Forsmarksån



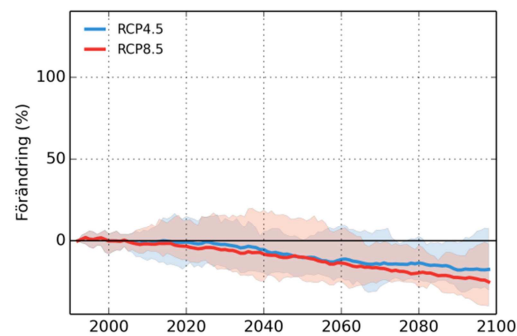
Fyrisån Vattholma



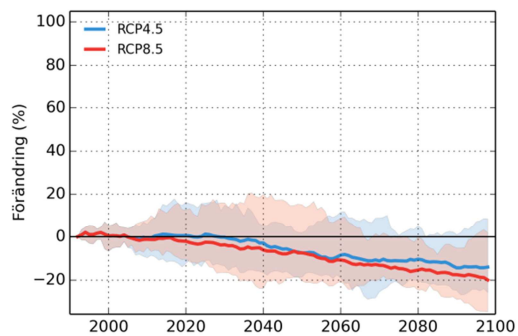
Fyrisån Sävja



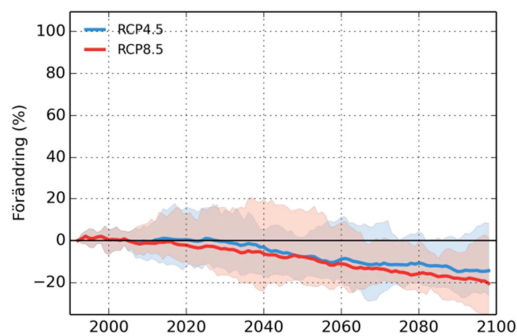
Fyrisån Eklön



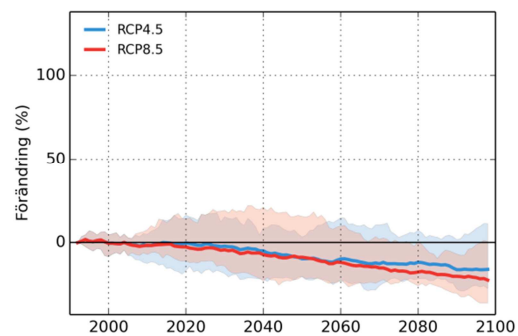
Olandsån



Olandsåns mynning

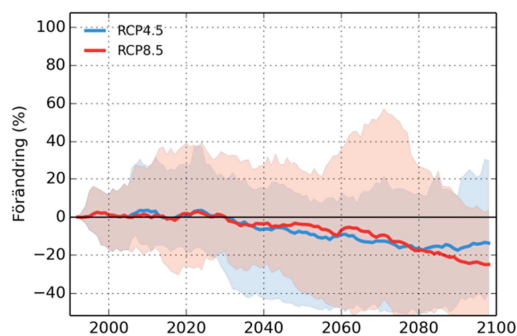


Örsundaån

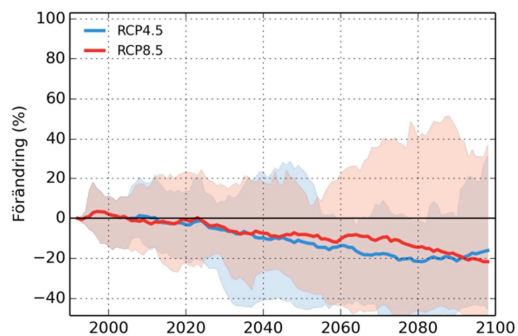


Förändrad total medeltillrinning sommar

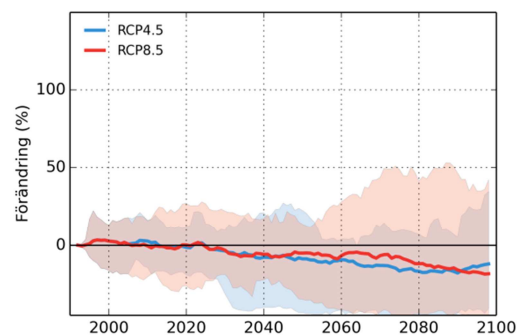
Tämnarån



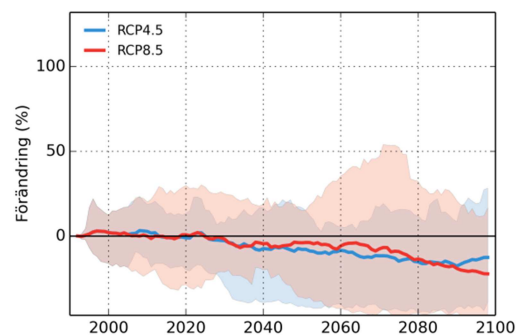
Forsmarksån



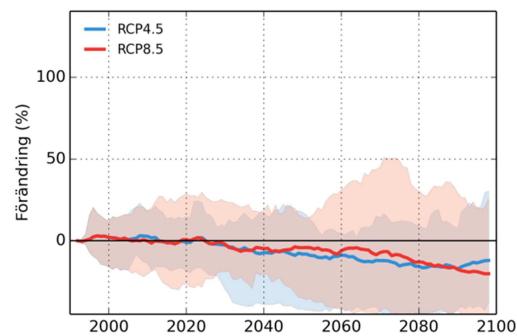
Fyrisån Vattholma



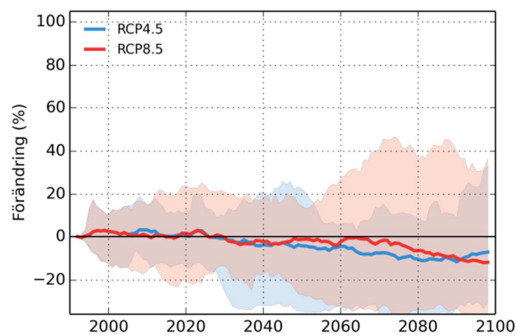
Fyrisån Sävja



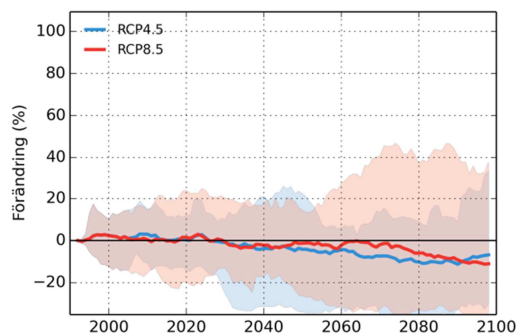
Fyrisån Eklöf



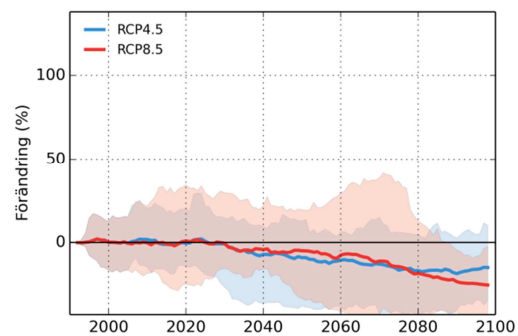
Olandsån



Olandsåns mynning

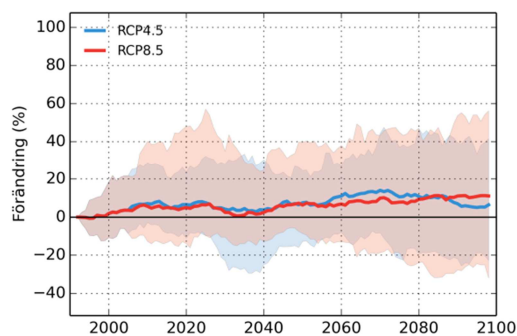


Örsundaån

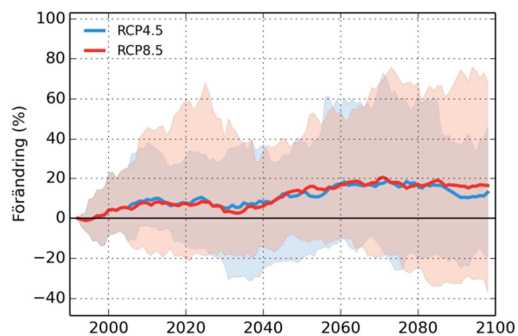


Förändrad total medeltillrinning höst

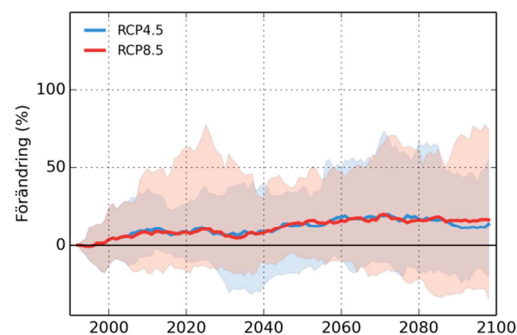
Tämnarån



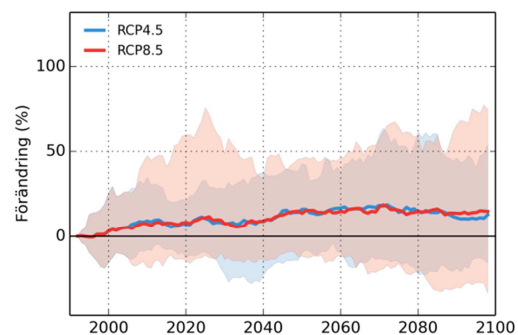
Forsmarksån



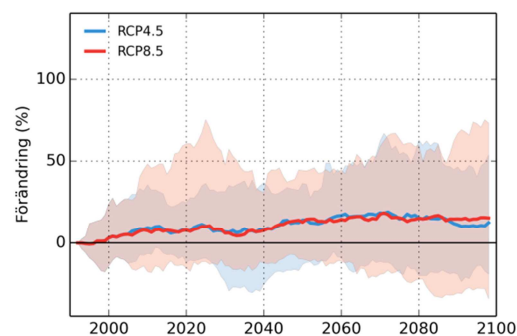
Fyrisån Vattholma



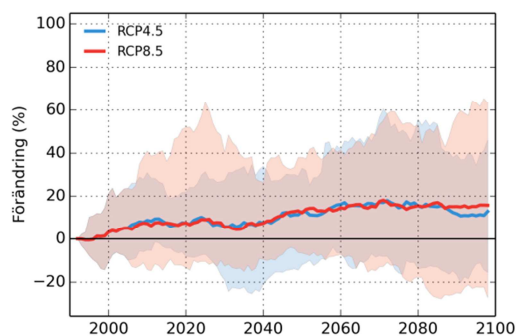
Fyrisån Sävja



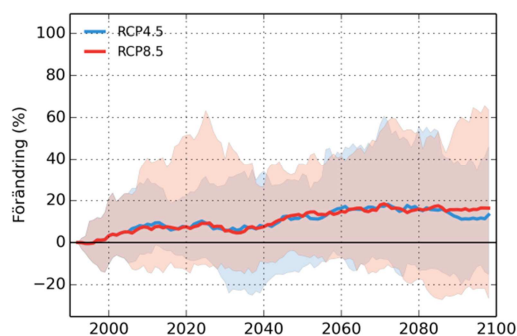
Fyrisån Eklön



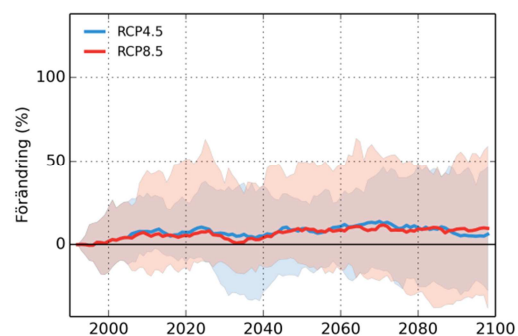
Olandsån



Olandsåns mynning

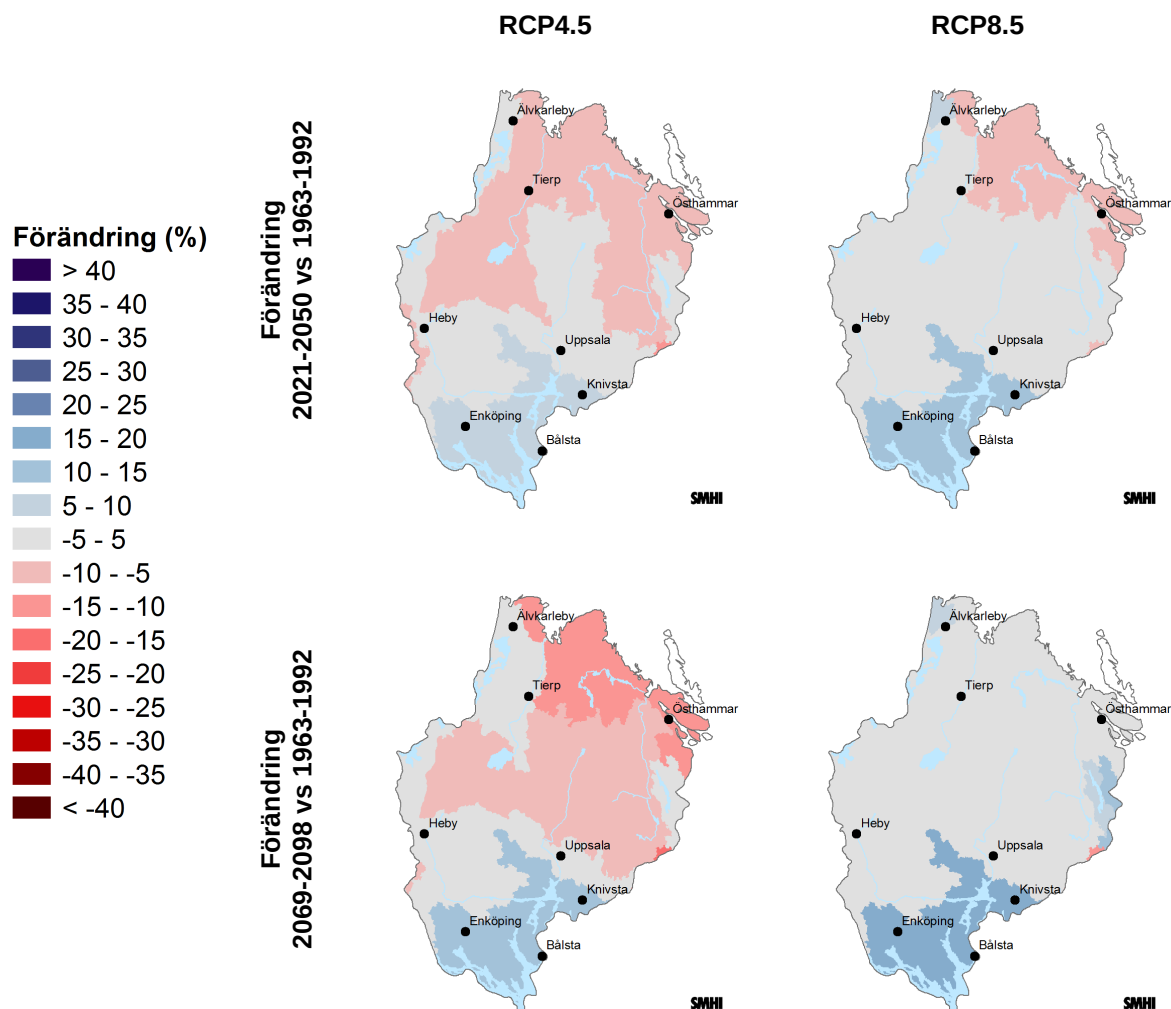


Örsundaån



6.2 Förändrad total 10-årstillrinning

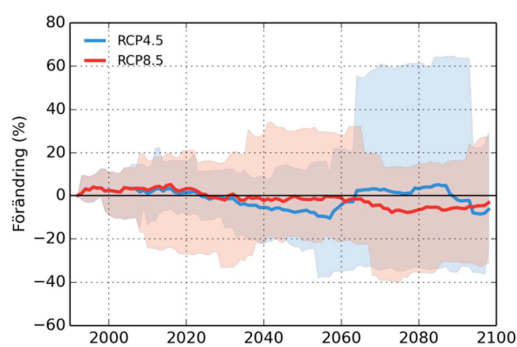
Kartorna visar den procentuella förändringen jämfört med medelvärdet för referensperioden. Indexet avser total dygnsmedeltillrinning med återkomsttid 10 år. Kartor och diagram ger en uppfattning om hur relativt vanliga höglöden kommer att öka eller minska och var det sker. Det är speciellt intressant för områden som idag lätt översvämmas.



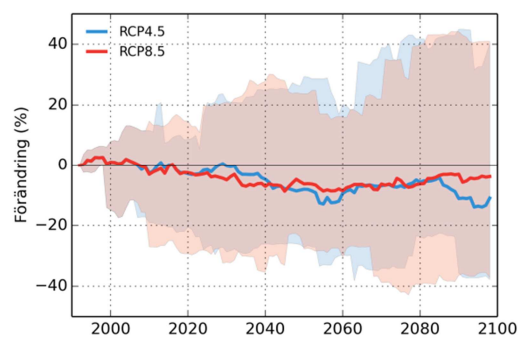
För tillrinning med återkomsttid 10 år visar beräkningarna på ökande, oförändrade och minskade värden beroende på var man är i länet. För perioden 2069-2098 skiljer sig de båda scenarierna åt. Minskningen av 10-årstillrinning i norr och ökningen i söder accentueras för RCP 4.5 om man jämför perioderna 2021-2050 med 2069-2098.

Enligt diagrammen är 10-års tillrinning i stort sett oförändrad för vattendragen förutom för Forsmarksån, Fyrisån Vattholma och Olandsån, där en minskning med 10 % väntas i slutet av seklet (RCP4.5).

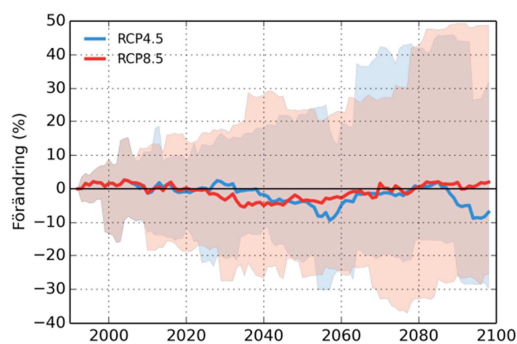
Tämnarån



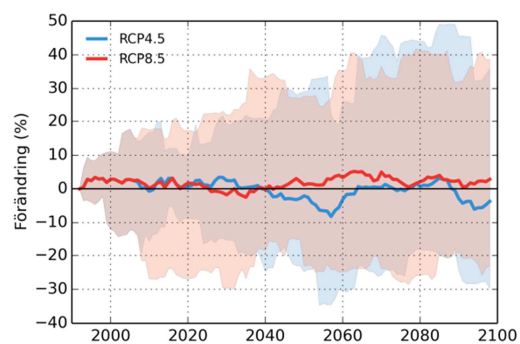
Forsmarksån



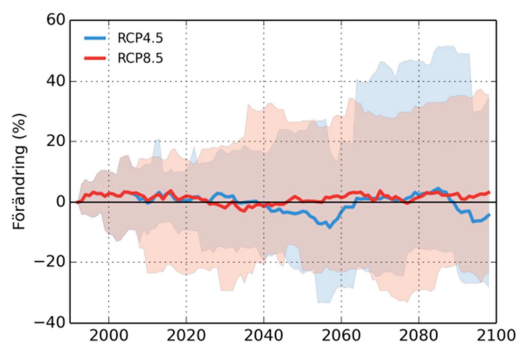
Fyrisån Vattholma



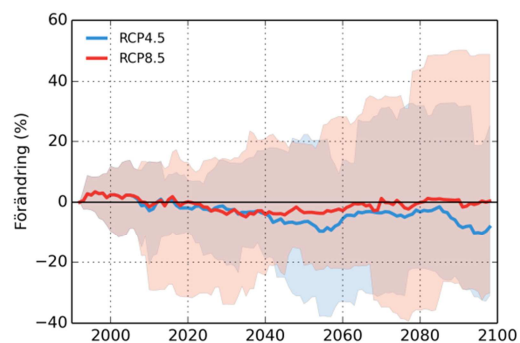
Fyrisån Sävja



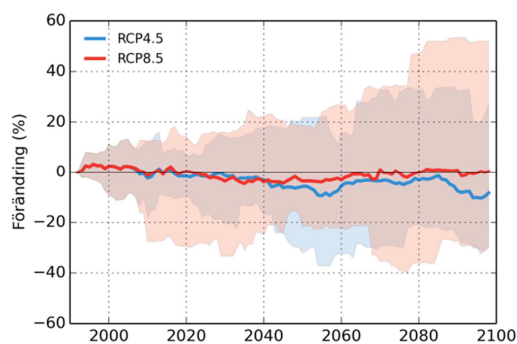
Fyrisån Ekoln



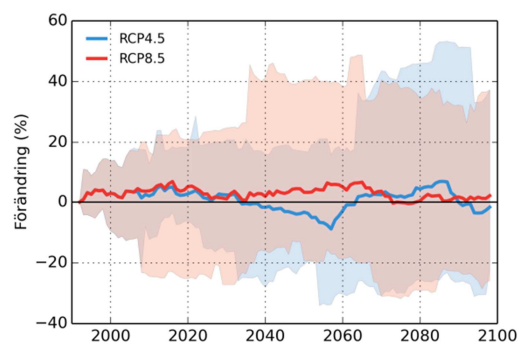
Olandsån



Olandsåns mynning

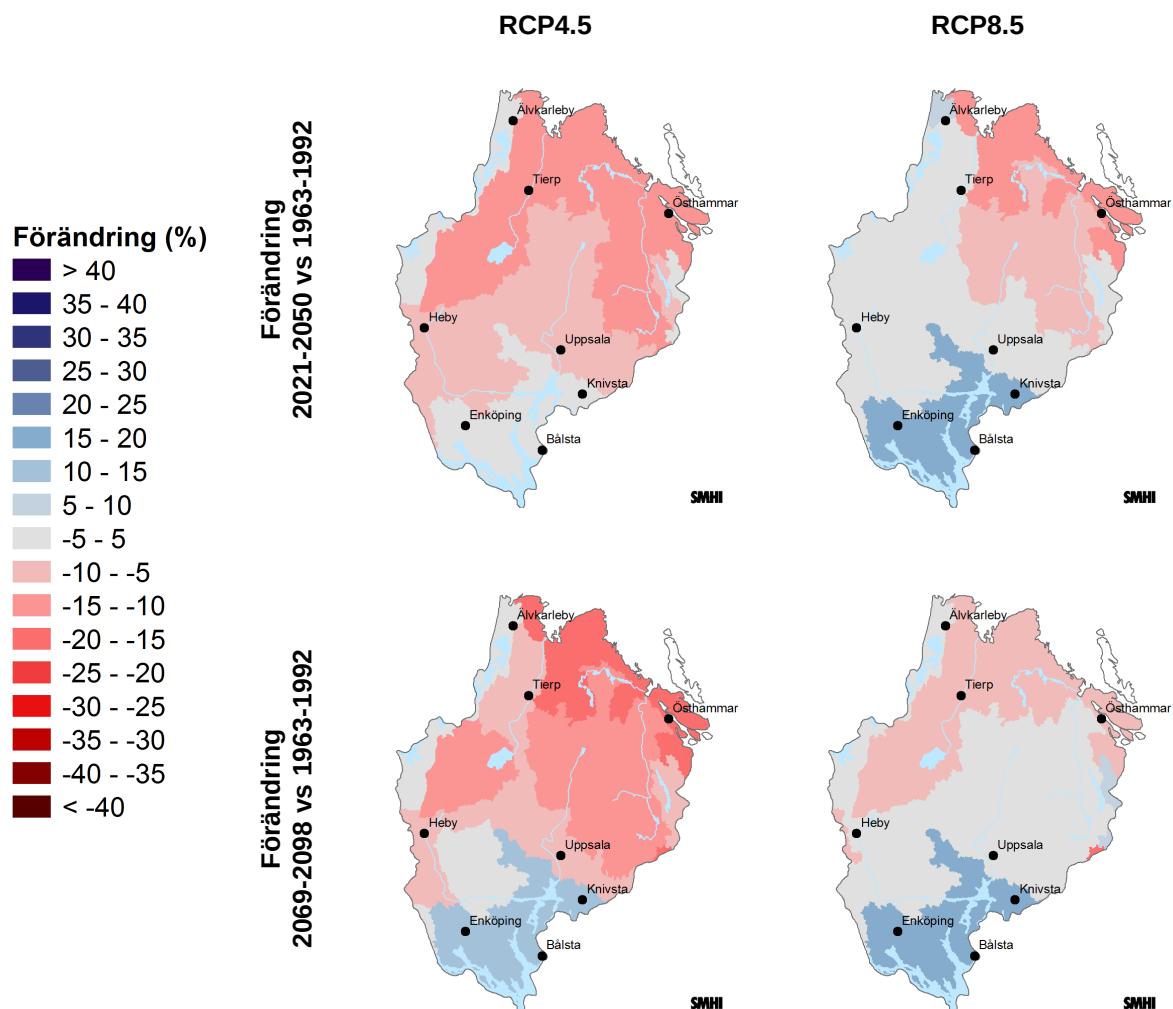


Örsundaån



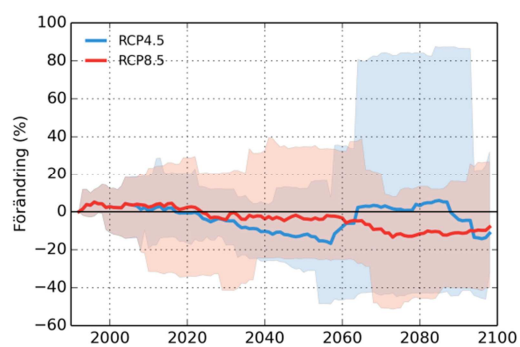
6.3 Förändrad total 100-årstillrinning

Kartorna visar den procentuella förändringen jämfört med medelvärdet för referensperioden. Indexet avser total dygnsmedeltillrinning med återkomsttid 100 år och kan vara till hjälp vid bedömningar av översvämningsrisker längs sjöar och vattendrag.

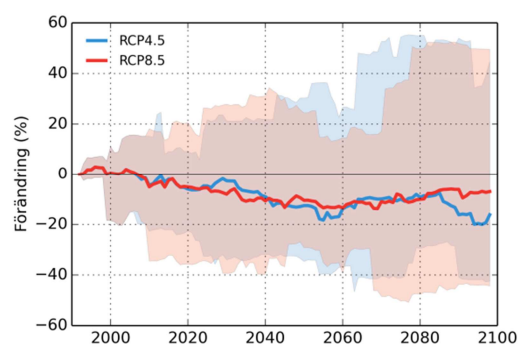


Kartorna uppvisar stora likheter med 10-årstillrinningen med oförändrade och minskade 100-års tillrinningar på olika platser i länet. Förändringarna är procentuellt större än för 10-årstillrinningen. Diagrammen visar att RCP8.5 visar på oförändrade förhållanden i slutet av seklet förutom för Tämnaån och Forsmarksån där en minskning på ca 10 % väntas. Scenariot RCP4.5 visar en större minskning än RCP8.5 i slutet av seklet, 5-20 %.

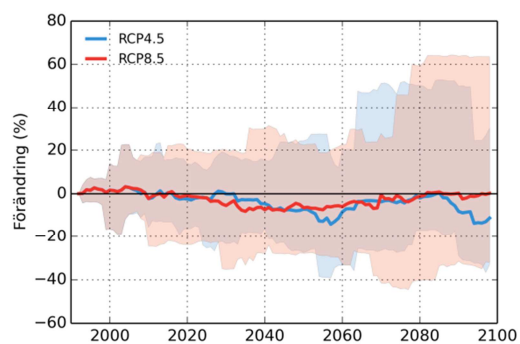
Tämnarån



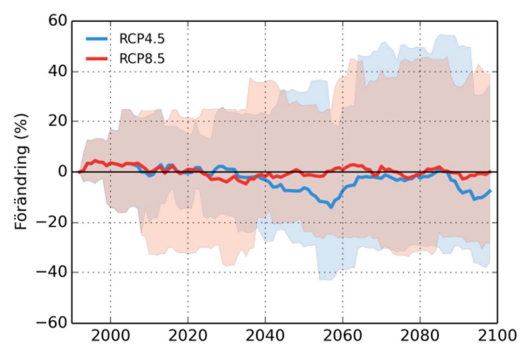
Forsmarksån



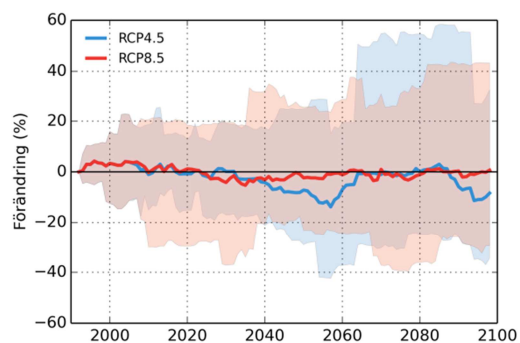
Fyrisån Vattholma



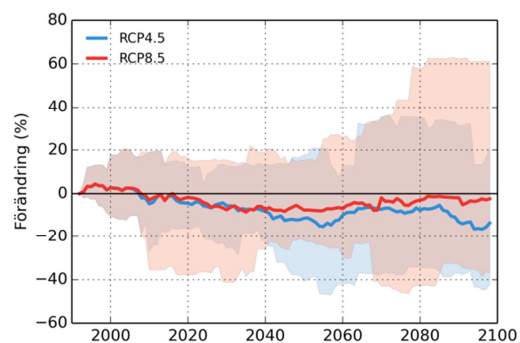
Fyrisån Sävja



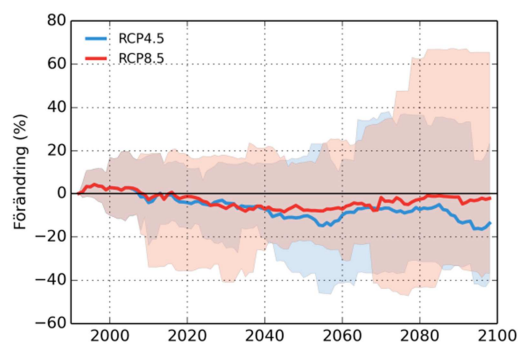
Fyrisån Ekoln



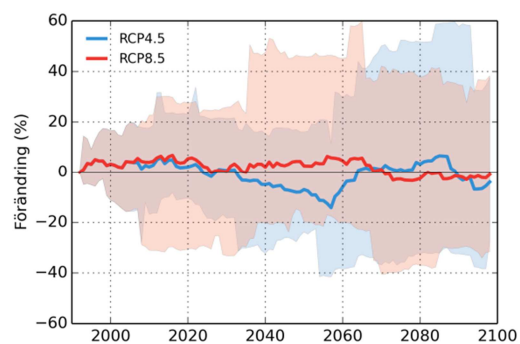
Olandsån



Olandsåns mynning



Örsundaån



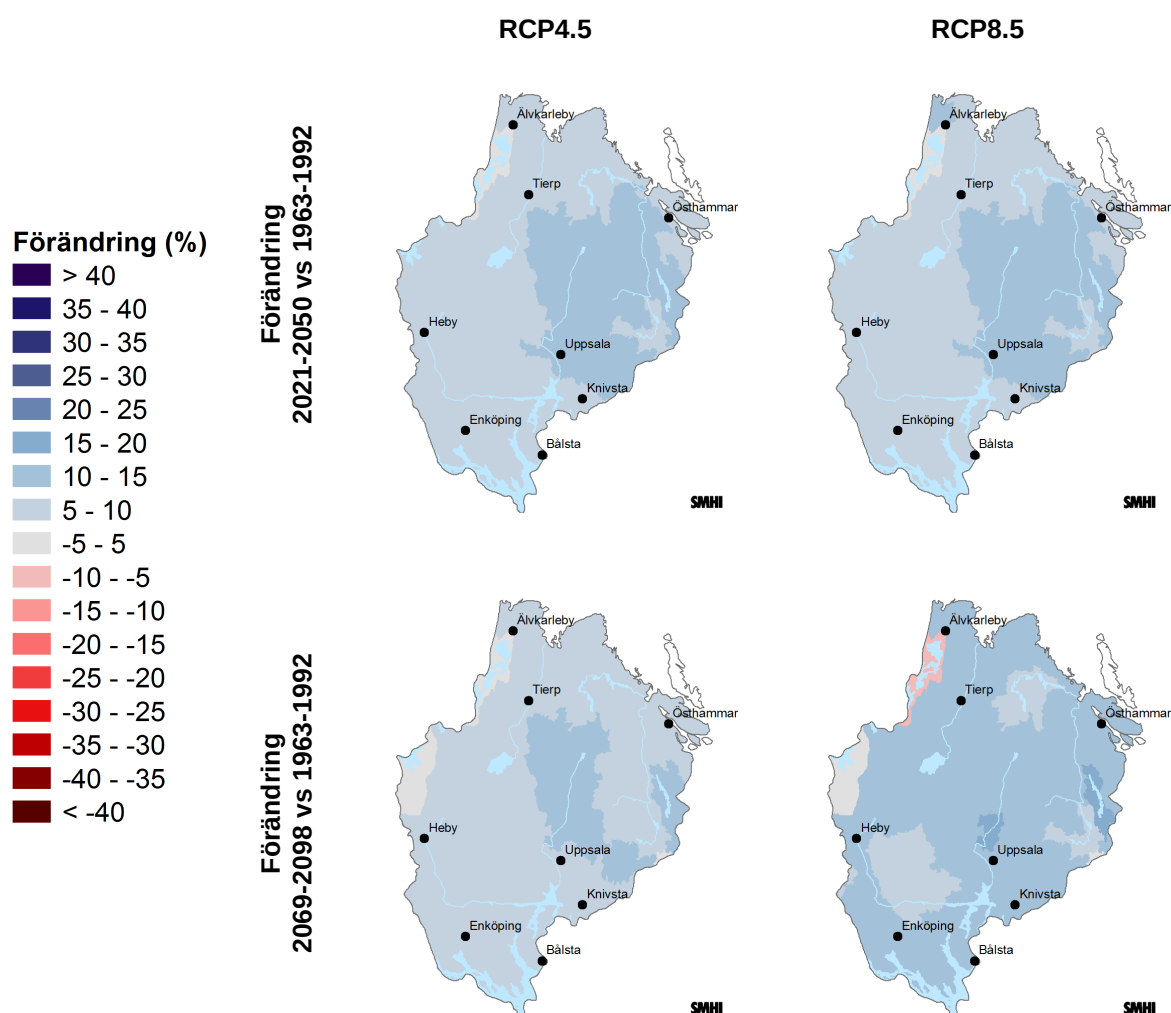
7 Lokal medeltillrinning

Avsnittet behandlar den lokala tillrinningen, dvs. flödesbidraget från enbart det aktuella avrinningsområdet (utan bidrag från avrinningsområden som ligger uppströms). Detta ger en bild av hur mindre vattendrag vars vattenföring² enbart beror på lokala förhållanden, påverkas. Indexen kan användas för att se hur klimatförändringar förväntas förändra de lokala flödesmängderna, vilka bland annat påverkar förutsättningarna för liv i vattnet. Indexen kan även användas för att bedöma förändring av potentialen för kraftproduktion i mindre vattendrag.

Kartorna visar den procentuella förändringen jämfört med medelvärdet för referensperioden. Diagram visas i detta avsnitt för endast två delavrinningsområden, vilka är markerade i Figur 5. Tämnarån representerar områden norr i länet och Fyrisån representerar områden söderut i länet.

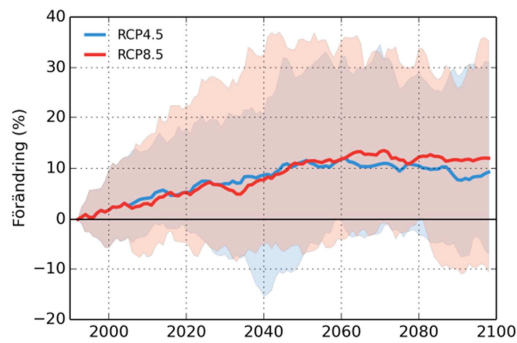
7.1 Förändrad lokal årsmedeltillrinning

Kartorna visar den procentuella förändringen jämfört med medelvärdet för referensperioden. Indexet avser 30-årsmedelvärden av tillrinning på årsbasis.

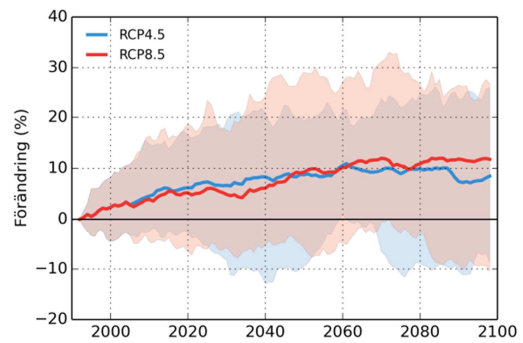


² Med vattenföring eller vattenflöde menas den mängd vatten per tidsenhet som rinner fram i ett vattendrag

Fyrisån



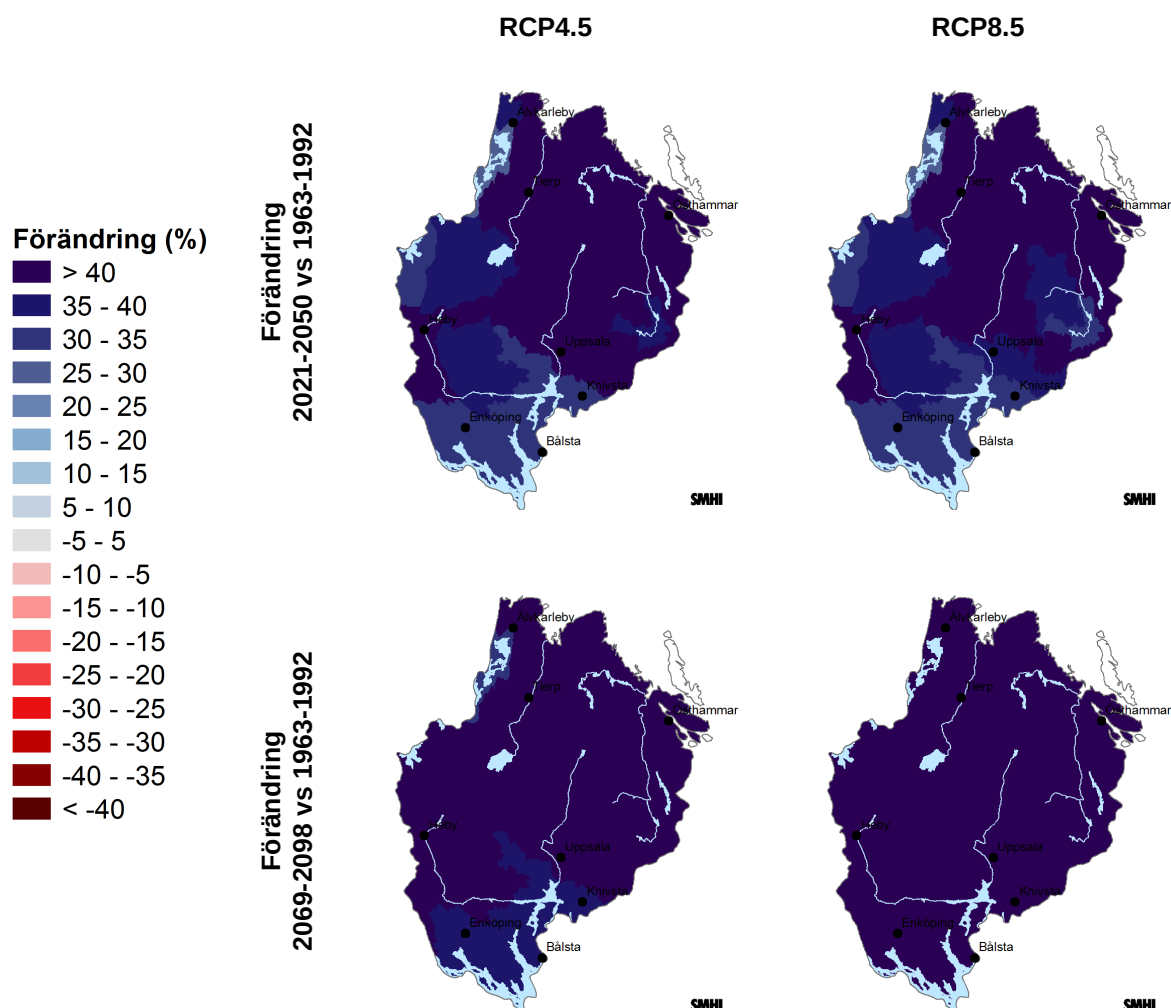
Tämnarån



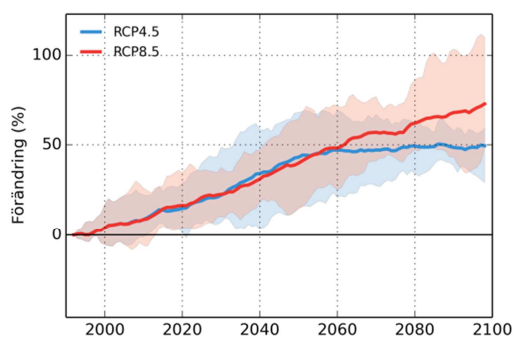
Kartorna över den lokala årsmedeltillrinningen visar på något ökande förhållanden generellt i länet. Diagrammen visar att Fyrisån och Tämnarån ökar den lokala årsmedeltillrinningen med ca 10 %.

7.2 Förändrad lokal medeltillrinning vinter

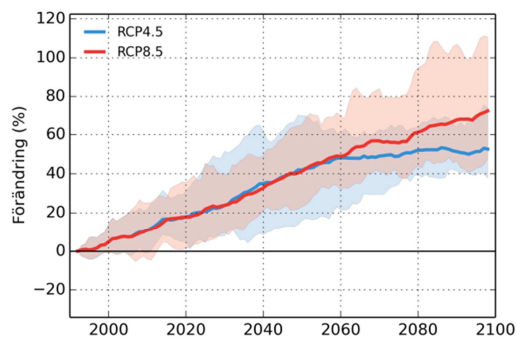
Kartorna visar den procentuella förändringen jämfört med medelvärdet för referensperioden. Indexet avser 30-årsmedelvärden av tillrinning under vintern, här definierad som perioden december-februari.



Fyrisån



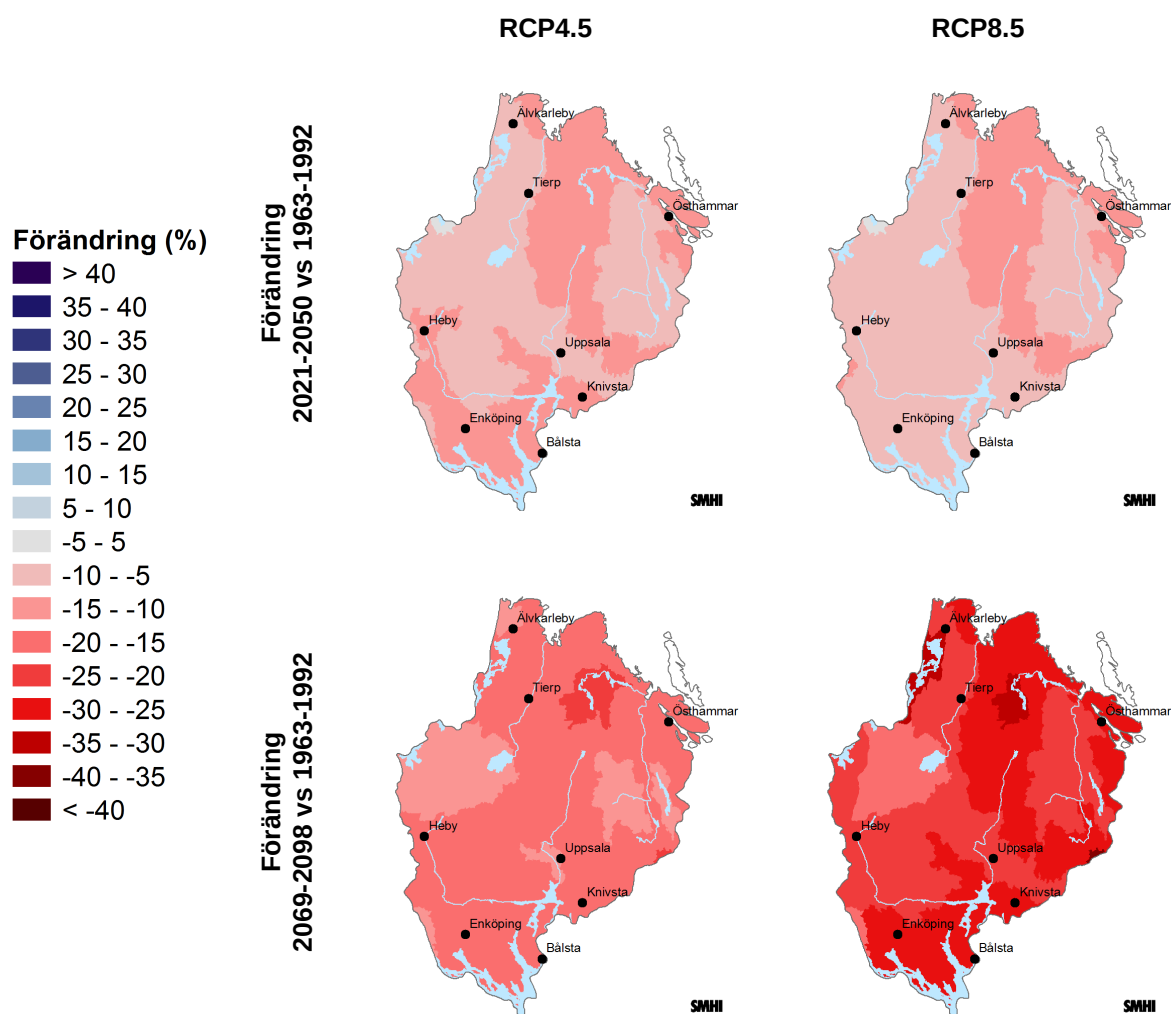
Tämnarån



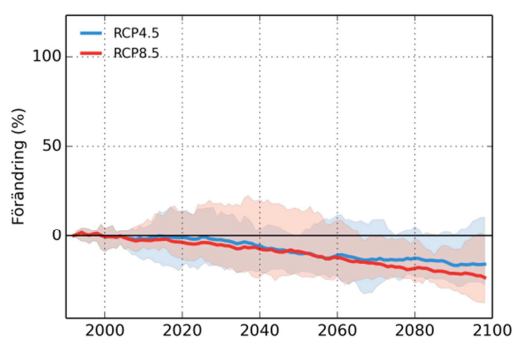
Den största förändringen av lokala tillrinningen sker liksom för den totala tillrinningen under vinterperioden eftersom nederbörden väntas öka och vintrarna förväntas bli mildare. Både för Fyrisån och Tämnarån följs scenarierna åt till mitten av seklet för att därefter skiljas åt. Enligt RCP8.5 visar en ökning med uppåt 75 % för bägge vid slutet av seklet. RCP4.5 förväntas ökningen landa på ca 50 %.

7.3 Förändrad lokal medeltillrinning vår

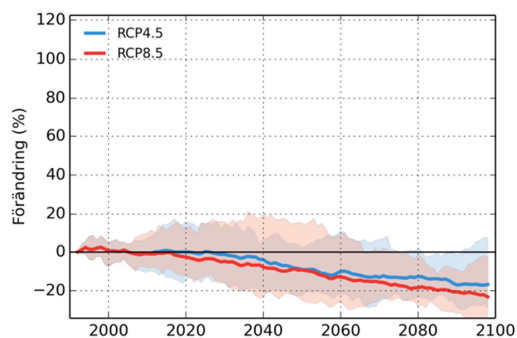
Kartorna visar den procentuella förändringen jämfört med medelvärdet för referensperioden. Indexet avser 30-årsmedelvärden av tillrinning under våren, här definierad som perioden mars-maj.



Fyrisån



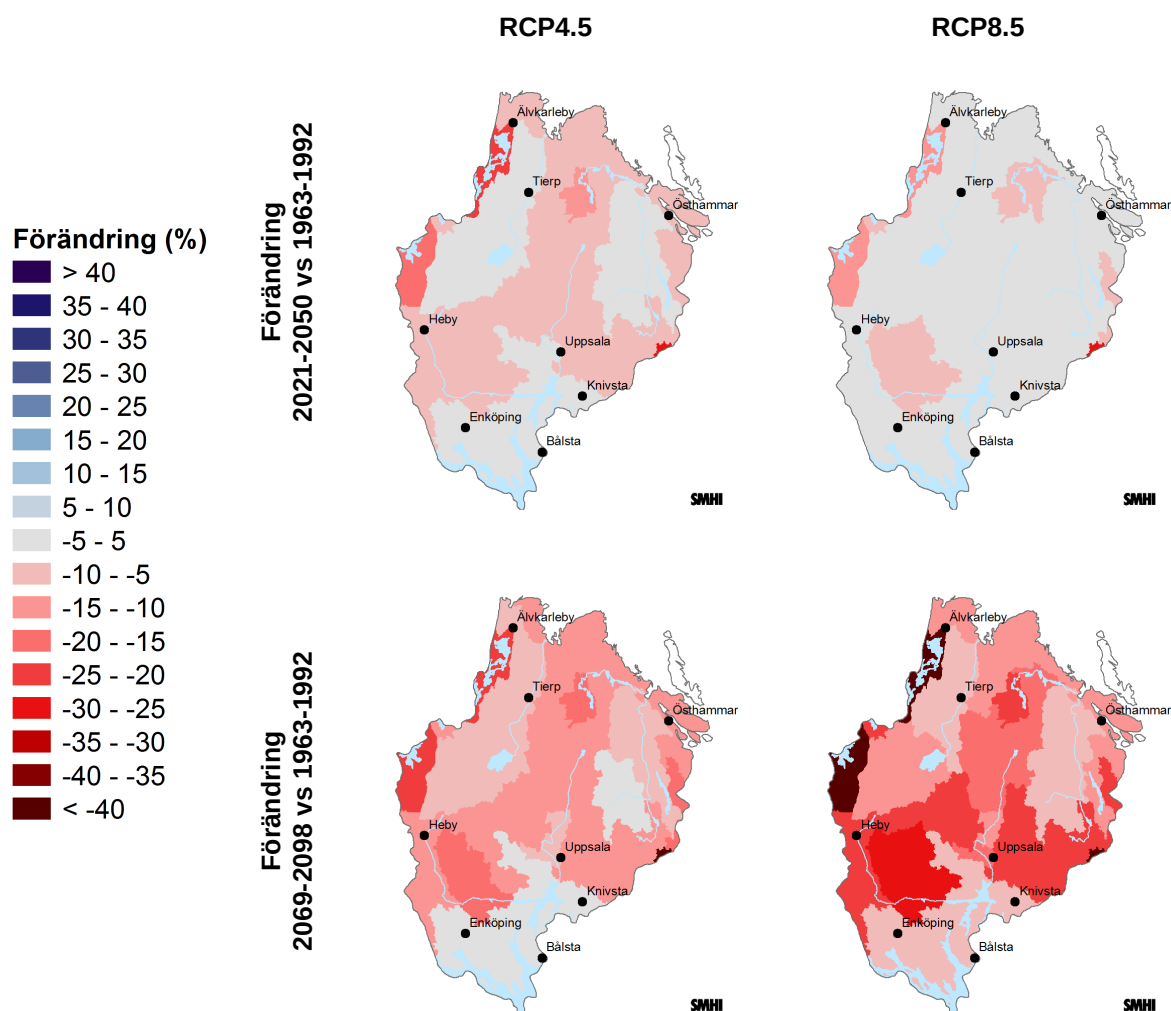
Tämnarån



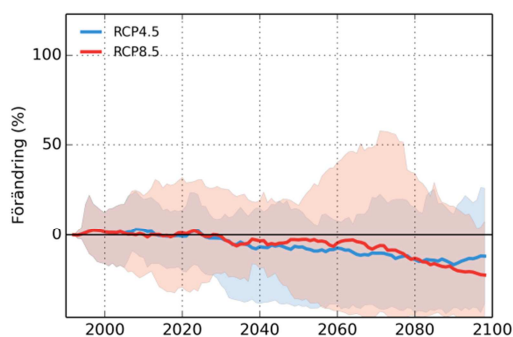
Den lokala tillrinningen under våren väntas minska i länet eftersom temperaturen och således avdunstningen väntas öka. Fyrisån och Tämnarån visar på minskad tillrinning under våren som uppgår till ca -20 % vid seklets slut.

7.4 Förändrad lokal medeltillrinning sommar

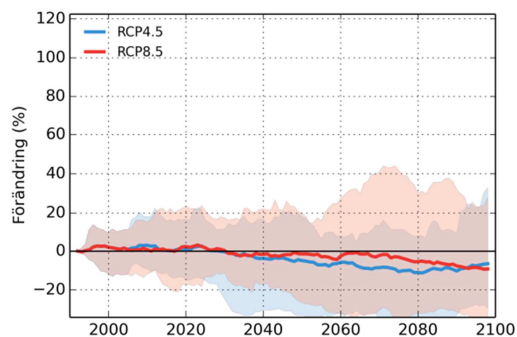
Kartorna visar den procentuella förändringen jämfört med medelvärdet för referensperioden. Indexet avser 30-årsmedelvärden av tillrinning under sommaren, här definierad som perioden juni-augusti.



Fyrisån



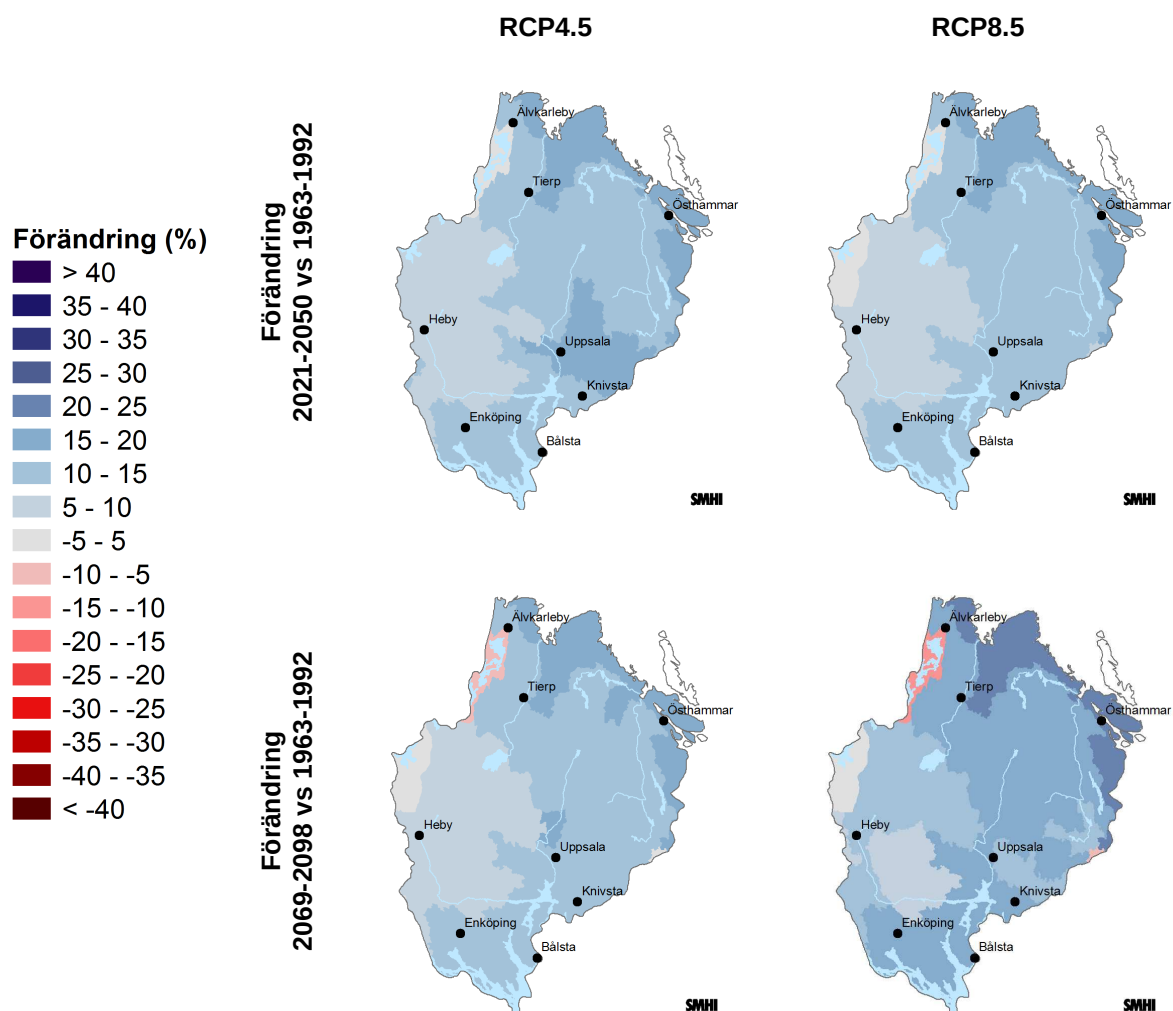
Tämnarån



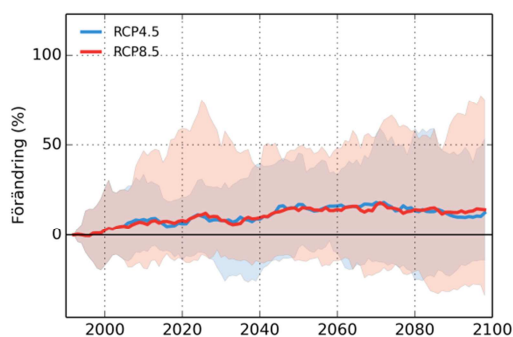
För sommarperioden visar scenarierna på oförändrade och minskade tillrinningar. RCP4.5 och RCP8.5 visar samma mönster över länet, men med lite kraftigare minskningar enligt RCP8.5 i slutet av seklet. Fyrisån väntas minska med ca 10 % för RCP4.5 och med ca 25 % för RCP8.5 i slutet av seklet. Tämnarån uppvisar minskning med närmare 10 % i slutet av seklet.

7.5 Förändrad lokal medeltillrinning höst

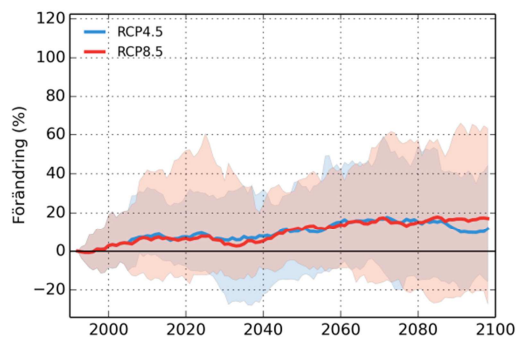
Kartorna visar den procentuella förändringen jämfört med medelvärdet för referensperioden. Indexet avser 30-årsmedelvärden av tillrinning under hösten, här definierad som perioden september-november.



Fyrisån



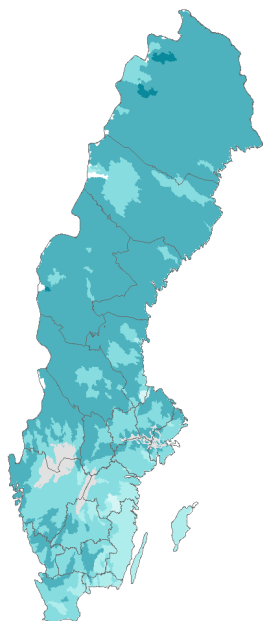
Tämnnarån



För höstperioden kan ökad tillrinning väntas för större delen av länet, dock inte lika stor som under vintern. Enligt diagrammen för Fyrisån och Tämnnarån kan 15-20 % ökning förväntas under hösten i slutet av seklet. I diagrammet för Tämnnarån visas att scenarierna skiljer sig åt i slutet av seklet.

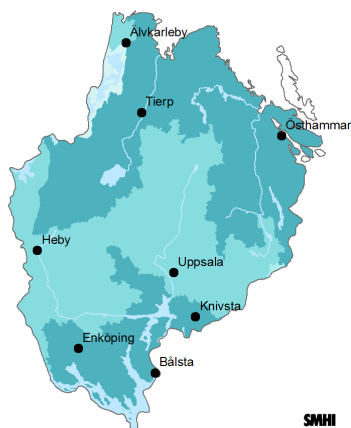
7.6 Antal dagar med lågflöde

Beräknat 1961-1990



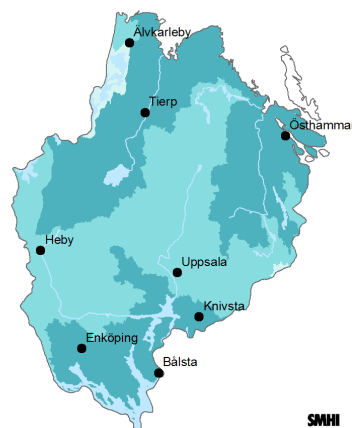
Antal dagar då tillrinningen är lägre än medellågtillrinningen för perioden 1963-1992. Medellågtillrinning beräknas som medelvärde av varje års lägsta tillrinning under en 30-årsperiod. Indexet är intressant för långtidsplanering av vattentillgångar för dricksvatten och bevattning.

Beräknat 1961-1990



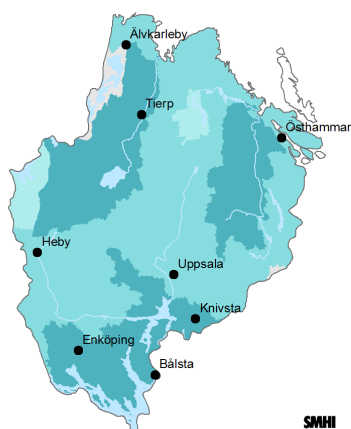
SMHI

Beräknat 1991-2013



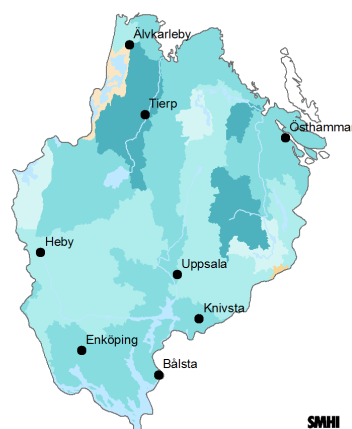
SMHI

Beräknat 2021-2050



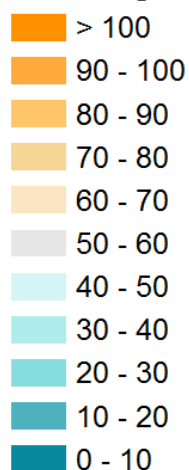
SMHI

Beräknat 2069-2098



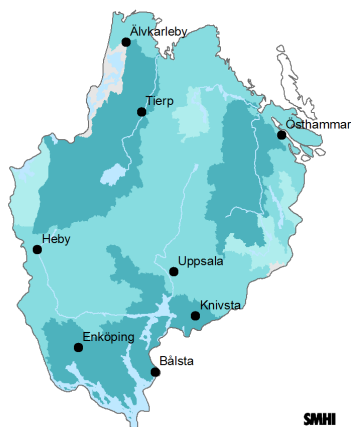
SMHI

Antal Dagar

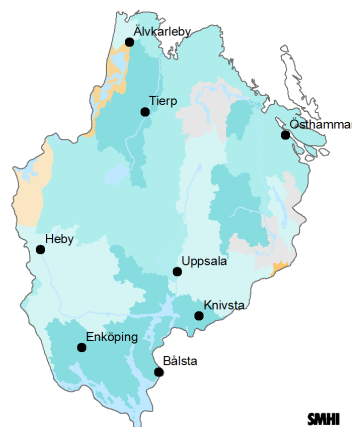


RCP4.5

RCP8.5

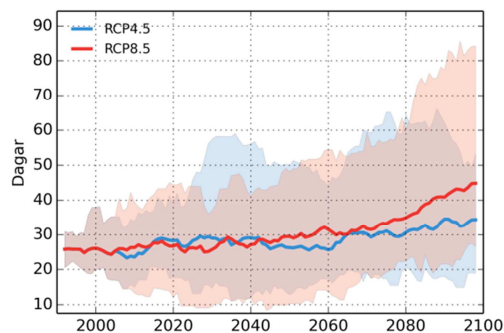


SMHI

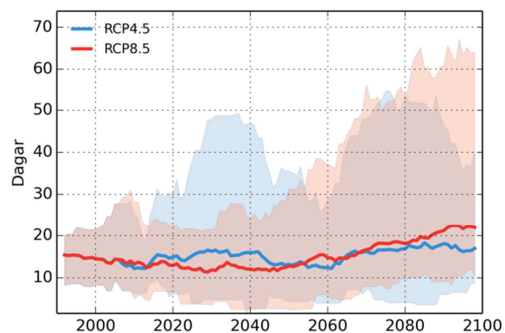


SMHI

Fyrisån



Tämnarån



Antalet dagar då tillrinningen är låg ökar i framtiden eftersom temperaturen och således avdunstningen väntas öka. För Fyrisån förväntas antalet dagar öka från 25 till 45 dagar enligt RCP8.5 respektive 35 dagar enligt RCP4.5 i slutet av seklet. Diagrammet för Tämnarån visar på oförändrade förhållanden enligt RCP 4.5. För Tämnarån ökar antalet dagar med låg tillrinning något mot slutet av seklet.

8 Tillrinningens årsdynamik

Tillrinningen varierar mellan år och under året beroende på hur nederbörd, temperatur, snötäcke, markfuktighet och avdunstning varierar och samspelar. För vattendragen ses dock vanligen en återkommande dynamik under året. Förändringar i årstidsförloppen kan ha stor betydelse för vattenförsörjning, miljö och biologisk mångfald, översvämningsrisker och vattenkraftsproduktion.

I figurerna visas medelvärden för tillrinningens årsdynamik. Svart linje representerar referensperioden 1963-1992 och de två övriga linjerna representerar framtidsperioden 2069-2098. Blå linje avser medelvärden av beräkningar enligt RCP4.5 och röd linje representerar motsvarande för RCP8.5.

Vattendragen uppvisar typiska drag i dagens klimat, med tydlig flödestopp på våren, den s.k. vårfloden och en relativt lång vegetationsperiod med låga flöden. Om man jämför med de norra länen är vintertillrinningen relativt hög.

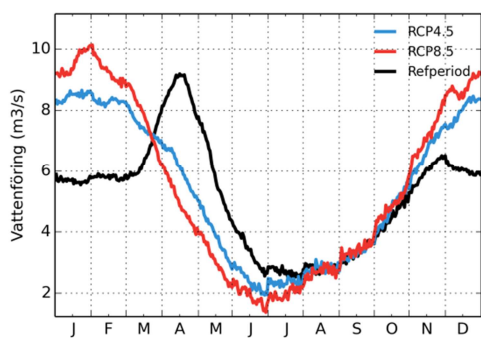
Framtidsscenarierna visar på högre vinterflöden och vårflödestopparna har förvunnit helt. Det beror på mer nederbörd under vintern och högre temperaturer gör att nederbörden inte lagras som snö utan rinner av vintertid. Därmed uteblir också vårflödestoppen.

Diagrammen visar även på en längre säsong med lägre flöden vilket kan kopplas till en längre vegetationsperiod. Växterna tar mer vatten och det når då inte vattendragen. Det beräknas också bli en tydlig förskjutning så att de låga flödena uppträder tidigare och det beräknas bli en snabbare påfyllning mot hösten än tidigare.

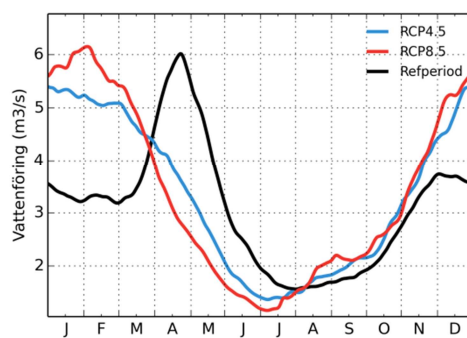
RCP8.5 ger högre vintertillrinning och lägre sommartillrinning samt längre period med låg tillrinning än vad RCP4.5 ger.

Diagrammen visar medelvärden och därmed framträder de typiska dragen tydligare men variationen mellan år är stor.

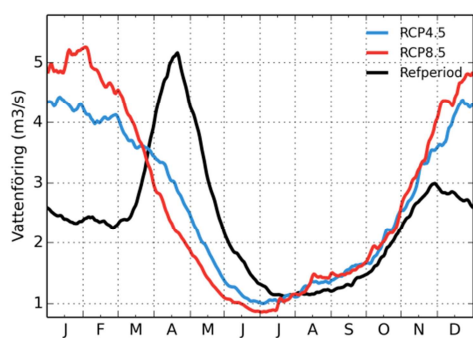
Tämnarån



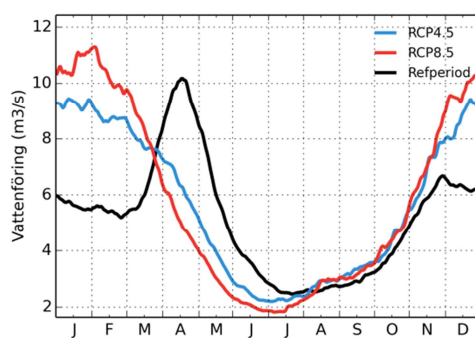
Forsmarksån



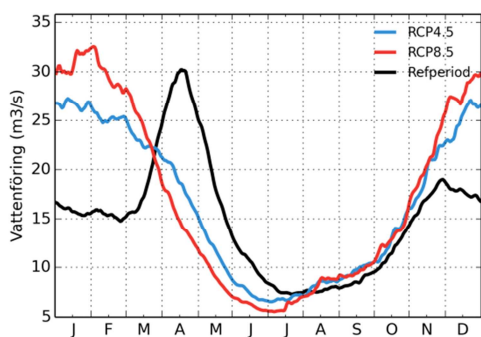
Fyrisån Vattholma



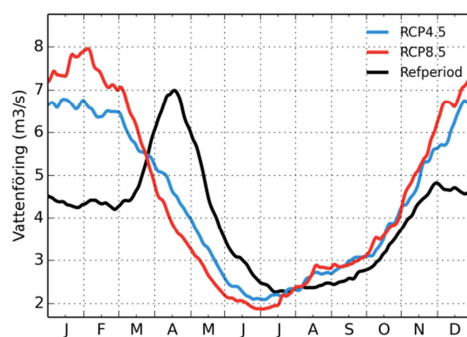
Fyrisån Sävja



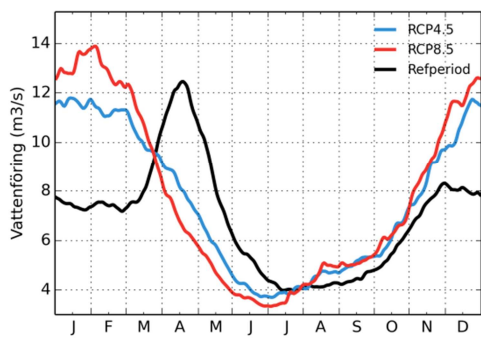
Fyrisån Ekoln



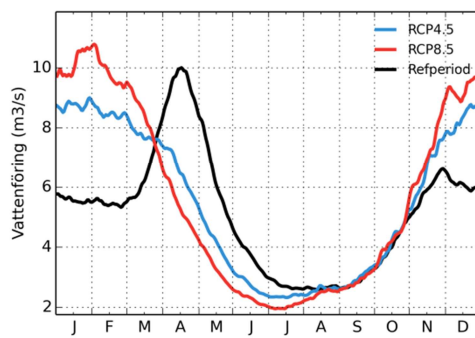
Olandsån



Olandsåns mynning

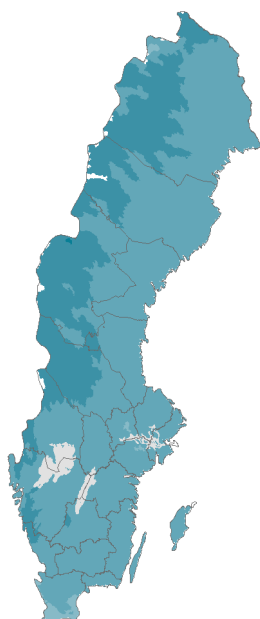


Örsundaån



9 Markfuktighet

Beräknat 1961-1990



Antal dagar per år med låg markfuktighet. Indexet baseras på referensperiodens medelvärde av varje års lägsta markfuktighet. Indexet kan ha intresse för långtidsplanering av bevattningsbehov och grödval samt skogsbrandriskbedömning och skogsvårdsinsatser.

Beräknat 1961-1990



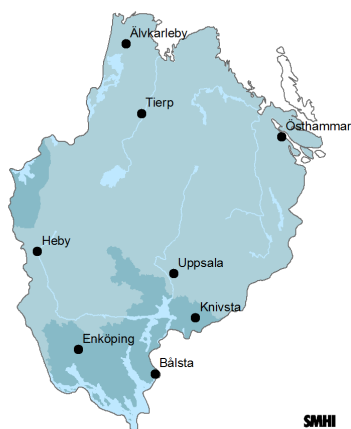
SMHI

Beräknat 1991-2013



SMHI

Beräknat 2021-2050



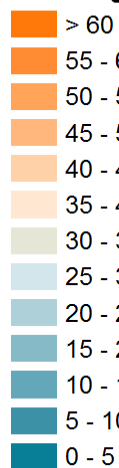
SMHI

Beräknat 2069-2098



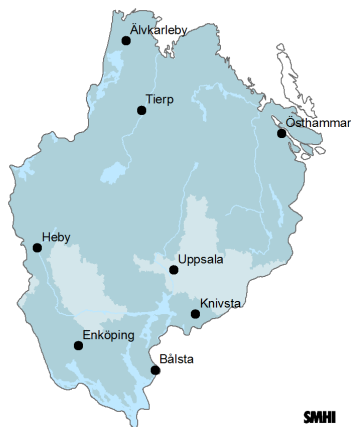
SMHI

Antal dagar



RCP4.5

RCP8.5

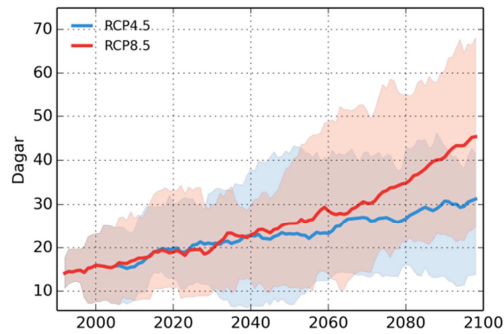


SMHI

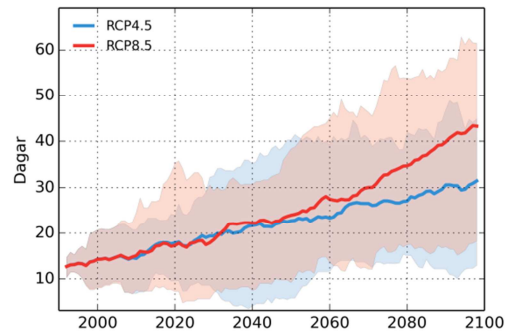


SMHI

Fyrisån



Tämnarån



Perioden 1991-2013 har haft fler dagar med låg markfuktighet jämfört med 1961-1990. Denna tendens fortsätter under seklet. De två RCP-scenarierna visar relativt stora skillnader vid seklets slut. För större delen av länet visar RCP4.5 på 25-35 dagar och RCP8.5 på 35-45 dagar i slutet av seklet.

Avrinningsområdena Fyrisån och Tämnarån visar liknande utveckling med ca 15 dagar i dagens klimat som ökar till 30-45 dagar beroende på scenario.

10 Slutsatser

Hur klimatet i Uppsala län utvecklas beror på hur användningen av fossila bränslen ser ut i framtiden, dvs. hur mycket mängden växthusgaser ökar i atmosfären. I rapporten har beräkningar med två olika utvecklingsvägar analyserats fram till seklets slut. Scenariot RCP4.5 beskriver en framtid med kraftfull klimatpolitik och stora utsläppsminskningar, men för scenariot RCP8.5 fortsätter utsläppen att öka.

Årsmedeltemperaturen i Uppsala län ligger idag på dryga 5°C. Analyserna av framtida klimat visar en gradvis uppvärmning. I mitten på seklet är båda RCP-scenarierna mycket lika och visar en uppvärmning på dryga 2 grader jämfört med perioden 1961-1990. I slutet av seklet visar RCP4.5 en uppvärmning på ca 3 grader medan RCP8.5 hamnar på ca 5 grader. Fortsatta utsläppsökningar innebär alltså för Uppsala län ett varmare temperaturklimat än vad Skåne har idag. Störst uppvärmning väntas ske under vintern, med upp mot 6 grader enligt RCP8.5.

I och med uppvärmningen ökar **vegetationsperiodens längd**, för RCP4.5 med ca 50 dagar och för RCP8.5 ca 3 månader. **Värmeböljorna** förväntas också öka då antalet varma dagar blir fler. RCP8.5 visar ett årsmedelvärde på 20 dagar i följd med dygnsmedeltemperaturer på över 20°C i slutet av seklet. Behovet av uppvärmning minskar mer än vad behovet av kylning ökar.

En varmare atmosfär innebär högre avdunstning och snabbare cirkulation vilket ger mer nederbörd. Analyserna av **årsmedelnederbörd** bekräftar större regnmängder i det framtida klimatet. Årsmedelnederbörden väntas öka med 20 % för RCP4.5 och 30 % för RCP8.5. Nederbörden ökar mest under vinter och vår, upp till 40 %. Den kraftiga nederbörden ökar också, **maximal dygnsnederbörd** kan öka med 25 % och **1-timmesnederbörden** upp till 30 %.

För länet ses en ökning av total **årstillrinningen** med ca 10 % vid slutet av seklet för de flesta analyserade vattendrag. Under vår och sommarperioderna väntas en minskning av tillrinningen för vattendragen. Under höstperioden väntas tillrinningen att öka med ca 20 %. Tillrinning med **återkomsttid** på 10 år väntas vara oförändrade eller minskande beroende på var man är i länet.

Vattendragen uppvisar typiska **årstidsförlopp**, med tydlig flödestopp på våren, den s.k. vårfloden och en relativt lång vegetationsperiod med låga flöden. Framtidsscenarierna visar på högre vinterflöden och vårflödestopparna har förvunnit. Det beräknas också bli en tydlig förskjutning så att de låga flödena uppträder tidigare och det beräknas bli en snabbare påfyllning mot hösten än tidigare. Antalet dagar då tillrinningen är låg ökar. Störst är ökningen för Fyrisån som ökar från ca 25 dagar till 35-45 dagar beroende på scenario.

Antalet dagar med låg **markfuktighet** ökar i framtiden. Från dagens 15 dagar till 30 dagar (RCP4.5) eller 45 dagar (RCP8.5) mot slutet av seklet.

Beskrivningen baseras på medelförhållanden men det är viktigt att komma ihåg att variationen mellan år kan vara stor, även i framtiden.

11 Tackord

Förutom rapportförfattarna har även Kristoffer Hallberg, Joel Dahné och Johan Andréasson bidragit till rapporten. Tack också till alla som deltog i arbetet med nedskalning av RCP-scenarierna.

12 Referenser

- Eklund A., Axén-Mårtensson J., Bergström S., Björck E., Dahné J., Lindström L., Nordborg D., Olsson J., Simonsson L. och Sjökvist E. 2015. Sveriges framtida klimat. Underlag till Dricksvattenutredningen. SMHI Klimatologi Nr 14.
<http://www.smhi.se/publikationer/publikationer/sveriges-framtida-klimat-underlag-till-dricksvattenutredningen-1.89524>
- ICONICS, 2013. Nakićenović N., Lempert R., and Janetos A (eds.). A Special Issue of Climatic Change journal on the Framework for the Development of New Socioeconomic Scenarios for Climate Change Research. <https://www2.cgd.ucar.edu/research/iconics/publications/ssps>
- IPCC 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Nougier, M., van der Linden, P.J. Dai, X., Maskell, K. and Johnson, C.A. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881 pp. http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/
- IPCC 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html
- IPCC 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley(eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- Nakićenović N., and R. Swart (eds.) 2000. Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 599 pp.
<https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-en.pdf>
- Persson G., Strandberg G. och Berg P. 2015. Vägledning för användande av klimatscenarier. SMHI Klimatologi Nr 11. <http://www.smhi.se/klimatdata/framtidens-klimat/vagledning-klimatscenarier>
- Persson G., Sjökvist E., Nylén L., Andersson M., Persson H., Sjögren J. och Hallberg K. 2013. Klimatanalys för Uppsala län. SMHI rapport nr 2013-9.
- Sjökvist E., Axén Mårtensson J., Dahné J., Köplin N., Björck E., Nylén L., Berglöv G., Tengdelius Brunell J., Nordborg D., Hallberg K., Södling J. och Berggreen-Clausen S. 2015. Klimatscenarier för Sverige – Bearbetning av RCP-scenarier för meteorologiska och hydrologiska effektstudier. SMHI Klimatologi Nr 15.
<http://www.smhi.se/publikationer/publikationer/klimatscenarier-for-sverige-bearbetning-av-rcp-scenarier-for-meteorologiska-och-hydrologiska-effektstudier-1.87248>

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:

- | | | | |
|---|---|-----|--|
| 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 | 6 | Jonas Olsson och Kean Foster (2013)
Extrem korttidsnederbörd i klimatprojektioner för Sverige |
| 2 | Gunn Persson, Markku Rummukainen (2010)
Klimatförändringarnas effekter på svenskt miljömålsarbete | 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) |
| 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 | 8 | Att begränsa klimatförändringar (2014) (Ej publicerad) |
| 4 | Markku Rummukainen, Daniel J. A. Johansson, Christian Azar, Joakim Langner, Ralf Döscher, Henrik Smith (2011)
Uppdatering av den vetenskapliga grunden för klimatarbetet. En översyn av natur-vetenskapliga aspekter | 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 |
| 5 | Sten Bergström (2012)
Framtidens havsnivåer i ett hundraårsperspektiv – kunskapssammanställning 2012 | 10. | Risker och konsekvenser för samhället av förändrat klimat – en kunskapsöversikt (2014) |
| | | 11. | Gunn Persson (2015)
Vägledning för användande av klimatscenarier |
| | | 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 |

13. Gunn Persson (2015)
Sveriges klimat 1860-2014. Underlag till Dricksvattenutredningen.
14. Anna Eklund (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.



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

ISSN 1654-2258