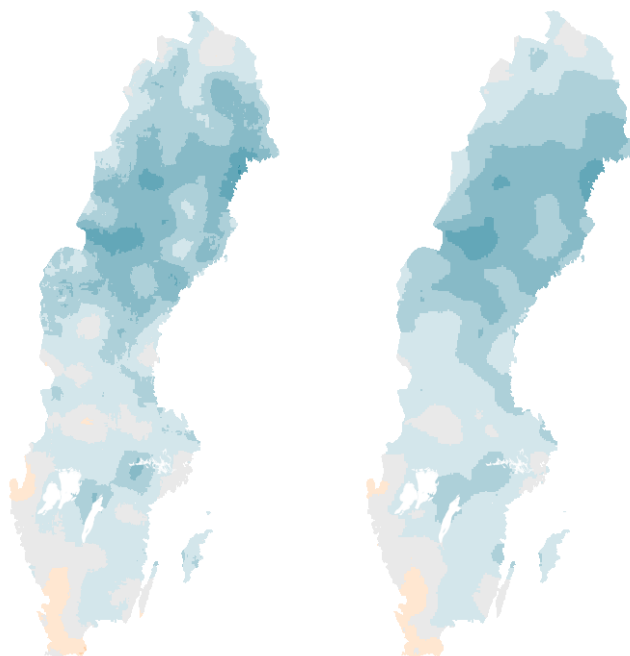


Jämförelse länsanalyser och scenariotjänst



Pärmbild.

Förändring i årsmedelnederbörd mellan 1971–2000 och 1961–1990,
PTHBV och Gridclim.

ISSN: 1654-2258 © SMHI

KLIMATOLOGI Nr 70, 2022

Jämförelse länsanalyser och scenariotjänst

Elin Sjökvist, Emil Björck, Daniel Carlsson, Anna Eklund, Karin Jacobsson, Anna Johnell, Johan Södling och Julia Zabori, SMHI

Granskad och Godkänd av: Gustav Strandberg, René Capell, Tomas Landelius

Funktion: Samhälle och säkerhet

Denna sida är avsiktligt blank

Sammanfattning

Länsanalyserna publicerades av SMHI år 2015 ('länsanalyserna', Sjökvist m.fl. 2015) som följd av regeringsuppdraget att ta fram länsvisa klimatunderlag baserat på resultat från IPCC:s femte vetenskapliga sammanställning (IPCC, 2013). År 2021 publicerade SMHI en ny klimatscenariotjänst ('scenariotjänsten', SMHI, 2022), innehållande uppdaterade underlag från klimatforskningen. Då både metodik, beräkningsmetoder, och detaljnivå har utvecklats och uppdaterats är skillnader mellan resultaten i länsanalyserna och scenariotjänsten förväntade. Det finns ett behov från användare av SMHI:s klimatunderlag att få ett tydliggörande av skillnaderna och en förklaring till vad dessa skillnader beror på.

I rapporten görs tre olika typer av analyser:

- Historisk data: referensperiod. Här jämförs länsanalysernas referensperiod 1961–1990 med scenariotjänstens referensperiod 1971–2000 (temperatur och nederbörd).
- Historisk data: referensdataset. Här jämförs länsanalysernas referensdataset PTHBV med scenariotjänstens referensdataset SMHI GridClim (temperatur och nederbörd).
- Klimatsignal meteorologi och hydrologi. Här jämförs framtidens klimat med referensperioden och olika beräkningar av framtidens klimat med varandra. Befintliga referensperioder i länsanalyserna och scenariotjänsten används. Ett urval av meteorologiska och hydrologiska index jämförs.

Scenariotjänstens referensperiod (1971–2000) ligger tio år senare i tiden än länsanalysernas referensperiod (1961–1990). Generellt är förändringen i årsmedeltemperatur mellan de två perioderna 0,25–0,5 grader, med lokala avvikelser. Vintrarna på 90-talet var betydligt varmare än genomsnittet för 1961–1990, temperaturskillnaden mellan perioderna vintertid är 0,75–1,25 grader.

Den senare referensperioden var också blötare, med upp till 12 % mer årsnederbörd. Även sommarnederbörden hade större mängder under den senare perioden, förutom i västra Götaland som visar något mindre.

Jämförelsen mellan referensdataseten GridClim och PTHBV visar på en systematisk skillnad som delvis kan kopplas till topografi. Dataseten bearbetar observationer på olika sätt, exempelvis gällande höjdkorrigerings, vilket troligtvis är en av förklaringarna till skillnaderna i resultat. Generellt ligger skillnaderna mellan -0,5 och +0,5 grader i årsmedeltemperatur, men i framförallt Norrland finns större skillnader. Vintersäsongen visar ännu större skillnader, där GridClim är systematiskt varmare än PTHBV. Skillnaden ökar med höjden, ungefär 0,13 grader per 100 meter. Nederbörden är generellt lite lägre i GridClim än i PTHBV, både på helår och sommar. Här finns också systematiska skillnader som troligen kan kopplas till datasetens framtagande och upplösning.

Klimatscenerierna från de två dataunderlagen jämfördes för temperatur och nederbörd i slutet av seklet. Generellt är skillnaderna små, -0,5 – +0,5 grader, men i vissa områden ger scenariotjänsten större uppvärmning än länsanalyserna, 0,5–1,0 grader. Scenariotjänsten är betydligt varmare på vintern jämfört med länsanalyserna, i Götaland ca 1 grad, och längre norrut 1 – ca 4 grader. Systematiska skillnader tyder på att de olika referensdataseten (GridClim och PTHBV) har betydelse för skillnaderna i temperatur i slutet av seklet. Generellt visar scenariotjänsten mindre nederbörd än länsanalyserna, men det finns även områden med mer nederbörd. Sommartid är skillnaden inte lika tydlig, då det finns områden med både mer och mindre nederbörd. Analyserna tyder på att referensdata påverkar den geografiska fördelningen av nederbörden i stor grad.

En avgörande skillnad mellan de hydrologiska resultaten i länsanalyserna och scenariotjänsten är att många index i scenariotjänsten bygger på reglerad vattenföring, medan länsanalyserna utgår från oreglerad tillrinning. För att resultaten från de båda beräkningarna ska bli jämförbara har lokal tillrinning beräknats utifrån underlaget till scenariotjänsten och jämförts med länsanalyserna.

Scenariotjänsten har en mindre ökning av medeltillrinningen och ett större område med minskad medeltillrinning än länsanalyserna. Förändringarna i tillrinning med återkomsttid på 10 och 100 år är större i underlaget till scenariotjänsten, både vad gäller områden med ökning och minskningar. Båda dessa förändringar bedöms bero på att olika klimatsamband har använts. Förändringen i det reglerade 10-årsflödet som visas i scenariotjänsten ser något annorlunda ut jämfört med underlaget till scenariotjänsten då de kraftigt reglerade vattendrag generellt får en större ökning av 10-årsflödet.

Förändringen i sommartillrinning och antal dagar med låg tillrinning skiljer sig mellan scenariotjänsten och länsanalyserna. Denna skillnad bedöms främst bero på att olika hydrologiska modeller har använts, HBV-Sverige i länsanalyserna och S-HYPE i scenariotjänsten. Mer analys av detta behöver göras.

Sammanfattningsvis finns det skillnader mellan det framtida klimatet i länsanalyserna och i scenariotjänsten. För vissa index är den framtida utvecklingen samstämmig mellan de båda dataseten. För andra index är skillnaderna stora, som till exempel vintertemperatur, säsongstillrinning och lågflöden.

Summary

The county analyzes (Sjökvist et al. 2015) were published by SMHI in 2015 with the aim to produce county-wise climate data based on results from the IPCC's fifth assessment report (AR5, 2013). In 2021, SMHI published a new climate scenario web service (www.smhi.se/klimat), containing updated data from climate research. As both the methodology, calculation methods and level of detail have been developed and updated, differences between the results in the county analyzes and the scenario service are expected. This report aims to clarify the differences between the two datasets and explain what these differences are due to, in support of old and new users of SMHI's climate data.

Innehåll

1. Bakgrund	1
2. Metodik	1
2.1 Referensperiod och referensdata	1
2.2 Framtida klimatpåverkan	1
2.3 Klimatmodeller	2
2.4 Efterbearbetning och bias-justering	5
2.5 Hydrologisk modellering	5
2.6 Skillnader i presentation	7
2.7 Jämförelser av data	8
3. Resultat.....	8
3.1 Historiska data: referensperiod	8
3.1.1 Årsmedeltemperatur.....	9
3.1.2 Vintermedeltemperatur.....	9
3.1.3 Årsmedelnederbörd.....	10
3.1.4 Sommarmedelnederbörd.....	11
3.2 Historisk data: referensdataset.....	11
3.2.1 Höjdberoenden.....	11
3.2.2 Årsmedeltemperatur.....	12
3.2.3 Vintermedeltemperatur.....	12
3.2.4 Årsmedelnederbörd.....	13
3.2.5 Sommarmedelnederbörd.....	14
3.3 Klimatsignal meteorologi.....	14
3.3.1 Årsmedeltemperatur.....	14
3.3.2 Vintermedeltemperatur.....	15
3.3.3 Årsmedelnederbörd.....	16
3.3.4 Sommarmedelnederbörd.....	16
3.4 Klimatsignal hydrologi.....	17
3.4.1 Lokal medeltillrinning, årsmedel	18
3.4.2 Lokal säsongstillrinning	21
3.4.3 Lokal tillrinning med återkomsttid 10 år	21
3.4.4 Lokal tillrinning med återkomsttid 100 år	24
3.4.5 Antal dagar med låg tillrinning	25
3.4.6 Markfuktighet.....	27
4. Slutsats	28
5. Referenser	30
Bilaga 1 – Ensemble- och robusthetskartor för nederbörd.....	31
Bilaga 2 - Säsongstillrinning	34

Denna sida är avsiktligt blank

1. Bakgrund

Länsanalyserna publicerades av SMHI år 2015 ('länsanalyserna', Sjökvist m.fl. 2015) som följd av regeringsuppdraget att ta fram länsvisa klimatunderlag baserat på resultat från IPCC:s femte vetenskapliga sammanställning (IPCC, 2013). Sedan dess har länsanalyserna använts som ett underlag för klimatanpassningsarbetet i Sverige. År 2021 publicerade SMHI en ny klimatscenariotjänst ('scenariotjänsten', SMHI, 2022), innehållande uppdaterade underlag från klimatforskningen. Då både metodik, beräkningsmetoder, och detaljnivå har utvecklats och uppdaterats är skillnader mellan resultaten i länsanalyserna och scenariotjänsten förväntade. Det finns ett behov från användare av SMHI:s klimatunderlag att få ett tydliggörande av skillnaderna, en förklaring till vad dessa skillnader beror på.

Syftet med rapporten är att vara ett kommunikationsunderlag som beskriver skillnader i underlaget mellan länsanalyserna och nya data i scenariotjänsten samt beskriver vad dessa skillnader kan bero på. Underlaget är i första hand riktat mot användare av SMHI:s klimatunderlag.

2. Metodik

Det finns en rad olika skillnader mellan dataunderlagen i länsanalyserna och scenariotjänsten. Historiska data, klimatmodeller, klimatindex, tidsperioder, databearbetning och hydrologisk modellering med mera skiljer sig åt och bidrar på olika sätt till svårigheter i att jämföra resultaten. I detta kapitel beskrivs de olika tekniska skillnaderna mellan dataunderlagen.

2.1 Referensperiod och referensdata

För att påvisa en klimatförändring krävs att vi vet hur det historiska klimatet har sett ut. Att utse en referensperiod innebär att en historisk period används som referens för klimatförändringen. Denna period har med fördel ett brett underlag av observationsdata. WMO har utsett perioden 1961–1990 som "referensnormalperiod", vilket betyder att den rekommenderas som referens vid klimatstudier. I länsanalyserna användes perioden 1961–1990 (1963–1992 för hydrologi av tekniska skäl). I scenariotjänsten används perioden 1971–2000. Många klimatscenarioer börjar 1970, därför var det inte möjligt att ha en stor modellensemble och samtidigt 1961–1990 som referensperiod.

Markobservationer av historiskt klimat ger detaljerad information på en specifik plats. Fördelen med sådana referensmätningar är att förhållandena kring mätningen ofta kan antas varit samma under en lång period och olika tidsperioder i det historiska klimatet kan därför jämföras med varandra för att studera en klimatförändring. Nackdelen är att informationen bara ges i en geografisk punkt. Både väderprognoser och klimatmodeller använder ett beräkningsnät vilket beräknar värden i ett beräkningsnät, s k gridrutor, i stället för punkter. Av den anledningen behöver även motsvarande referensdata vara beskrivet som gridrutor, det görs genom att interpolera samtliga observationer för varje tidpunkt. Såväl GridClim som PTHBV har använt en metodik som kallas "optimal interpolation" (Gandin, 1965) för att kombinera punktvisa observationer med en yttäckande "första gissning". I fallet med GridClim utgörs den senare av data från återanalysen UERRA (UERRA, 2020) medan PTHBV använder månadsvisa klimatologiska värden.

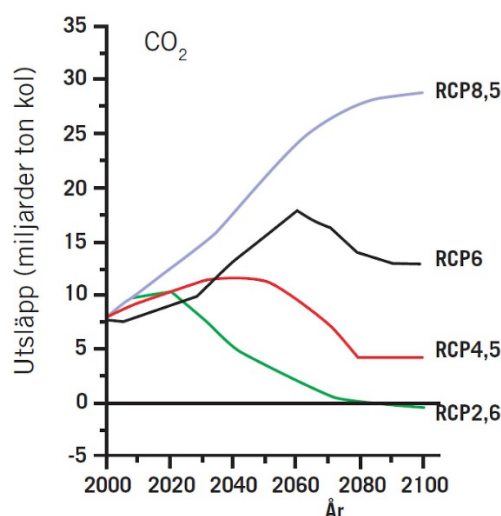
SMHI har genom åren tagit fram olika typer av referensdata. I länsanalyserna användes databasen PTHBV (Johansson, 2000, Johansson & Chen, 2003, Johansson, & Chen, 2005), medan scenariotjänsten använder databasen GridClim (Andersson m.fl, 2021) för meteorologiska beräkningar och PTHBV för hydrologiska beräkningar. GridClim innehåller högsta och lägsta dygnstemperatur, vilket var nödvändigt för att beräkna scenariotjänstens meteorologiska index. I de hydrologiska beräkningarna användes modellen S-HYPE som var kalibrerad mot PTHBV.

GridClim och PTHBV är framtagna med olika metoder, exempelvis avseende interpolation, bakgrundsfallt samt höjdkorrigerig. De använder i stort sett samma uppsättning markobservationer men tidsupplösningen för temperaturvärden skiljer sig då GridClim använder timvärden och PTHBV dygnsmedelvärden. I föreliggande jämförelser har GridClims temperaturvärden bearbetats till dygnsmedelvärden. PTHBV har upplösningen 4 km medan GridClim har upplösningen 2,5 km.

2.2 Framtida klimatpåverkan

Klimatets utveckling i framtiden beror på hur atmosfärens innehåll av växthusgaser förändras. För att kunna studera framtidens klimat behövs därför antaganden om hur utsläppen av växthusgaser kommer att bli. RCP-scenarierna (Representative Concentration Pathways) (van Vuuren et. al, 2011) beskriver ett antal olika

utsläppsbanor fram till år 2100 (Figur 1). Vilket utsläppsscenario som kommer närmast verkligheten beror på dagens och framtidens utsläpp av växthusgaser.



Figur 1. Utsläpp av koldioxid vid olika RCP-scenarier angivet som miljarder ton kol.

RCP8.5 beskriver en framtid med fortsatt kraftig ökning av växthusgasutsläpp. RCP6.0 och RCP4.5 innebär att utsläppen ökar ungefär fram till dryga mitten, respektive knappa mitten, av seklet och minskar därefter. RCP2.6 innebär att vi från år 2020 minskar utsläppen, vilket innebär att detta scenario ligger närmast målen för Parisavtalet. I länsanalyserna användes resultat från två RCP-scenarier; RCP4.5 och RCP8.5, medan i scenariotjänsten presenteras resultat från tre scenarier; RCP2.6, RCP4.5 och RCP8.5.

2.3 Klimatmodeller

En klimatmodell är en matematisk beskrivning av jordens klimatsystem där atmosfär, landyta, hav och sjöar ingår. Modellen gör beräkningar på en mängd olika klimatparametrar så som temperatur, nederbörd, luftfuktighet, vind, lufttryck, osv. I en global klimatmodell kan hela jordens klimat simuleras, från förindustriell tid till slutet av seklet eller ännu längre. I en regional klimatmodell används resultatet från den globala modellen för att göra mer detaljerade beräkningar för ett avgränsat område. Information om både historiska och framtida utsläpp av växthusgaser används i klimatmodellen, där framtida utsläpp beskrivs av RCP-scenarierna. Resultaten av beräkningar med en global klimatmodell, en regional klimatmodell och ett utsläppsscenario kallas för *klimatscenario*. För att utvärdera osäkerheten i beräkningarna används ofta resultat från flera olika klimatscenarier, som grupperas efter RCP-scenario i s k *ensembler*.

Klimatmodellerna som används i länsanalyserna och scenariotjänsten presenteras i respektive Tabell 2. I länsanalyserna användes 9 globala klimatmodeller, en regional klimatmodell och två RCP-scenarier, vilket ger totalt 18 klimatscenarier, med upplösningen 50 km. I scenariotjänsten används 7 globala klimatmodeller och 11 regionala klimatmodeller, med upplösningen 12,5 km. I scenariotjänsten skiljer sig antalet klimatscenarier mellan respektive RCP-ensemble, i Tabell 2 redovisas endast det totala antalet för respektive modellkombination. Det totala antalet klimatscenarier är 111; 27 för RCP2.6, 22 för RCP4.5 och 62 för RCP8.5. I scenariotjänstens hydrologiska ensemble används en delmängd av scenarierna i den meteorologiska, 17 klimatscenarier för varje RCP, vilket ger totalt 51 klimatscenarier, se Tabell 3. Båda dataunderlagen baseras på globala klimatmodeller framtagna inom forskningsprogrammet CMIP5 (2011).

Både modellurvalet i de två ensablerna samt modellernas upplösning påverkar det slutgiltiga resultatet och därmed jämförelsen mellan länsanalyserna och scenariotjänsten.

Tabell 1. Modellkombinationer i ensemblen till länsanalyserna (Sjökvist m.fl., 2015). Två scenarier, RCP4.5 och RCP8.5, användes för samtliga modeller.

Global modell	Regional modell	Antal klimatscenarier
CCCma-CanESM2	RCA4	2
CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	RCA4	2
ICHEC-EC-EARTH	RCA4	2
IPSL-IPSL-CM5A-MR	RCA4	2
MIROC-MIROC5	RCA4	2
MPI-M-MPI-ESM-LR	RCA4	2
NCC-NorESM1-M	RCA4	2
NOAA-GFDL-GFDL-ESM2M	RCA4	2
MOHC-HadGEM2-ES	RCA4	2

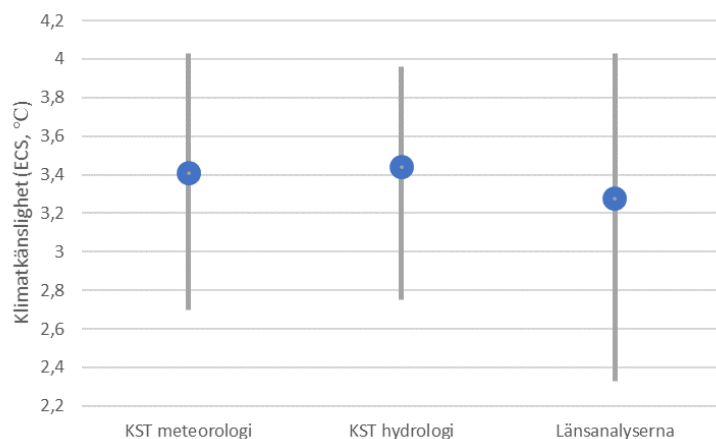
Tabell 2. Modellkombinationer i den meteorologiska ensemblen till scenariotjänsten (SMHI, 2021). Varje RCP markeras med en egen symbol för varje modellkombination, o = RCP2.6, x = RCP4.5, + = RCP8.5. Antalet klimatscenarier innefattar samtliga RCP-scenarier som ingår i respektive modellkombination.

Regional modell → Global modell ↓	CLIMcom-CCLIM4-8-17_v1	CLIMcom-ETH-COSMO-crCLIM-v1-1-v1	CNRM-ALADIN63_v1 / _v2	DMI-HIRHAM5_v1 / _v2 / _v3	MPI-CSC-REMO2009_v1	GERICS-REMO2015_v1 / _v2	ICTP-RegCM4-6_v1	KNMI-RACMO22E_v1 / _v2	MOHC-HadREM3-GA7-05_v1	SMHI-RCA4_v1 / _v1a	IPSL-WRF381P_v1 / _v2	Antal klimatscenarier per global modell
CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 (r1)		+	ox+	+		o+		ox+			+	11
ICHEC-EC-EARTH (r1), (r3), (r12)	ox+	+		ox+		ox+	+	ox+	o+	ox+	+	29
IPSL-IPSL-CM5A-MR (r1)				+		+		+		x+	x+	7
MOHC-HadGEM2-ES (r1)	x+	+	+	ox+		ox+	o+	ox+	o+	ox+	+	21
MPI-M-MPI-ESM-LR (r1), (r2)	ox+	+	+	+	ox+		o+	o+	+	ox+	+	23
NCC-NorESM1-M (r1)		+	+	x+		ox+	o+	o+	+	ox+	+	16
MIROC-MIROC5 (r1)	o+					o+						4
Antal klimatscenarier per regional modell	10	8	6	13	6	14	7	17	6	17	7	

Tabell 3. Modellkombinationer i den hydrologiska ensemblen till scenariotjänsten (SMHI, 2021). Varje RCP markeras med en egen symbol för varje modellkombination, o = RCP2.6, x = RCP4.5, + = RCP8.5. Antalet klimatscenarier innefattar samtliga RCP-scenarier som igår i respektive modellkombination

Regional modell → Global modell ↓	CLIMcom-CCLM4-8-17_v1	CLIMcom-ETH-COSMO-crCLIM-v1-1-v1	CNRM-ALADIN63_v1 / _v2	DMI-HIRHAM5_v1 / _v2 / _v3	MPI-CSC-REMO2009_v1	GERICS-REMO2015_v1 / _v2	ICTP-RegCM4-6_v1	KNMI-RACMO22E_v1 / _v2	MOHC-HadREM3-GA7-05_v1	SMHI-RCA4_v1 / _v1a	IPSL-WRF381P_v1 / _v2	Antal klimatscenarier per global modell
CNRM-CERFACS-CNRM-CM5 (r1)			ox+					ox+				6
ICHEC-EC-EARTH (r1), (r3), (r12)	ox+			ox+		ox+		ox+		ox+		15
IPSL-IPSL-CM5A-MR (r1)												0
MOHC-HadGEM2-ES (r1)				ox+		ox+		ox+		ox+		12
MPI-M-MPI-ESM-LR (r1), (r2)	ox+				ox+					ox+		12
NCC-NorESM1-M (r1)						ox+				ox+		6
MIROC-MIROC5 (r1)												0
Antal klimatscenarier per regional modell	6	0	3	6	6	9	0	9	0	12	0	

För att utvärdera hur stor påverkan de olika ensembleerna har på beräkningen av den framtida temperaturökningen kan klimatkänsligheten jämföras. Klimatkänsligheten är ett mått på hur den globala medeltemperaturen förändras när halten koldioxid i atmosfären fördubblas, och efter att temperaturen hunnit komma i jämvikt med den nya koldioxidhalten. Klimatkänsligheten skiljer sig åt mellan olika klimatmodeller. I Figur 2 redovisas klimatkänsligheten för de globala modellerna i ensembleerna. De blå punkterna visar medelvärden av klimatkänsligheten för de tre ensembleerna; scenariotjänstens meteorologiska ensemble: 3,41°C, den hydrologiska: 3,44°C och länsanalyserna: 3,27°C. Värdena är beräknade utifrån ensembleerna för scenariot RCP8.5. I figuren visas vertikala streck till varje ensemble, vars ändpunkter representerar min- och maxvärde för klimatkänsligheten. Här syns att Länsanalyserna har en större spridning och inkluderar modeller med lägre klimatkänslighet jämfört med scenariotjänsten.



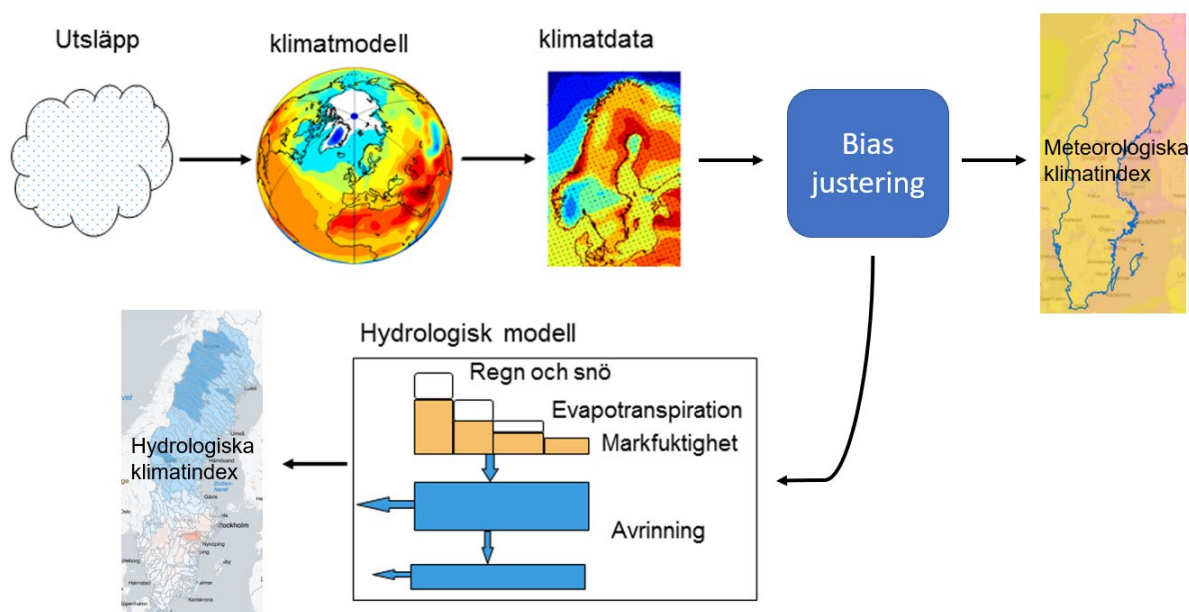
Figur 2. Klimatkänslighet i ensembleerna för Scenariotjänsten (KST) och Länsanalyserna. Siffror från Flynn och Mauritsen, 2020.

2.4 Efterbearbetning och bias-justering

En klimatmodell är en generalisering av verkligheten vilket betyder att modellresultat ofrånkomligen kommer att skilja sig från observationer. För att förbättra jämförelsen mellan klimatmodellens resultat och observerat klimat kan data justeras för systematiska fel. Det görs med hjälp av en metod kallad *bias-justering*. Med hjälp av referensdata (se avsnitt 3.1) justeras det historiska och framtida klimatet i varje enskilt klimatscenario. Efter bias-justeringen beräknas meteorologiska klimatindex. Klimatscenariot kan efter biasjusteringen även användas i en hydrologisk modell för att beräkna framtidens vattenföring. Se hela beräkningskedjan i Figur 3.

I länsanalyserna användes metoden DBS (Yang, 2010) för bias-justering medan i scenariotjänsten användes metoden MIDAS (Berg m.fl., 2021 och Berg m.fl., 2022).

MIDAS och DBS använder liknande statistisk bearbetning, där hela klimatscenariot korrigeras mot statistik från referensdata. De två metoderna beskriver dock statistiken på lite olika sätt. DBS beskriver klimatet enligt fördefinierade anpassningsfunktioner medan MIDAS anpassar sig mer fritt till hur data ser ut. MIDAS har ett mer avancerat sätt att hantera statistik på olika tidsskalor, till exempel hur månadsmedelvärden och dygnsmedelvärden beskrivs av klimatmodellen. DBS separerar statistik för varje kalendermånad medan MIDAS använder ett löpande fönster för varje dag under året, vilket gör MIDAS mindre känslig för skiften i klimatet. Även om MIDAS är en mer flexibel metod är det svårt att bedöma hur dessa metoder påverkar jämförelsen mellan de olika dataseten.



Figur 3. Beräkningskedja för klimatscenarier samt meteorologiska och hydrologiska klimatindex.

2.5 Hydrologisk modellering

För att modellera klimatförändringens effekt på hydrologin användes i länsanalyserna främst HBV-modellen (Lindström, 1997) och för scenariotjänsten HYPE-modellen (Lindström et al., 2010), båda utvecklade på SMHI. Både HBV och HYPE är semi-distribuerade konceptuella modeller. Detta innebär att markanvändningen inte är kopplat till en särskilt geografisk plats inom ett delavrinningsområde. Som drivdata för de två modellerna används lufttemperatur och nederbördsdata. Resultatet presenteras oftast som tillrinning från olika delavrinningsområden eller flöden i olika vattendrag. En kortfattad beskrivning över modellernas struktur finns i Sjökvist m.fl. (2015).

I beräkningarna har HBV-modellens uppsättning för Sverige, HBV-Sverige respektive HYPE-modellens uppsättning för Sverige, S-HYPE använts. Även i länsanalyserna gjordes beräkningar med S-HYPE, men de resultaten presenterades inte i länsrapporterna. Beräkningarna var i övrigt lika vad gäller ingående klimatscenarier, referensperioder m.m. så resultaten kan användas för att jämföra de båda modellerna, vilket gjordes av Sjökvist m.fl. (2015). HYPE-modellen och S-HYPE har utvecklats och förbättrats sedan dess, därför är det inte samma version som används för scenariotjänsten som för länsanalyserna. I länsanalyserna används en version med knappt 37 000 områden och i scenariotjänsten en version med ca 40 000 områden. Över lag ger de senare versionerna av S-HYPE bättre resultat för avrinning och avdunstning i dagens klimat än HBV-Sverige.

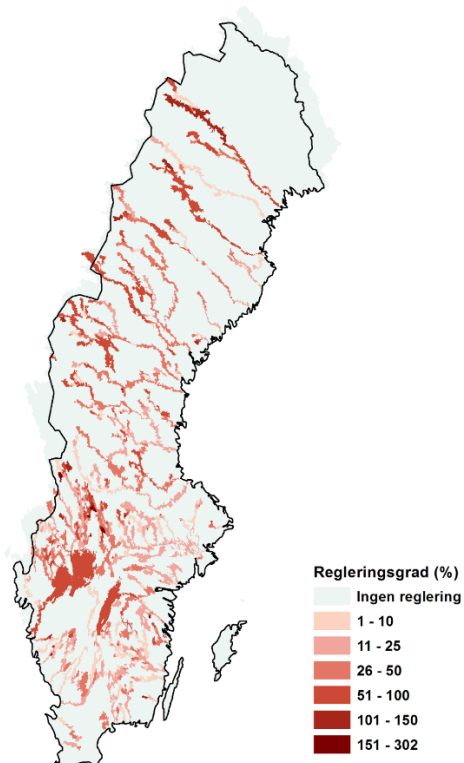
Medan modelluppsättningen som användes för länsanalyserna visade oreglerad tillrinning så presenteras data i scenariotjänsten med regleringar av vattendrag inlagda. För att lättare kunna jämföra resultat har hydrologiska variabler valts som är opåverkade av regleringen, och därför har de flesta jämförelser gjorts för den lokala tillrinningen inom delavrinningsområdet. Resultatet från de hydrologiska beräkningarna som är underlaget till scenariotjänsten används, men en annan variabel, lokal tillrinning, presenteras istället för total vattenföring. I kartorna i denna rapport anges det som ”underlag till scenariotjänsten”, för att skilja det från de kartor som är hämtade direkt från scenariotjänsten. Den lokala tillrinningen (i scenariotjänsten kallat för ”markavrinning”) är den del av flödet som genereras i ett delavrinningsområde.

Ingen systematisk modelljämförelse mellan modellerna HBV och HYPE har i nuläget genomförts. Det kan dock nämnas att följande processer ingår i beräkningen av den lokala tillrinningen i HBV-modellen men inte i HYPE-modellen:

- Avdunstning från sjöar
- Nederbörd på sjöar
- Fördröjning av vattnet genom sjöars dämpande effekt

Ovan nämnda skillnader relaterar bara till sjöar som ligger inom delavrinningsområdet och inte vid områdenas utlopp. Varken i HBV-modellen eller i HYPE-modellen påverkas den lokala tillrinningen av avdunstning från eller nederbörd på sjöar som ligger vid delavrinningsområdets utlopp. Effekten av flödesfördröjning genom sjöar bedöms som försumbar när medelvärde över långa tidsperioder beräknas, som i den här analysen.

Kartorna på vattenföring i scenariotjänsten visar förändring av reglerad vattenföring. Det är osäkert hur vattenkraftmagasinen kommer att regleras i framtiden, men ett antagande har gjorts att de kommer att regleras på samma sätt i framtiden som idag. Regleringsgrad är ett mått på hur stor del av årsvattenföringen som kan magasineras i vattendragets regleringsmagasin. Den skiljer sig mellan olika vattendrag och delar av vattendrag (Figur 4). Generellt är regleringsgraden hög i de stora norrländska vattenkraftälvarna, speciellt i Luleälven och Skellefteälven. Regleringsgrad och hur magasinen regleras kan ha stor påverkan på vattenföringen som presenteras i scenariotjänsten.



Figur 4. Regleringsgrad i %. Andelen av den totala årsvattenföringen som kan lagras i regleringsmagasin.

I rapporten visas förändringar i tillrinning med olika återkomsttider. Med en händelses återkomsttid menas att den inträffar eller överträffas i genomsnitt en gång under denna tid. Det innebär att sannolikheten för exempelvis ett 100-årsflöde är 1 på 100 för varje enskilt år. Eftersom exponering för risken sker under flera år blir den ackumulerade sannolikheten avsevärd. För ett hus som står i 100 år i ett område som endast är skyddat mot ett 100-års flöde, är sannolikheten för översvämning under denna tid hela 63 %. Metoden för att beräkna återkomsttiden bygger på anpassning av en Gumbel-fördelning med hjälp av moment-metoden i både länsanalyserna och scenariotjänsten. Ingen kontroll av anpassningen har gjorts i nuläget. Det betyder att återkomsttiderna har en okänd osäkerhetsmarginal, som i enstaka fall kan vara betydande.

2.6 Skillnader i presentation

Länsanalyserna publicerades 2015 som rapporter och delar av materialet visades på smhi.se. Scenariotjänsten är en webbtjänst som publicerades 2021 och som uppdateras löpande. De båda underlagen innehåller ungefär lika många klimatindex, dock med vissa skillnader i definitioner. Referensperioden skiljer sig åt (se avsnitt 3.1), så även de framtida perioderna. Länsanalyserna använder två framtidsperioder: 2021–2050 och 2069–2098, medan scenariotjänsten använder tre: 2011–2040, 2041–2070 och 2071–2100.

Upplösningen på kartorna avseende meteorologiska index skiljer sig åt; länsanalyserna använder upplösningen från PTHBV som är 4 km medan scenariotjänsten använder den regionala klimatmodellens upplösning som är 12,5 km.

De hydrologiska indexen presenterades för HBV-modellens ca 1000 avrinningsområden i länsanalyserna. Beräkningarna till scenariotjänsten görs för de ca 40 000 områdena i S-HYPE. Denna skala är dock för detaljerad för att presentera resultaten på, så presentationen görs istället för 262 biflödesavrinningsområden, de så kallade BARO-områdena.

Se sammanställning av de tekniska skillnaderna i de två dataunderlagen i Tabell 4 och Tabell 5.

Tabell 4. Skillnader mellan beräkningarna av meteorologiska index i länsanalyserna och i scenariotjänsten.

	Länsanalyser	Scenariotjänsten
Klimatindex	23 st	23 st
Referensperiod	1961–1990	1971–2000
Scenarioperioder	2021–2050 2069–2098	2011–2040 2041–2070 2071–2100
Klimatscenarier	18	111
RCPs	RCP4.5, RCP8.5	RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5
Referensdata	PTHBV	GridClim
Bias-justering	DBS	Midas
Upplösning RCM	50 km	12,5 km
Upplösning klimatindex	4 km	12,5 km

Tabell 5. Skillnader mellan beräkningarna av hydrologiska index i länsanalyserna och i scenariotjänsten.

	Länsanalyser	Scenariotjänsten
Klimatindex	16 st	12 st
Referensperiod	1963–1992	1971–2000
Scenarioperioder	2021–2050 2069–2098	2011–2040 2041–2070 2071–2100
Klimatscenarioer	18	51
RCPs	RCP4.5, RCP8.5	RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5
Referensdata	PTHBV	PTHBV
Bias-justering	DBS	Midas
Upplösning RCM	50 km	12,5 km
Modell	HBV-Sverige presenterades, beräkningar gjordes även med S-HYPE	S-HYPE
Reglering	Oreglerat	Reglerad vattenföring, andra index är opåverkade av reglering
Upplösning klimatindex	HBV-Sverige, ca 1000 områden	Presentation för BARO-områden, 262 stycken.

2.7 Jämförelser av data

De olika dataseten beskrivna i tidigare avsnitt skiljer åt på flera sätt. För att beräkna en jämförelse behöver data bearbetas till samma upplösning. I samtliga fall används den finare upplösningen vid jämförelse, vilket betyder att data med grövre upplösning har interpolerats till den finare. Vid interpolering har metoden "närmsta granne" (nearest neighbour) använts, dvs närmst belägna gridruta i meter.

Det finns många olika jämförelser som kan göras och denna rapport har avgränsats till endast ett fåtal. När det gäller temperaturjämförelser har förutom årsmedelvärden även vintersäsongen jämförts, då uppvärmningen oftast är som störst under året. För nederbörden har förutom årsvärden även sommarsäsongen jämförts då det finns en historik kring osäkerhet i framtida nederbörd under sommaren.

För hydrologi presenteras lokal tillrinning för årsmedelvärden, 10- och 100 års återkomsttid, låg tillrinning och markfuktighet i rapporten. Lokal tillrinning för säsonger presenteras i bilagor.

3. Resultat

I detta avsnitt presenteras resultatet från jämförelserna mellan länsanalysen och scenariotjänsten. Tre olika typer av jämförelser gjordes:

Historiska data: referensperiod. Här jämförs länsanalysernas referensperiod 1961–1990 med scenariotjänstens referensperiod 1971–2000 (temperatur och nederbörd). Se avsnitt 3.1.

Historiska data: referensdataset. Här jämförs länsanalysernas referensdataset PTHBV med scenariotjänstens referensdataset SMHI GridClim (temperatur och nederbörd). Se avsnitt 3.2.

Klimatsignal meteorologi och hydrologi: Här jämförs de framtida klimat som ges av länsanalysen och scenariotjänsten med varandra. Befintliga referensperioder i länsanalyserna och scenariotjänsten används. Ett urval av meteorologiska och hydrologiska index jämförs. Se avsnitt 3.3 och 3.4.

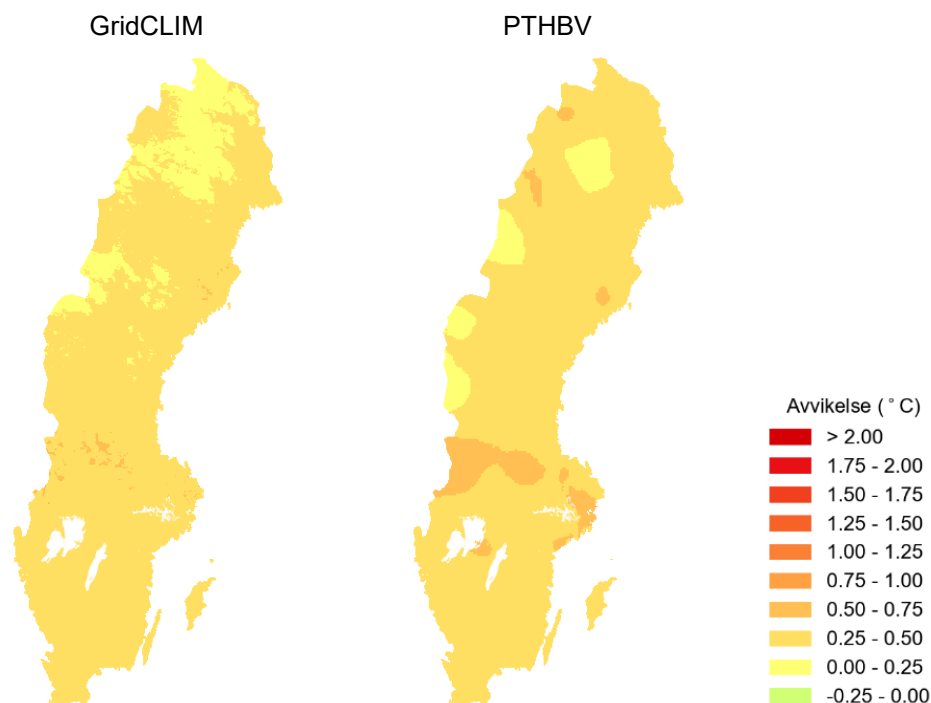
3.1 Historiska data: referensperiod

Här jämförs länsanalysernas referensperiod 1961–1990 med scenariotjänstens referensperiod 1971–2000.

Jämförelsen har gjorts för båda dataseten GridClim och PTHBV, för årsmedeltemperatur, vintermedeltemperatur, årsmedelnederbörd och somarmedelnederbörd.

3.1.1 Årsmedeltemperatur

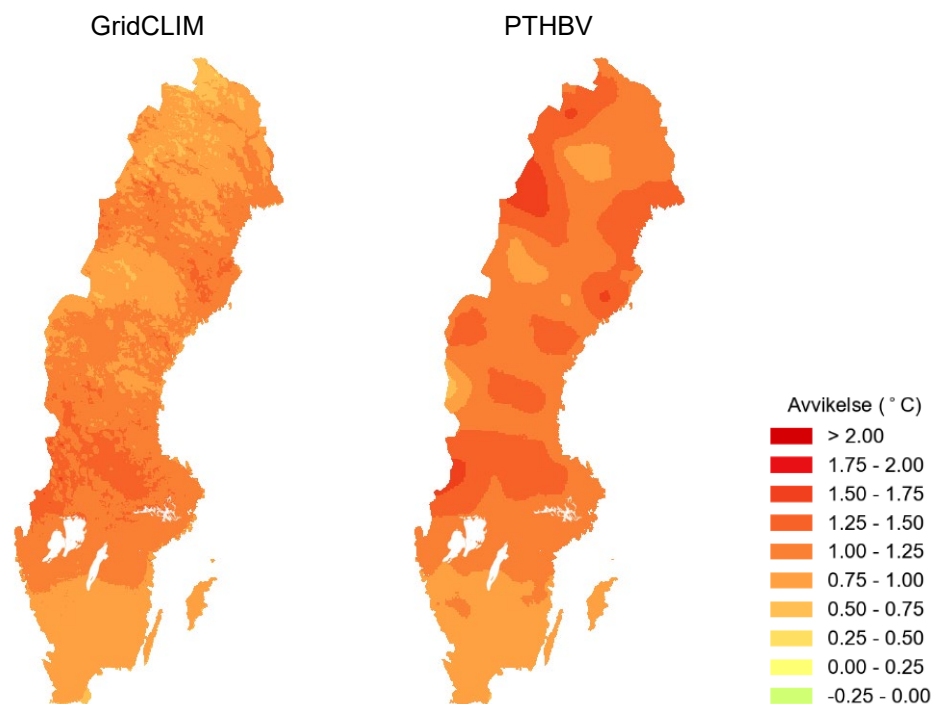
Figur 5 visar skillnaden i årsmedeltemperatur mellan de två referensperioderna 1971–2000 och 1961–1990, enligt GridCLIM och PTHBV. Kartorna visar att temperaturen har stigit med 0,0–0,75 grader under de 10 år som skiljer perioderna. Mest har temperaturen stigit i Svealand och minst i västra Norrland. De två dataseten visar lite olika mönster, vilket beror på de olika metoderna för bearbetning av observationsdata samt skillnad i upplösning.



Figur 5. Skillnad i årsmedeltemperatur mellan perioden 1971–2000 och 1961–1990 för GridClim respektive PTHBV.

3.1.2 Vintermedeltemperatur

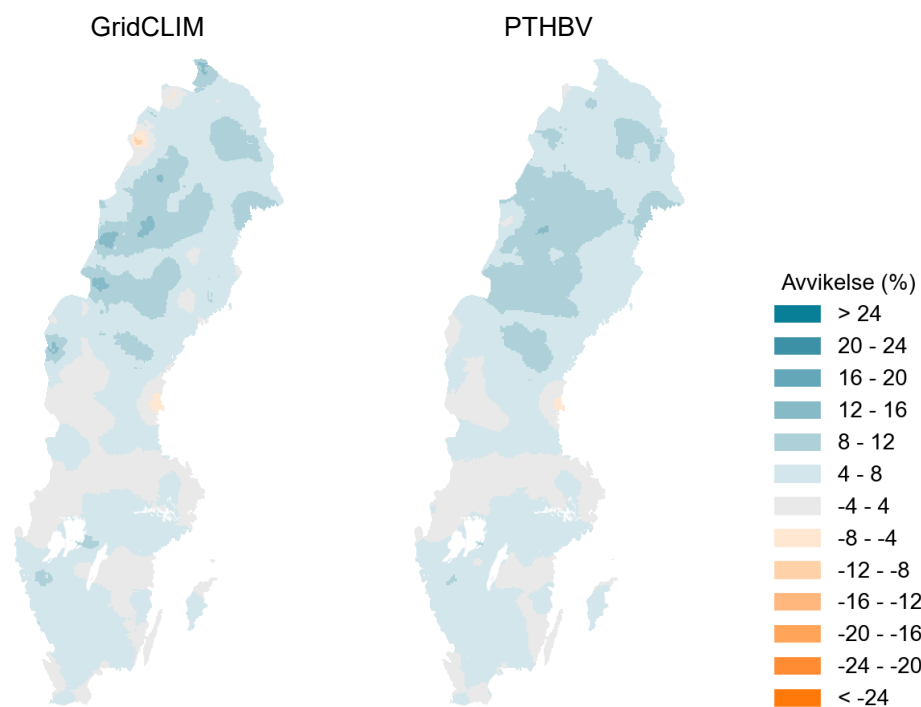
Figur 6 visar skillnaden i vintermedeltemperatur mellan de två referensperioderna 1971–2000 och 1961–1990, enligt GridClim och PTHBV. Vinter är här definierat som december-januari-februari. Kartorna visar att vintertemperaturen har stigit med 0,5–1,75 grader under de 10 år som skiljer perioderna. Mest har temperaturen stigit i Svealand. PTHBV visar generellt något större ökning av temperaturen jämfört med GridCLIM. De två dataseten visar lite olika mönster, vilka beror på de olika metoderna för bearbetning av observationsdata samt skillnad i upplösning.



Figur 6. Skillnad i vintermedeltemperatur mellan perioden 1971–2000 och 1961–1990 för GridClim respektive PTHBV.

3.1.3 Årsmedelnederbörd

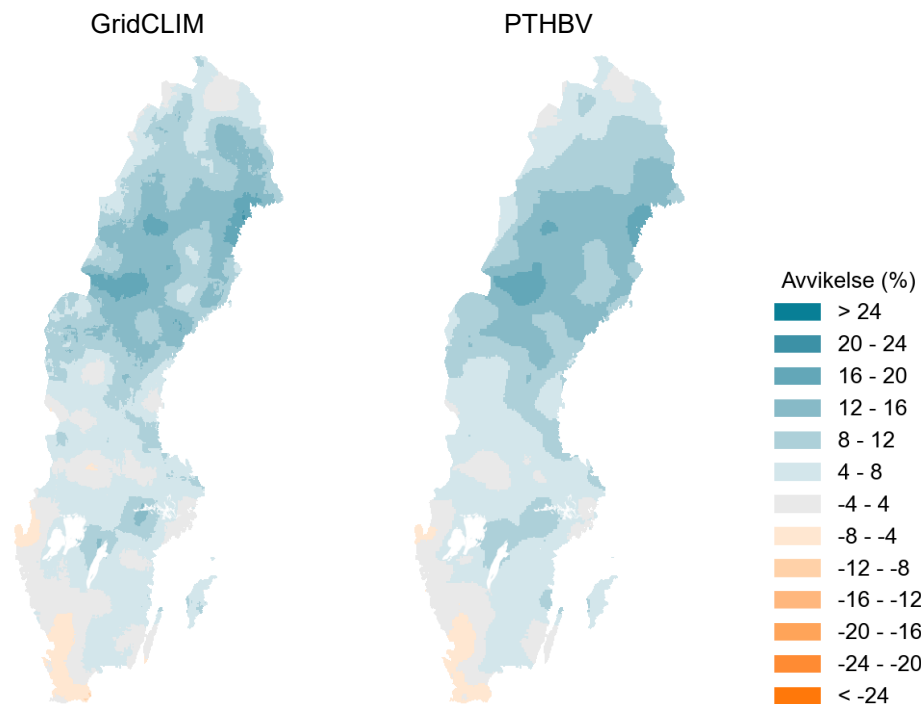
Figur 7 visar skillnaden i årsmedelnederbörd mellan de två referensperioderna 1971–2000 och 1961–1990. Skillnaden visas för dataseten GridCLIM och PTHBV separat. Kartorna visar att perioden 1971–2000 är blötare än 1961–1990 i stort sett i hela landet. Störst är skillnaden i inre Norrland, som visar 8–12 % mer nederbörd. De två dataseten visar lite olika mönster, vilka troligtvis beror på de olika metoderna för bearbetning av observationsdata samt skillnad i upplösning.



Figur 7. Skillnad i årsmedelnederbörd mellan perioden 1971–2000 och 1961–1990 för GridClim respektive PTHBV.

3.1.4 Sommarmedelnederbörd

Figur 8. visar skillnaden i sommarmedelnederbörd mellan de två referensperioderna 1971–2000 och 1961–1990. Sommar är här definierat som juni-juli-augusti. Skillnaden visas för dataseten GridCLIM och PTHBV separat. Kartorna visar att perioden 1971–2000 är blötare än 1961–1990 i stort sett i hela landet, förutom i västra Götaland. I inre Norrland upp till 20 % mer nederbörd medan södra Halland och Skåne visar på upp till 8 % mindre nederbörd. De två dataseten visar lite olika mönster, vilka troligtvis beror på de olika metoderna för bearbetning av observationsdata samt skillnad i upplösning.



Figur 8. Skillnad i sommarmedelnederbörd mellan perioden 1971–2000 och 1961–1990 för GridClim respektive PTHBV.

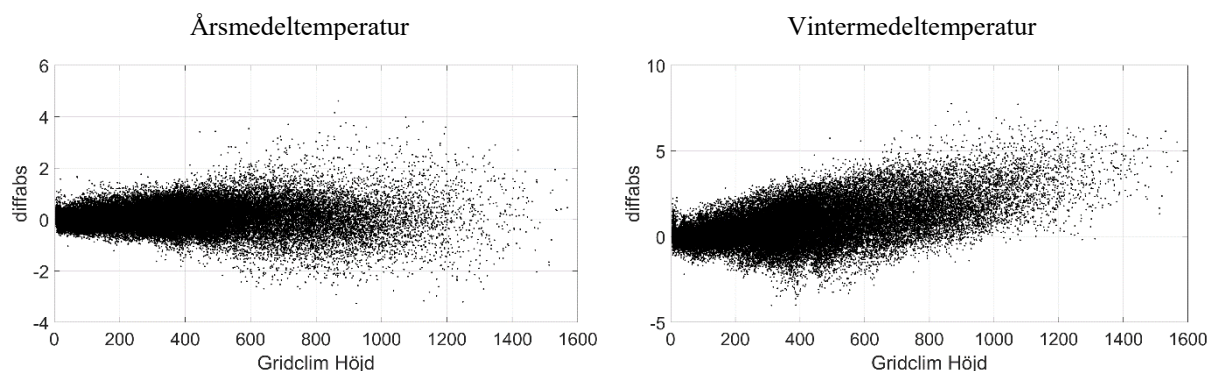
Sammanfattningsvis var perioden 1971-2000 varmare och blötare än perioden 1961-1990. Uppvärmningen är ca 0,25–0,5 grader mellan de två perioderna på årsbasis. Vintertid är uppvärmningen större. Den senare referensperioden är också blötare, upp till 12 % mer årsnederbörd. De två dataseten PTHBV och GridClim är i allmänhet lika men detaljer skiljer sig åt, vilka beror på bearbetning av observationsdata samt skillnader i upplösning.

3.2 Historisk data: referensdataset

Här jämförs scenariotjänstens referensdataset SMHI GridClim med länsanalysernas referensdataset PTHBV. Jämförelserna görs för båda referensperioderna, 1961–1990 samt 1971–2000.

3.2.1 Höjdberoenden

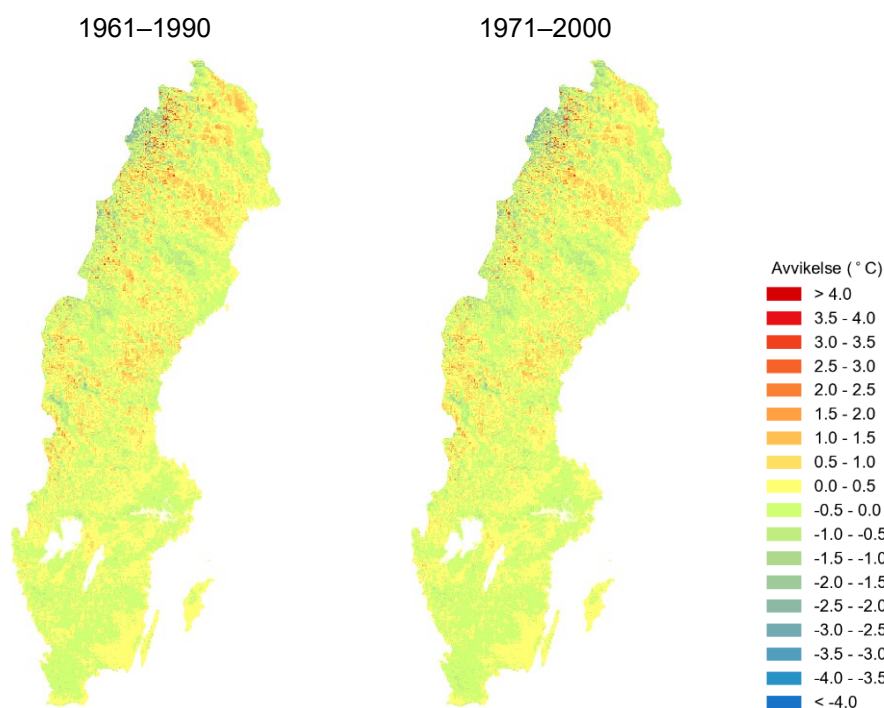
De två referensdataseten PTHBV och GridClim hanterar höjdkorrigerings av temperatur på olika sätt. I Figur 9 visas skillnaden i temperatur mellan de två dataseten som funktion av höjden. I den vänstra figuren visas årsmedeltemperatur, och här går det inte att urskilja någon systematisk skillnad mellan GridClim och PTHBV som påverkas av höjden. I den högra figuren visas vintermedeltemperaturen, och här syns att GridClim är varmare än PTHBV med ökande höjd, ungefär 0,13 grader per 100 meter. Detta påverkar även skillnader mellan de två ensembleerna för framtida klimat då PTHBV respektive GridClim används som referensdataset i bias-justering.



Figur 9. Temperaturens höjdberoenden för GridClim jämfört med PTHBV, perioden 1961-1990.

3.2.2 Årsmedeltemperatur

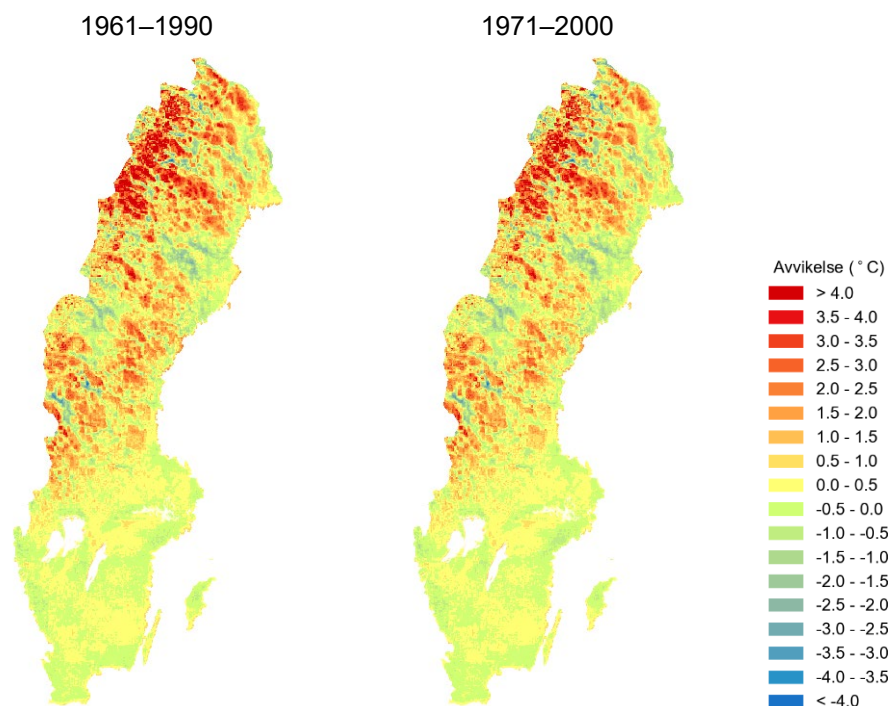
Figur 10 visar skillnaden i årsmedeltemperatur mellan de två referensdataseten GridClim och PTHBV. Skillnaden visas för de båda referensperioderna 1961–1990 och 1971–2000. Positiva värden betyder att GridClim är varmare än PTHBV och vice versa. Skillnaderna är små i större delen av landet, -0,5–0,5 grader, men i vissa områden i Norrland är skillnaderna större. De två tidsperioderna visar i stort sett samma mönster, vilket tyder på att skillnaden mellan dataseten är oberoende av tidsperiod. Skillnaderna beror på den bakomliggande metodiken för bearbetning av observationsdata samt skillnaden i upplösning.



Figur 10. Skillnad i årsmedeltemperatur mellan GridClim och PTHBV för de två referensperioderna 1961–1990 och 1971–2000.

3.2.3 Vintermedeltemperatur

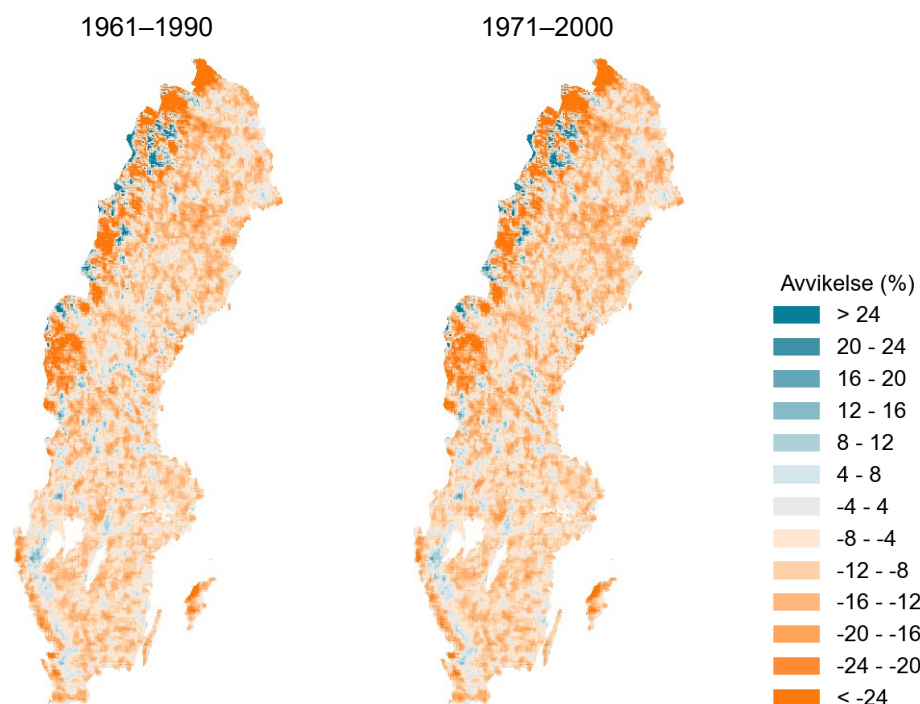
Figur 11 visar skillnaden i vintermedeltemperatur mellan de två referensdataseten GridClim och PTHBV. Vinter är här definierat som december-januari-februari. Skillnaden visas för de båda referensperioderna 1961–1990 och 1971–2000. Skillnaderna är mestadels små i södra delen av landet, -0,5–0,5 grader, men i Norrland är skillnaderna större, vissa områden visar att GridClim är över 4 grader varmare än PTHBV. De största skillnaderna verkar ha koppling till topografin. De två tidsperioderna visar i stort sett samma mönster, vilket tyder på att skillnaden mellan dataseten är systematisk. Enligt jämförelsen mellan temperaturens höjdberoende i dataseten i Figur 9, finns det en systematisk skillnad mellan vintertemperaturerna som ökar med höjden. Skillnaderna beror även på den bakomliggande metodiken för bearbetning av observationsdata samt upplösning.



Figur 11. Skillnad i vintermedeltemperatur mellan GridClim och PTHBV för de två referensperioderna 1961–1990 och 1971–2000.

3.2.4 Årsmedelnederbörd

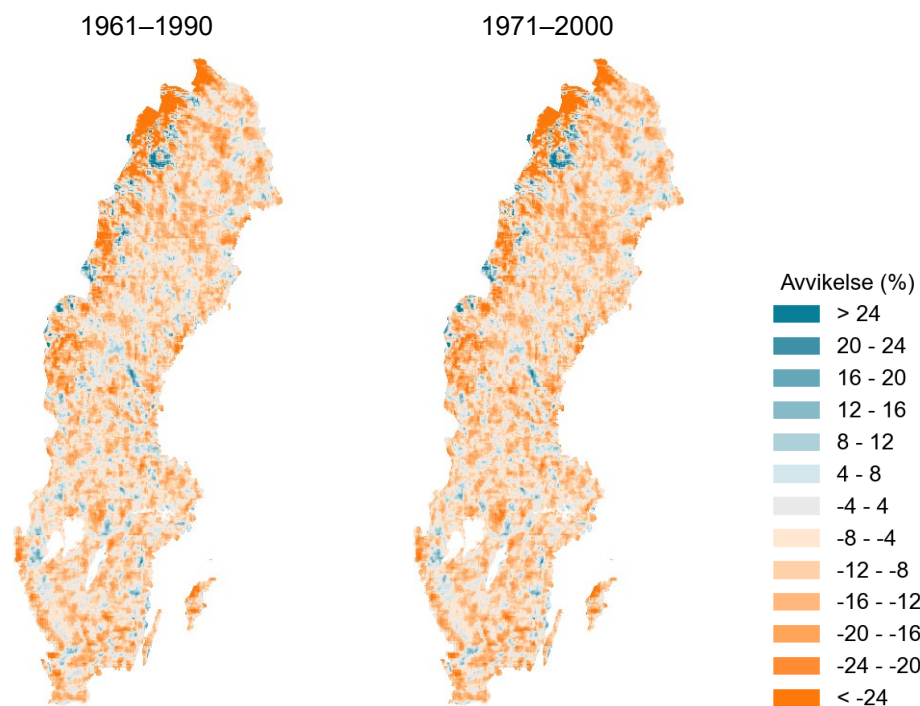
Figur 12 visar skillnaden i årsmedelnederbörd mellan de två referensdataseten GridClim och PTHBV. Skillnaden visas för de båda referensperioderna 1961–1990 och 1971–2000, negativa värden innebär större nederbörds mängder i PTHBV, positiva värden större nederbörds mängder i GridClim. Generellt har GridClim mindre nederbörd än PTHBV, men det finns även områden med mer nederbörd. Mönstret i kartorna är mycket lika, vilket tyder på en systematisk skillnad. I områden med stora topografiska variationer, exempelvis fjällkedjan, är skillnaderna störst. Det finns en förskjutning av nederbörden längs västkusten, där PTHBV har större nederbörds mängder i kustbandet och GridClim har större mängder en bit in över land. Skillnaderna beror troligtvis på den bakomliggande metodiken för bearbetning av observationsdata samt skillnaden i upplösning.



Figur 12. Skillnad i årsmedelnederbörd mellan GridClim och PTHBV för de två referensperioderna 1961–1990 och 1971–2000.

3.2.5 Somarmedelnederbörd

Figur 13 visar skillnaden i somarmedelnederbörd mellan de två referensdataseten GridClim och PTHBV. Sommar definieras här som juni-juli-augusti. Skillnaden visas för de båda referensperioderna 1961–1990 och 1971–2000. Kartorna är mycket lika analysen av årsnederbörden (Figur 12) med generellt mindre nederbörd i GridClim, topografisk påverkan och förskjutning längs västkusten. Det tyder på att dessa skillnader inte påverkas av tid på året utan är systematiska.



Figur 13. Skillnad i somarmedelnederbörd mellan GridClim och PTHBV för de två referensperioderna 1961–1990 och 1971–2000.

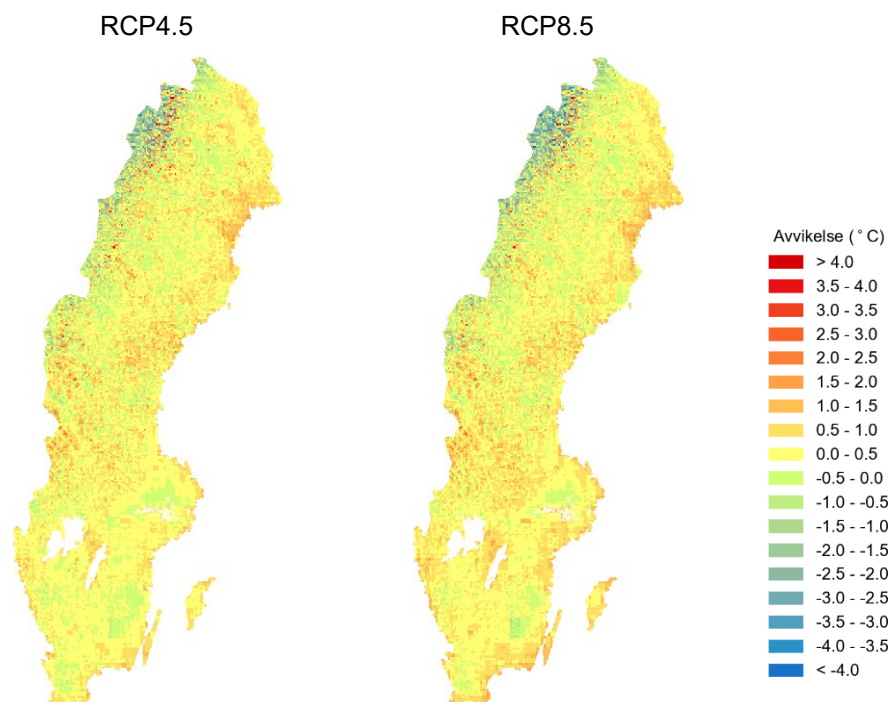
Sammanfattningsvis visar jämförelsen mellan referensdataseten GridClim och PTHBV på en systematisk skillnad som delvis kan kopplas till topografi. Vintersäsongen visar stora skillnader, där GridClim är systematiskt varmare än PTHBV. Skillnaden ökar med höjden, ungefär 0,13 grader per 100 meter. Nederbörden är generellt lite lägre i GridClim än i PTHBV, både på helår och sommar. Här finns också systematiska skillnader som troligen kan kopplas till datasetens framtagande och upplösning.

3.3 Klimatsignal meteorologi

Här jämförs scenariotjänstens och länsanalysernas resultat för temperatur och nederbörd i slutet av seklet. För scenariotjänsten används perioden 2071–2100 och för länsanalyserna används perioden 2069–2098. Dessa resultat presenteras med länsanalysernas upplösning (4 km) och för scenarierna RCP4.5 och RCP8.5.

3.3.1 Årsmedeltemperatur

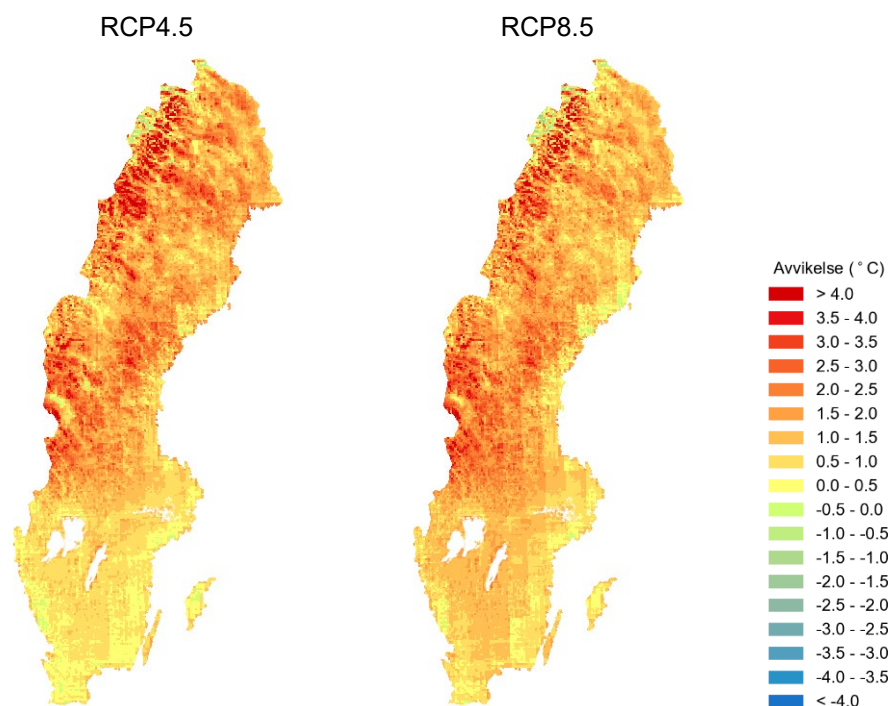
Figur 14 visar skillnaden i årsmedeltemperatur mellan klimatscenerierna i scenariotjänsten och i länsanalyserna i slutet av seklet. Resultaten för de två RCP-scenerierna presenteras separat. Generellt är skillnaderna små, -0,5 – +0,5 grader, men i vissa områden är scenariotjänsten lite varmare än länsanalyserna, 0,5–1,0 grader. I fjällkedjan finns även kallare områden. Kartornas mönster är mycket lika, vilket betyder att skillnaden i ensemblen av modeller har större påverkan på resultaten än skillnader mellan RCP-scenarier. Skillnaden mellan scenariotjänsten och länsanalyserna är något större (varmare) i RCP8.5 än i RCP4.5.



Figur 14. Skillnad i årmedeltemperatur i slutet av seklet mellan scenariotjänsten och länsanalysen enligt scenario RCP4.5 (vänster) och RCP8.5 (höger).

3.3.2 Vintermedeltemperatur

Figur 15 visar skillnaden i vintermedeltemperatur mellan klimatscenarierna i scenariotjänsten och i länsanalyserna i slutet av seklet. Vinter definieras här som december-januari-februari.



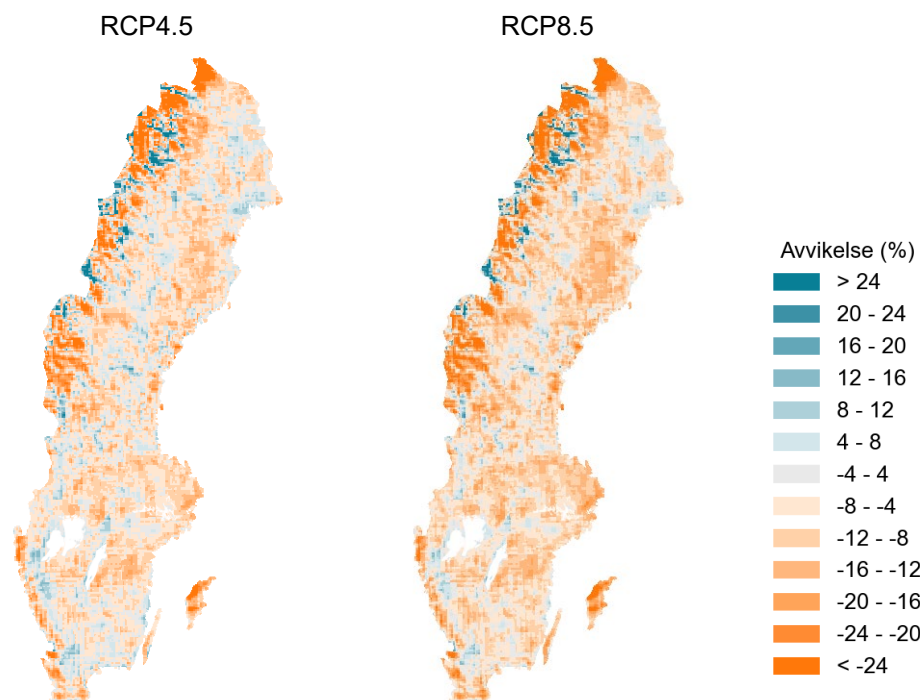
Figur 15. Skillnad i vintermedeltemperatur i slutet av seklet mellan scenariotjänsten och länsanalyserna enligt scenario RCP4.5 (vänster) och RCP8.5 (höger).

Kartorna visar att scenariotjänsten är betydligt varmare på vintern jämfört med länsanalyserna, i Götaland ca 1 grad, och längre norrut 1 – ca 4 grader. Delvis finns en topografisk faktor, dvs de största skillnaderna återfinns delvis på hög höjd som i fjällkedjan, men det finns även områden med stora temperaturskillnader på lägre höjd. Mönstret i kartorna liknar mönstret i Figur 11, vilket betyder att skillnaden i referensdataset (GridClim och

PTHBV) slår igenom även i skillnader mellan klimatscenarierna. I vissa områden syns ett rutmönster med ca 50 x 50 km stora rutor, detta är ett genomslag från den regionala klimatmodellen i länsanalyserna.

3.3.3 Årsmedelnederbörd

Figur 16 visar skillnaden i årsmedelnederbörd mellan klimatscenarierna i scenariotjänsten och i länsanalyserna i slutet av seklet. Generellt visar scenariotjänsten mindre nederbörd än länsanalyserna, mellan 0 och 20 % (lite mer i fjällkedjan) men det finns även områden med mer nederbörd. Mönstret i kartorna är mycket lika, vilket tyder på en systematisk skillnad mellan ensemblerna. I områden med stora topografiska variationer, exempelvis fjällkedjan, är skillnaderna störst. Kartorna har stora likheter med jämförelsen mellan GridClim och PTHBV (Figur 12), vilket betyder att referensdata påverkar skillnaderna mellan ensemblerna i stor grad. Jämförelsen visar även samma tendens till förskjutning av nederbörden längs västkusten.



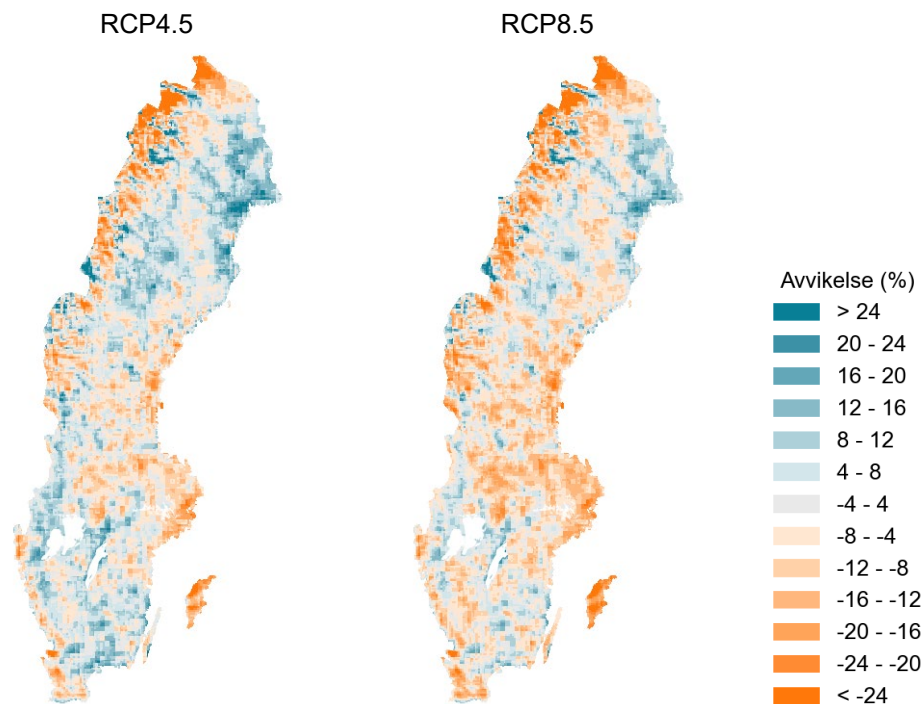
Figur 16. Skillnad i årsmedelnederbörd i slutet av seklet mellan scenariotjänsten och länsanalyserna enligt scenario RCP4.5 (vänster) och RCP8.5 (höger).

I Bilaga 1 finns kartor som visar den minsta och största förändringen av årsmedelnederbörden till slutet av seklet som finns inom länsanalysernas ensemble (Figur 32 och 33). Dessa visar att samtliga ingående klimatscenarier visar ökning av årsnederbörden, dock till olika grad.

Bilaga 1 visar också robustetskarter från scenariotjänsten (Figur 36). Robustheten visar hur stor andel av de ingående klimatscenarierna som ger ökad nederbörd. Om många modeller visar en ökning eller minskning är det ett säkert resultat. Om antalet modeller däremot fördelar sig förhållandevis jämnt mellan ökning och minskning är resultatet inte robust med avseende på om en förändring visar en ökning eller minskning. Robustetskarterna för scenariotjänsten visar att i princip alla ingående klimatscenarier även här är eniga om en ökning av årsnederbörden.

3.3.4 Sommarmedelnederbörd

Figur 17 visar skillnaden i sommarmedelnederbörd mellan scenariotjänsten och länsanalyserna i slutet av seklet. Sommar är här definierat som juni-juli-augusti. Kartorna visar både områden med mer och mindre nederbörd i scenariotjänsten än i länsanalyserna. Generellt visar RCP4.5 större positiv skillnad mellan scenariotjänsten och länsanalysen än i RCP8.5, även om mönstret i kartorna är lika, vilket tyder på en systematisk skillnad mellan ensemblerna. Kartorna har stora likheter med jämförelsen mellan GridClim och PTHBV (Figur 12), vilket betyder att referensdata påverkar skillnaderna mellan ensemblerna i stor grad. Jämförelsen visar även samma tendens till förskjutning av nederbörden längs västkusten.



Figur 17. Skillnad i sommarnederbörd i slutet av seklet mellan scenariotjänsten och länsanalyserna enligt scenario RCP4.5 (vänster) och RCP8.5 (höger).

Kartor som visar den minsta och största förändringen av sommarnederbörden till slutet av seklet som finns inom länsanalysernas ensemble (Bilaga 1, Figur 34 och 35) visar att en eller flera av de ingående klimatscenerierna visar minskning av sommarnederbörden i södra Sverige, medan andra visar en ökning. Det betyder att resultatet för sommarnederbörden i södra Sverige är osäkert. Robusthetskartorna från scenariotjänsten visar att upp till hälften av de ingående klimatscenerierna uppvisar en minskning av nederbörden. Signalen är mest osäker för inre Götaland och RCP8.5. Budskapet kvarstår att det är osäkert hur sommarnederbörden i södra Sverige kommer att förändras i framtiden.

3.4 Klimatsignal hydrologi

Enligt Tabell 5 finns flera skillnader mellan de hydrologiska beräkningarna i länsanalyserna och scenariotjänsten. Här förs ett resonemang kring vilken påverkan de olika skillnaderna kan ha.

- Referensperioden skiljer sig åt. Länsanalysernas referensperiod 1963–1992 har över lag mindre nederbörd och en mindre medelavrinning (Lindström, 2022) men också fler stora vårflöden än scenariotjänstens referensperiod 1971–2000. De här skillnaderna uppstår på grund av den naturliga variabiliteten. Den har en viss inverkan på bias-justering och klimatförändringssignalen, men ju längre fram i tiden man tittar, dvs ju tydligare klimatförändringssignalen blir, ju mindre roll spelar inverkan av den naturliga variabiliteten och andra faktorer såsom utsläppsscenarioer eller val av GCM spelar större roll. Den naturliga variabiliteten har dock generellt större inverkan på statistik på extrema värde och i dem väntas större skillnader i klimatförändringssignalerna på grund av olika referensperioder.
- Klimatscenarioperioderna skiljer sig åt något (2069–2098 respektive 2071–2100), men bedöms inte ha någon betydande påverkan på resultatet.
- Urvalet av klimatscenerierna som ingår i beräkningen skiljer sig åt. Dessa skillnader bedöms kunna ha stor påverkan på resultatet.
- Utveckling av biasjusteringen har gjorts, men det är oklart vilken påverkan det kan ha på resultatet.
- Att olika modeller och modelluppsättningar (HBV-Sverige och S-HYPE) har använts vid beräkningarna bedöms kunna ha stor påverkan på resultatet på flera sätt.
 - Modellerna har olika sätt att i detalj beräkna vissa hydrologiska processer, till exempel avdunstning och snösmältning.
 - HBV-Sverige och S-HYPE beräknas i olika skalor. Det är 1000 områden i HBV-Sverige och 36 000–40 000 områden i S-HYPE beroende på version. Vissa skillnader, främst vad gäller höga och låga flöden, kan bero på att vissa hydrologiska processer skiljer sig i olika skalor.

- Variablerna för lokal tillrinning skiljer sig något åt, se stycke 3.5. Detta har antagligen inte så stor betydelse.

- I scenariotjänsten visas reglerad vattenföring, men även markavrinning, som är opåverkat av regleringen. I länsanalyserna är alla flöden oreglerade. Detta påverkar resultatet, men de flesta jämförelser i denna rapport görs mellan lokal tillrinning från länsanalyserna och lokal tillrinning från underlaget till scenariotjänsten som är opåverkat av regleringar.

Sammanfattningsvis är det skillnader i urvalet av klimatscenerierna och den hydrologiska modellen som har störst betydelse och som analyseras närmare för olika index nedan.

I jämförelsen av de hydrologiska indexen visas förändringen till slutet av seklet i fyra olika sorters kartor:

- Kartor framtagna för länsanalyserna med resultat från HBV-Sverige, ca 1000 avrinningsområden.
- Kartor framtagna i samband med länsanalyserna med resultat från S-HYPE, knappt 37 000 områden.
- Kartor producerade från underlagsdata till scenariotjänsten och presenterade som lokal tillrinning för att vara jämförbara med länsanalysdata. Beräkningarna är gjorda med S-HYPE, ca 40 000 områden.
- Kartor direkt från scenariotjänsten, där resultatet visas för 262 avrinningsområden.

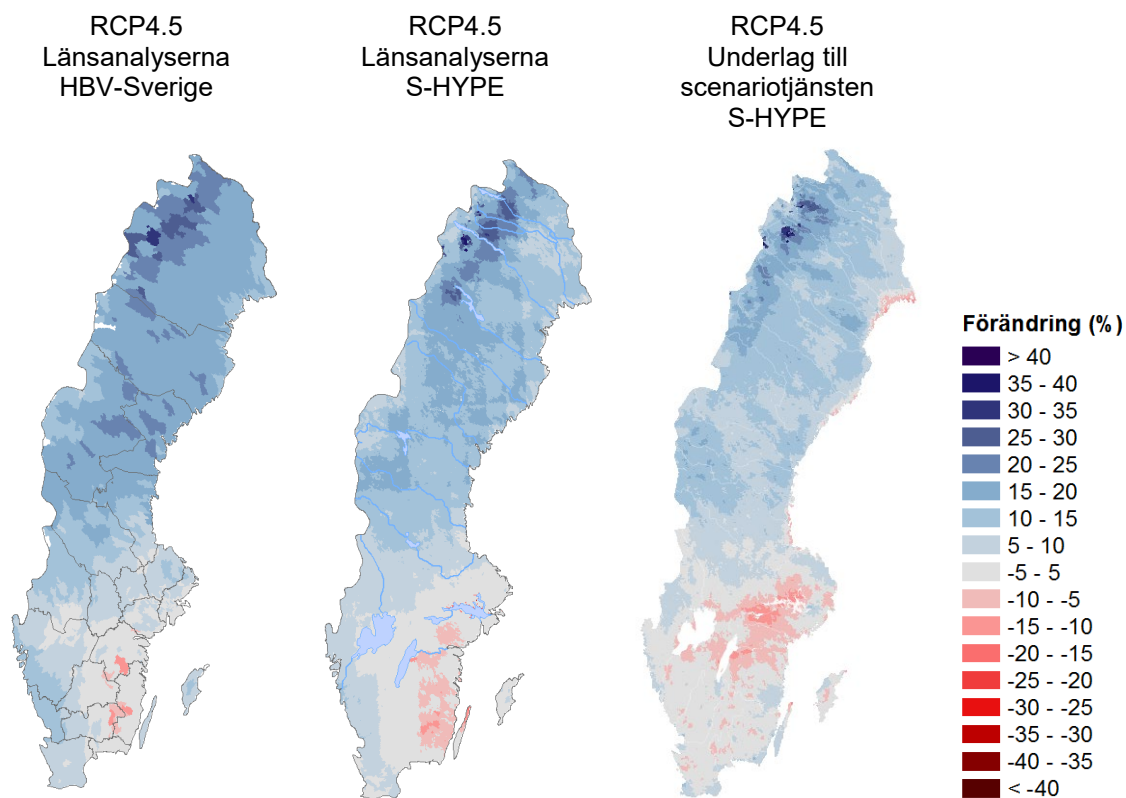
I alla kartor visas ett medelvärde av alla de ingående ensemblemedlemmarna.

3.4.1 Lokal medeltillrinning, årsmedel

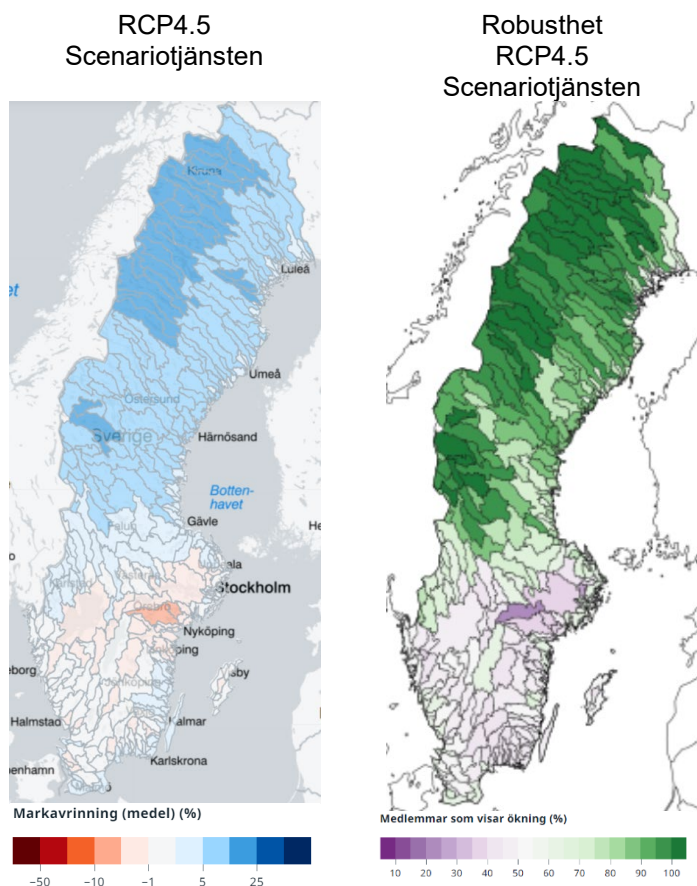
Figur 18 (RCP4.5) och Figur 20 (RCP8.5) visar förändringen i den lokala årsmedeltillrinningen mellan referensperioden och perioden i slutet av seklet, för länsanalyserna (HBV-Sverige och S-HYPE) samt från underlaget till scenariotjänsten (S-HYPE). Trots att nederbörden beräknas öka i ett framtida klimat syns en minskad tillrinning i delar av södra Sverige. Det beror på att även avdunstningen ökar i ett varmare klimat.

Beräkningarna som gjordes med de båda hydrologiska modellerna till länsanalyserna har ett liknande resultat, men generellt visar HBV-Sverige en något större ökning av tillrinningen än S-HYPE. Underlaget till scenariotjänsten har en mindre ökning av tillrinningen och ett större område med minskad tillrinning än beräkningarna från länsanalyserna. Eftersom avvikelsen är ungefär lika stor i hela landet är det troligt att den främst beror på att olika klimatscenerier med olika upplösning och olika biasjusteringsmetoder har använts i beräkningarna. Analys av skillnader i årsmedelnederbörd (Figur 16) visar att ensemblen som använts till scenariotjänsten generellt har mindre nederbörd, vilket kan förklara skillnaderna i tillrinning. Analyser visar att skillnaden i årsmedeltemperatur mellan länsanalyserna och scenariotjänsten generellt är liten (Figur 14) och därför beror troligtvis inte skillnaderna i tillrinningen på skillnader i temperatur.

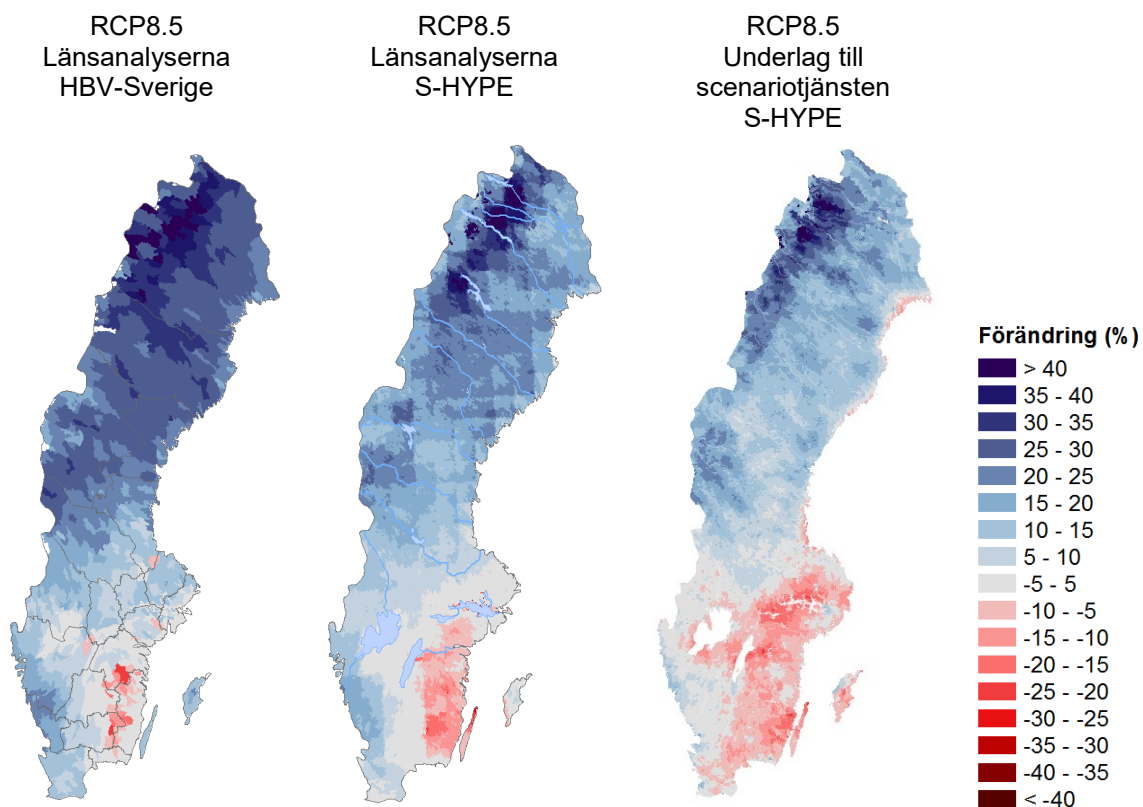
I scenariotjänsten (Figur 19 och Figur 21) visas lokal tillrinning som areaviktat medelvärde för de 262 BARO-områdena och mönstret är mycket likt underlaget till scenariotjänsten som visas för de ca 40 000 områdena i S-HYPE. I scenariotjänsten visas också robustheten för beräkningarna. Beräkningarna bygger på en stor modellensemble och ju större andel av modellerna i ensemblen som pekar åt samma håll, desto mer robust är resultatet. Om många modeller visar en ökning eller minskning är det ett säkert resultat. Om antal modeller däremot fördelar sig förhållandevis jämnt mellan ökning och minskning är resultatet inte robust med avseende på om en förändring visar en ökning eller minskning. För lokal medeltillrinning (markavrinning) (Figur 19 och Figur 21) är ökningen i norra Sverige säker för både RCP4.5 och RCP8.5. För RCP8.5 är även minskningen i de östra delarna av Svealand säker. I övriga delar av landet är ändringsignalen svagare och mer osäker.



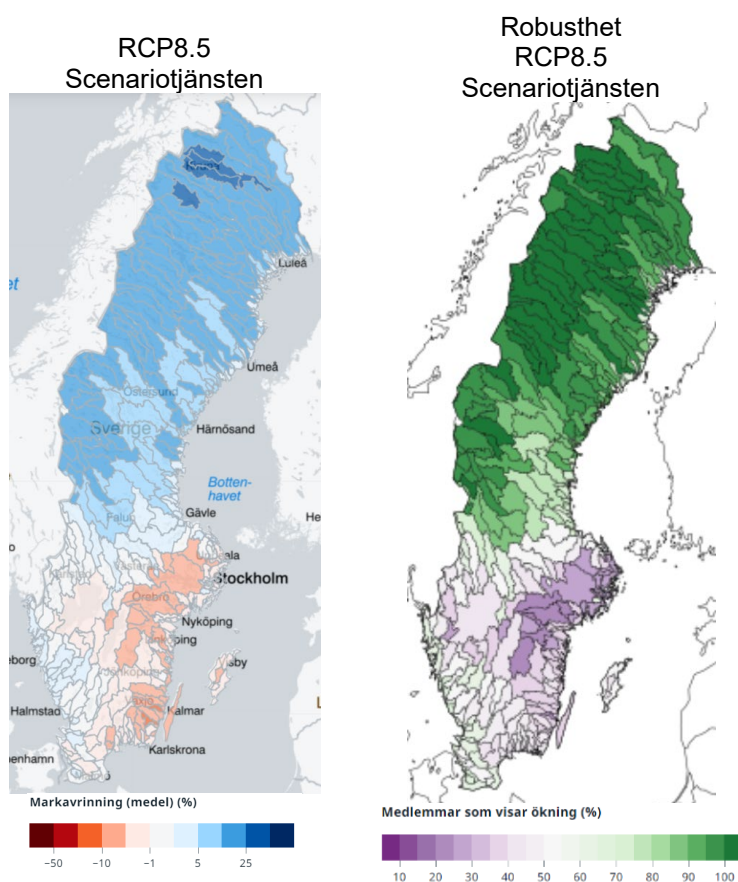
Figur 18. Förändring i lokal medeltillrinning från referensperioden (1963–1992 resp. 1971–2000) till slutet av seklet (2069–2098 resp. 2071–2100) för scenario RCP4.5.



Figur 19. Till vänster, förändring av lokal tillrinning (markavrinning) för RCP4.5 från referensperioden (1971–2000) till slutet av seklet (2071–2100) för scenario RCP4.5. Till höger ett mått på robustheten för denna förändring, hur många modeller i beräkningen som visar en ökad förändring.



Figur 20. Förändring i lokal medeltillrinning från referensperioden (1963–1992 resp. 1971–2000) till slutet av seklet (2069–2098 resp. 2071–2100) för scenario RCP8.5.



Figur 21 Till vänster, förändring av lokal tillrinning (markavrinning) för RCP8.5 från referensperioden (1971–2000) till slutet av seklet (2071–2100) för scenario RCP4.5. Till höger ett mått på robustheten för denna förändring, hur många modeller i beräkningen som visar en ökad förändring.

3.4.2 Lokal säsongstillrinning

I Bilaga 2, Figur 38 till Figur 53, visas kartor från länsanalyserna över förändringen av den lokala säsongsmedelstillrinningen för slutet av seklet jämfört med referensperioden. Även motsvarande månadskartor från scenariotjänsten visas.

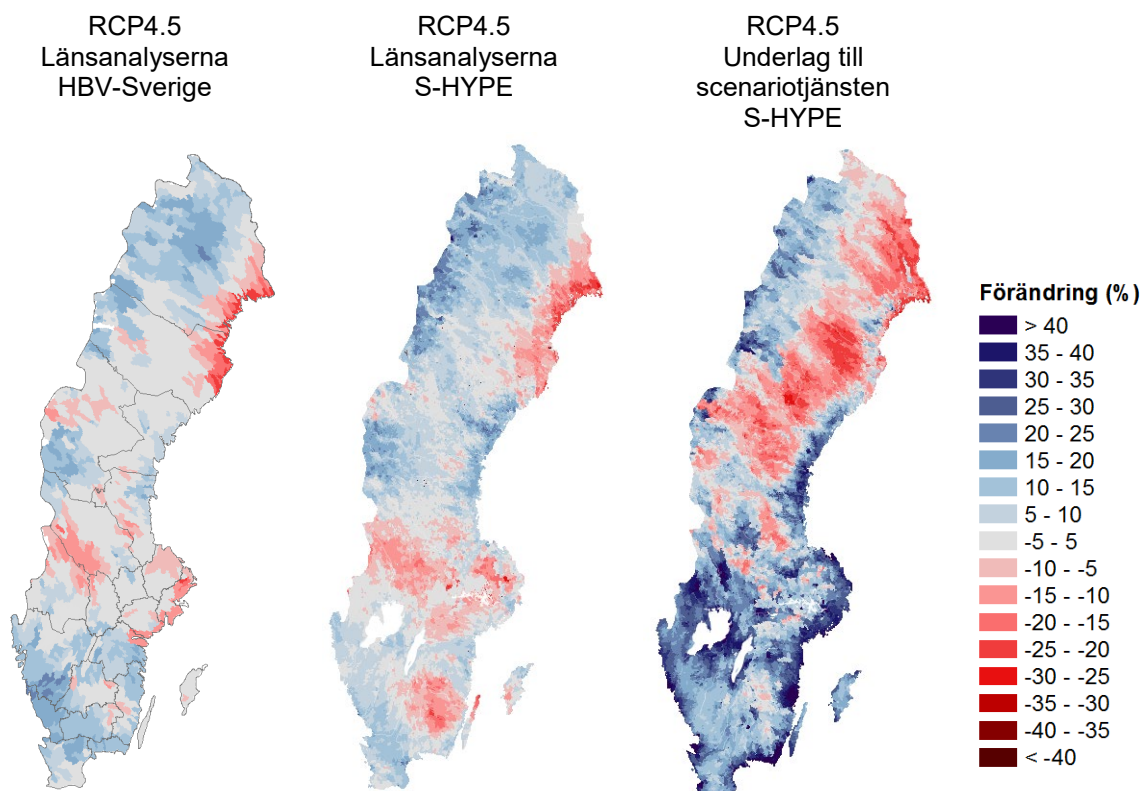
För vintern och våren är resultaten relativt lika mellan de olika beräkningarna, men för sommaren och hösten är skillnaderna större. Scenariotjänsten visar en ökning av sommartillrinningen i delar av södra Sverige där länsanalyserna istället visade en minskning. För dessa är dock robustheten låg, dvs. ensemblemedlemmarna i scenariotjänsten är inte samstämmiga. Scenariotjänsten visar också ett större område med minskad tillrinning under hösten än vad länsanalyserna gör. Det är troligt att dessa skillnader främst beror på att olika hydrologiska modeller har använts, men kan också bero på att olika ensembler har använts. Ytterligare analyser avseende skillnader mellan HBV-Sverige och S-HYPE behövs för att förklara skillnaderna i resultaten.

3.4.3 Lokal tillrinning med återkomsttid 10 år

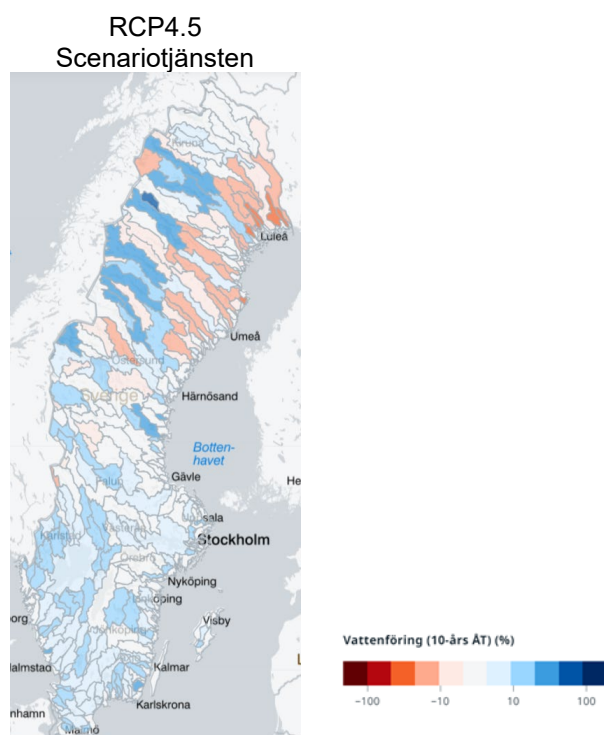
Med 10-årstillrinning menas en tillrinning som i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under en 10-årsperiod. Figur 22 och Figur 24 visar förändring i lokal 10-årstillrinning mellan referensperioden och perioden i slutet av seklet för länsanalyserna (HBV-Sverige och S-HYPE) samt från underlaget till den nya scenariotjänsten (S-HYPE). Resultatet skiljer sig mellan olika delar av landet, men i grova drag visar beräkningarna en ökning i södra Sverige och en minskning i delar av norra Sverige.

Resultaten för 10-årstillrinning från HBV-Sverige och S-HYPE i länsanalyserna är relativt lika. I underlaget till scenariotjänsten är förändringarna generellt större, både vad gäller ökad och minskad 10-årstillrinning. Det framkommer ett större område i Norrland med minskad 10-årstillrinning och flera områden i södra Sverige med en större ökning i 10-årstillrinning. Svealand hade i länsanalyserna en minskad 10-årstillrinning, men har i underlaget till scenariotjänsten en ökad 10-årstillrinning. Den troligaste förklaringen till dessa skillnader är att olika klimatensembler har använts i de båda beräkningarna.

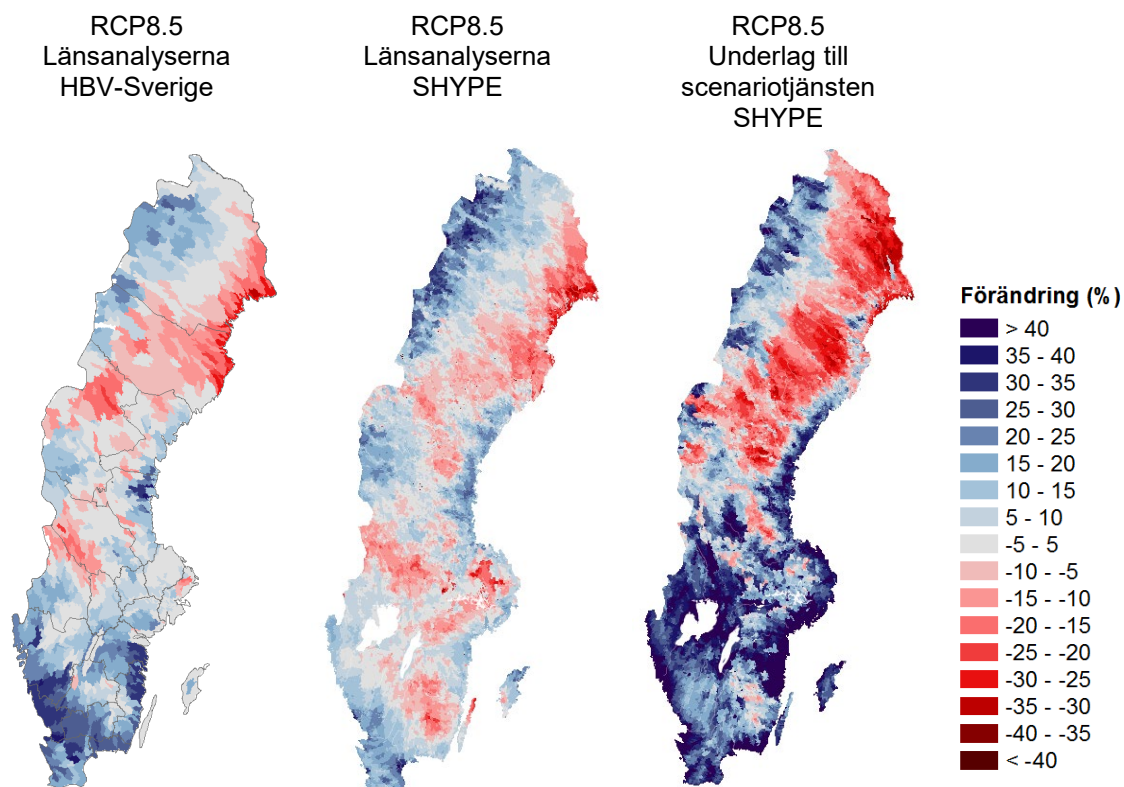
I scenariotjänsten (Figur 23 och Figur 25) visas inte förändring i lokal tillrinning med en återkomsttid på 10 år utan i stället presenteras förändring av den reglerade vattenföringen med en återkomsttid på 10 år. Det gör att mönstret ser något annorlunda ut jämfört med underlaget till scenariotjänsten i Figur 22 och Figur 24 då de kraftigt reglerade vattendragen generellt får en större ökning av 10-årsflödet. Dessutom kan skillnaderna bero på att olika skalor har använts, 40 000 områden i underlaget och 262 i scenariotjänsten. Olika hydrologiska processer kan orsaka höga flöden på olika skalor.



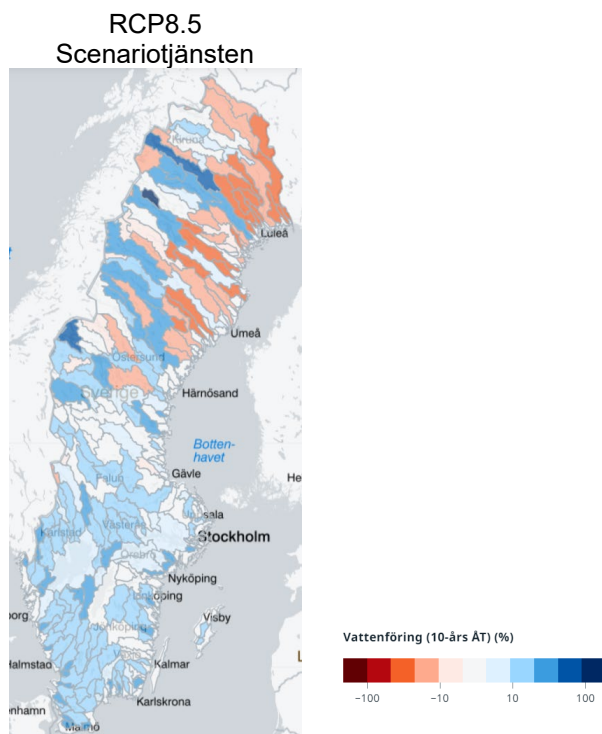
Figur 22. Förändring i lokal 10-årstillrinning från referensperioden (1963–1992 resp. 1971–2000) till slutet av seklet (2069–2098 resp. 2071–2100) för scenario RCP4.5.



Figur 23. Förändring i reglerat 10-årsflöde från referensperioden (1971–2000) till slutet av seklet (2071–2100) för scenario RCP4.5.



Figur 24. Förändring i lokal 10-årstillrinning från referensperioden (1963–1992 resp. 1971–2000) till slutet av seklet (2069–2098 resp. 2071–2100) för scenario RCP8.5.

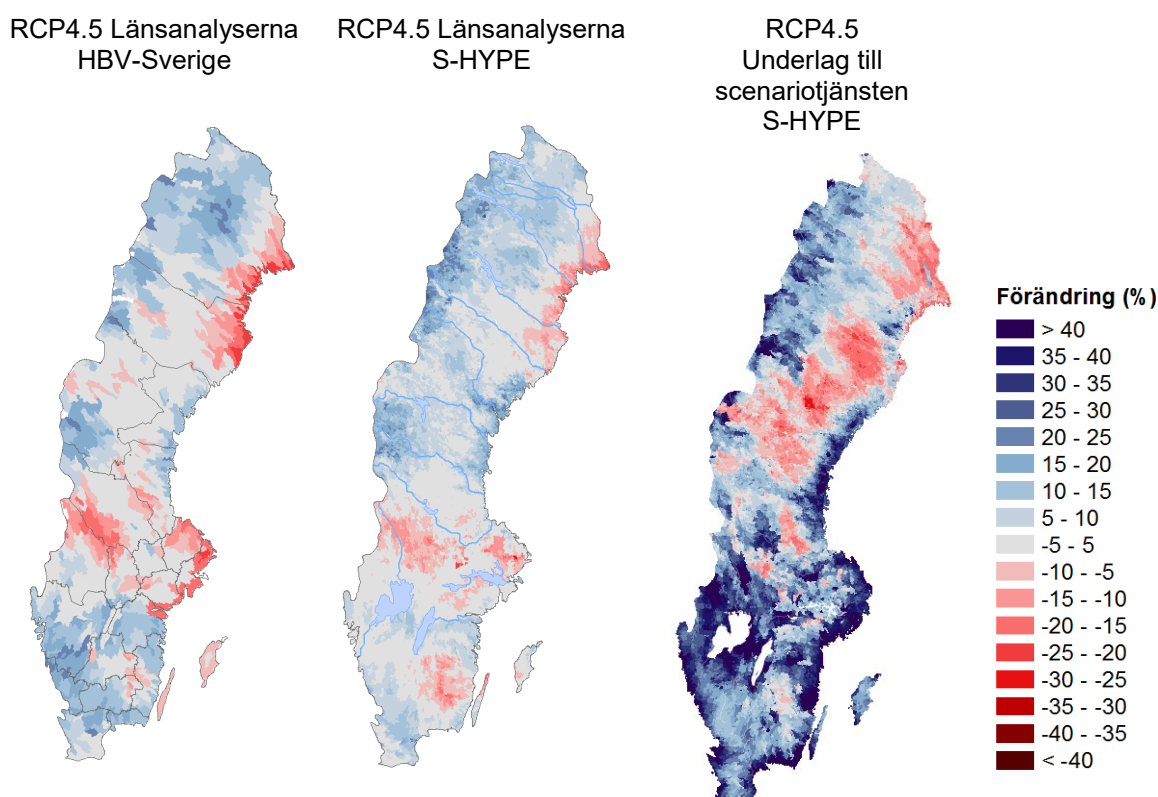


Figur 25. Förändring i reglerat 10-årsflöde från referensperioden (1971–2000) till slutet av seklet (2071–2100) för scenario RCP8.5.

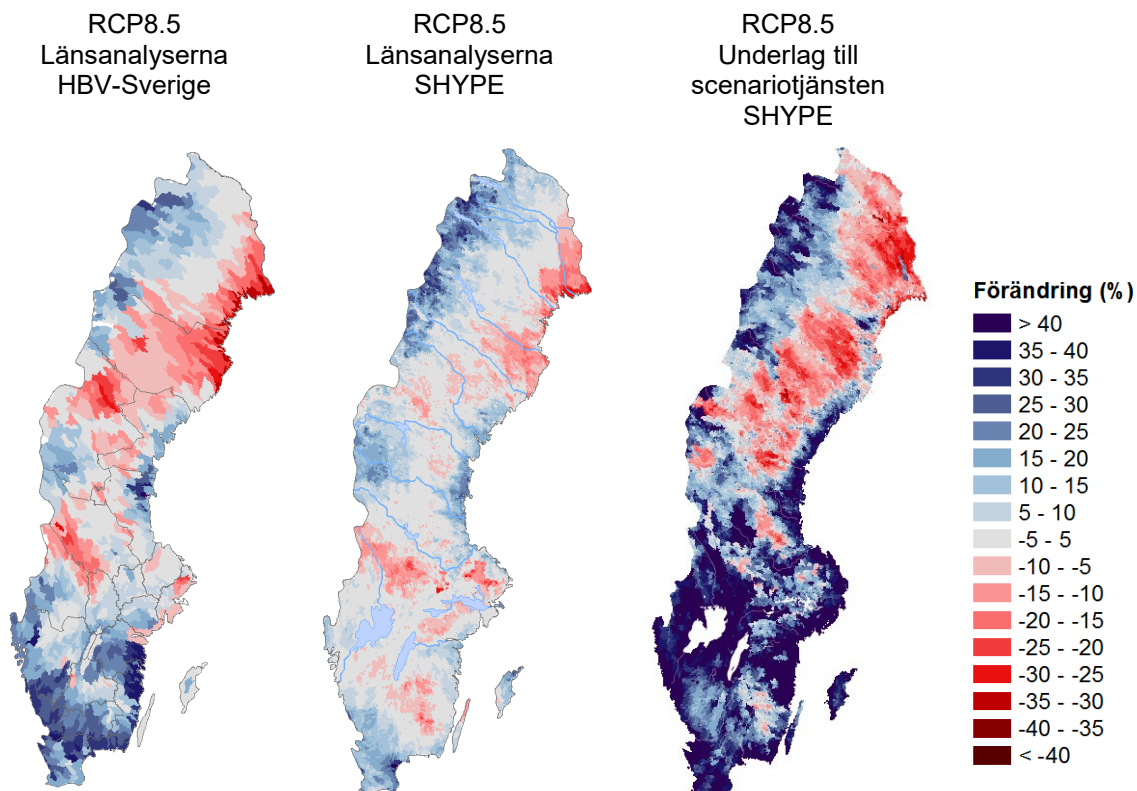
3.4.4 Lokal tillrinning med återkomsttid 100 år

Med 100-årstillrinning menas en tillrinning som i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under en 100-årsperiod. Figur 26 och Figur 27 visar förändring i lokal 100-årstillrinning mellan referensperioden och perioden i slutet av seklet för länsanalyserna (HBV-Sverige och S-HYPE) samt från underlaget till den nya scenariotjänsten (S-HYPE). Förändringen av vattenföringen med 100-års återkomsttid presenteras inte på scenariotjänsten och ingår därför inte som kartunderlag i denna rapport. Resultatet skiljer sig mellan olika delar av landet, men i grova drag visar beräkningarna på en ökad 100-årstillrinning i södra Sverige och en minskad i delar av norra Sverige.

Resultaten för 100-årstillrinning från HBV-Sverige och S-HYPE i länsanalyserna är relativt lika, men beräkningarna som gjordes med HBV-Sverige har generellt större förändringar av 100-årstillrinningen till slutet av seklet, både i ökad och minskad 100-årstillrinning. I underlaget till scenariotjänsten är förändringarna ännu större och det finns ett stort område i norra Sverige med minskad 100-årstillrinning samt en tydlig ökning av 100-årstillrinningen i södra Sverige. Speciellt i Svealand är skillnaderna mellan de olika beräkningarna stora. Där ger länsanalyserna en minskad 100-årstillrinning medan underlaget till scenariotjänsten ger ökad 100-årstillrinning. Eftersom HBV och S-HYPE ger liknande resultat i länsanalysen är den troligaste förklaringen till skillnaderna mellan länsanalyserna och scenariotjänsten att olika klimatenssembler har använts i de båda beräkningarna.



Figur 26. Förändring i lokal 100-årstillrinning från referensperioden (1963–1992 resp. 1971–2000) till slutet av seklet (2069–2098 resp. 2071–2100) för scenario RCP4.5.



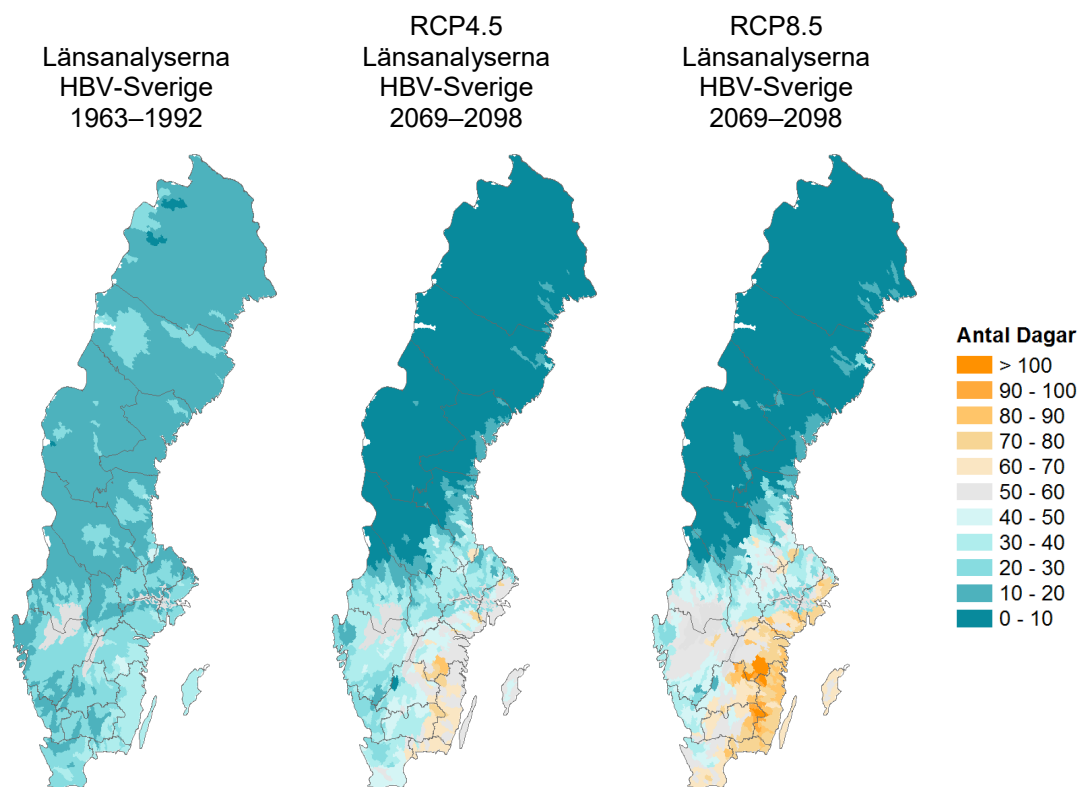
Figur 27. Förändring i lokal 100-årstillrinning från referensperioden (1963–1992 resp. 1971–2000) till slutet av seklet (2069–2098 resp. 2071–2100) för scenario RCP8.5.

3.4.5 Antal dagar med låg tillrinning

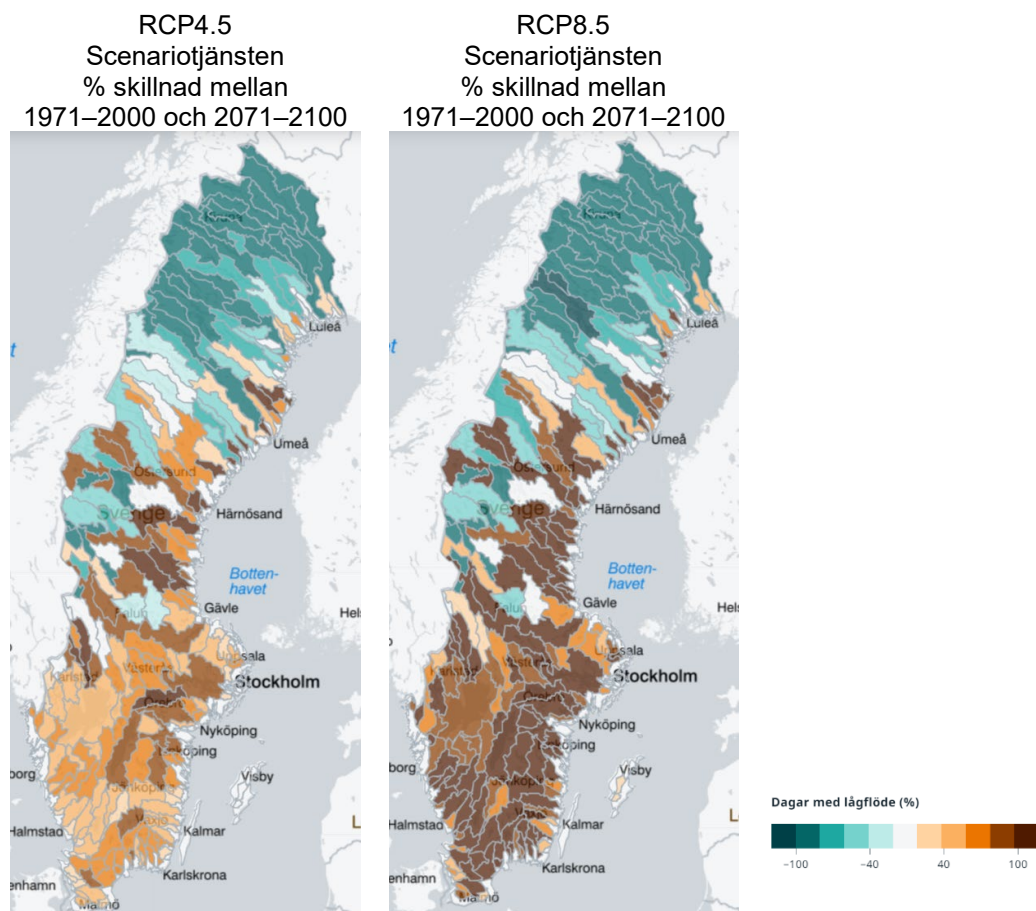
Figur 28 visar kartor för låg tillrinning från länsanalyserna och Figur 29 visar lågflödeskartor från scenariotjänsten. Sättet de presenteras på skiljer sig dock mycket åt. I länsanalyserna visas antal dagar per år då tillrinningen är lägre än medeltillrinningen för perioden 1963–1992, dels för referensperioden och dels för slutet på seklet. I scenariotjänsten visas istället skillnaden i procent i antal dagar per år med lågflöde mellan perioderna 1971–2000 och 2071–2100. Dessa beräkningar utgår dessutom från reglerade vattenflöden.

Resultatet från länsanalyserna (Figur 28. Antal dagar per år med låg tillrinning för referensperioden och slutet av seklet för RCP4.5 och RCP8.5. Låg tillrinning definieras här som ett medelvärde av varje års lägsta tillrinning för referensperioden 1963–1992. Figur 28) visar en minskning av antalet dagar med låg tillrinning för de norra delarna av landet och en ökning i de södra delarna. Speciellt stor är ökningen i de sydöstra delarna. Även i kartorna från scenariotjänsten (Figur 29) syns en ökning av antal dagar med lågflöden i de södra delarna av landet, men också i delar av norra Sverige. I norra Sverige skiljer sig förändringen mycket mellan närliggande områden.

Vad dessa skillnader beror på behöver undersökas mer noggrant. Det är dock troligt att skillnaderna beror på att de hydrologiska modellerna är olika, men också på att beräkningarna i scenariotjänsten baseras på reglerade flöden.



Figur 28. Antal dagar per år med låg tillrinning för referensperioden och slutet av seklet för RCP4.5 och RCP8.5. Låg tillrinning definieras här som ett medelvärde av varje års lägsta tillrinning för referensperioden 1963–1992.



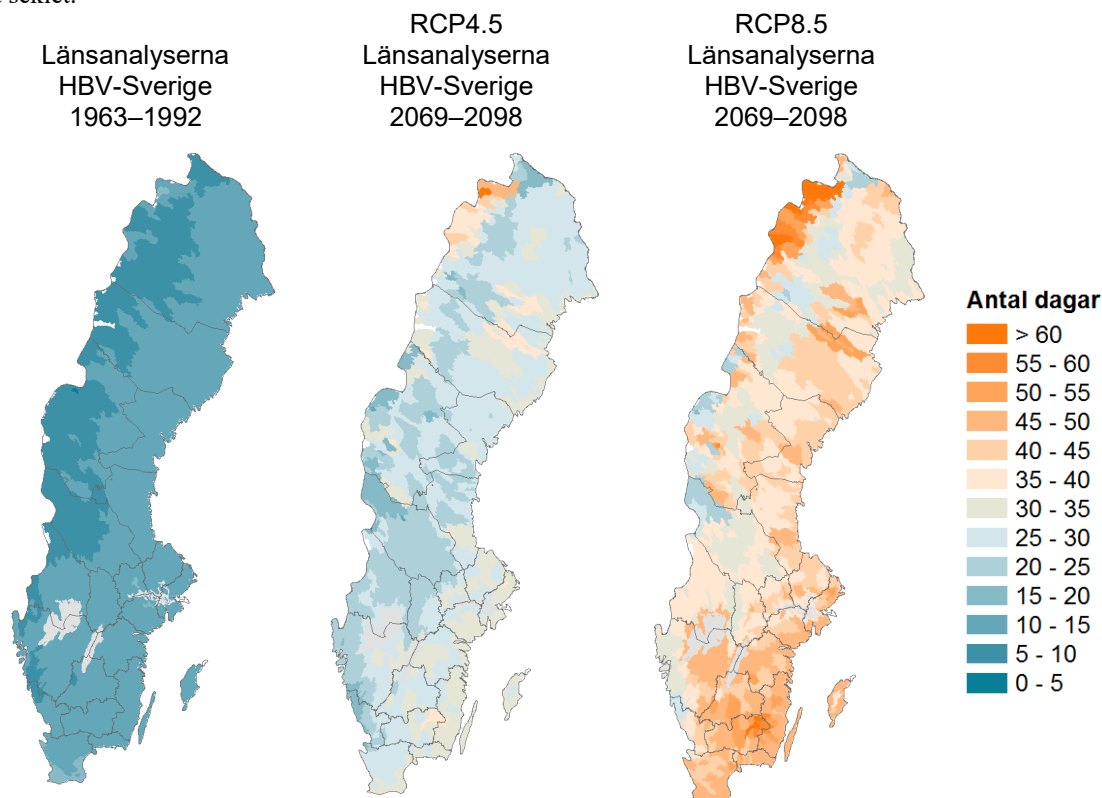
Figur 29. Förändring i antal dagar med lågflöde för reglerad vattenförsörjning från referensperioden (1971–2000) till slutet av seklet (2071–2100) för scenario RCP4.5 och RCP8.5.

3.4.6 Markfuktighet

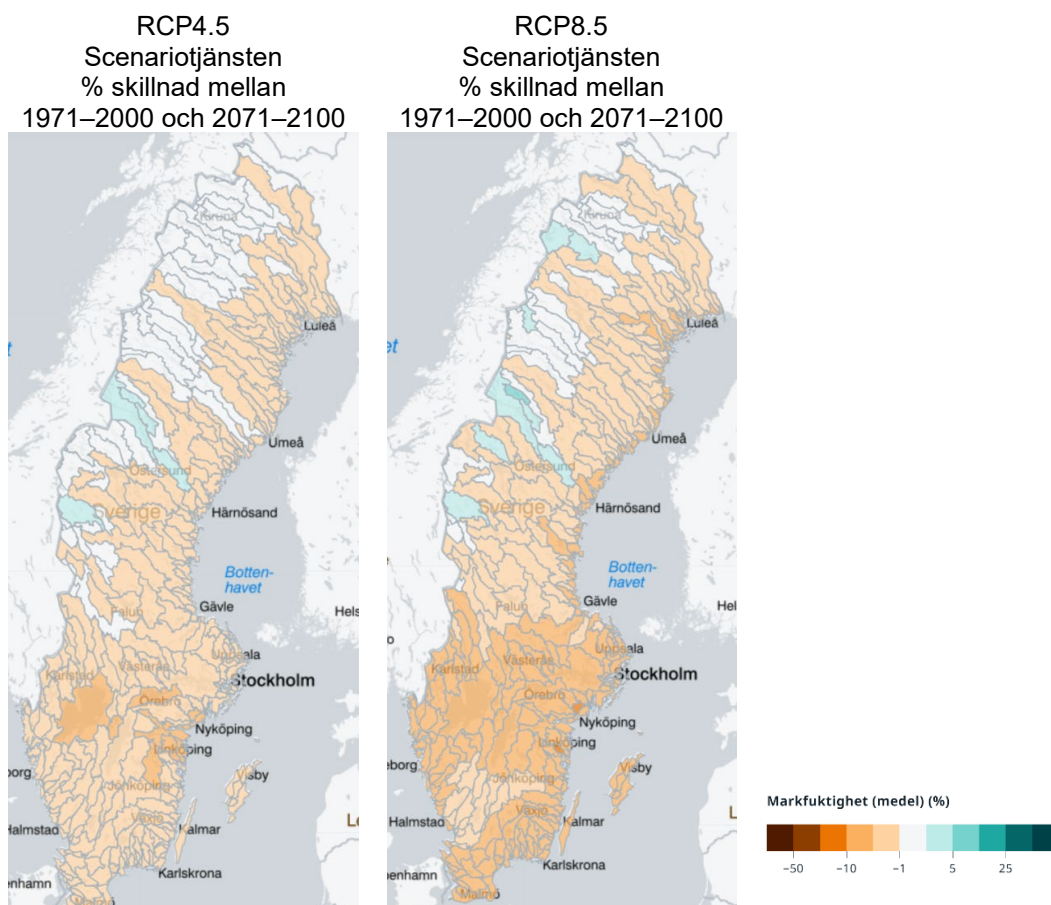
Figur 30 visar kartor från länsanalyserna för antal dagar med låg markfuktighet, dels för referensperioden och dels för slutet på seklet. Där syns en ökning av antal dagar med låg markfuktighet i hela landet.

Figur 31 visar kartor från scenariotjänsten, där markfuktigheten istället visas som skillnad i procent i medelmarkfuktighet mellan perioden 1971–2000 och 2071–2100.

Eftersom de olika underlagen visar olika mått på markfuktighet går de inte att jämföra direkt. Det är ändå tydligt att markfuktigheten minskar i nästan hela landet. Båda beräkningarna pekar alltså på lägre markfuktighet i slutet på seklet.



Figur 30. Antal dagar per år med låg markfuktighet för referensperioden och slutet av seklet för RCP4.5 och RCP8.5. Låg markfuktighet definieras här som ett medelvärde av varje års lägsta markfuktighet för referensperioden 1963–1992.



Figur 31. Förändring i medelmarkfuktighet från referensperioden (1971–2000) till slutet av seklet (2071–2100) för scenario RCP4.5 och RCP8.5.

4. Slutsats

I föreliggande rapport har ett antal grundläggande klimatparametrar som presenteras i länsanalyserna och scenariotjänsten jämförts. Syftet är att beskriva storleken på skillnader i beskrivningen av dagens och framtidens klimat, inte att utvärdera metoderna. Eftersom länsanalyserna och scenariotjänsten har många olikheter i metodik är det svårt att göra en rättvisande jämförelse. Att de olika dataseten har olika rumsliga skalor gör att det ibland är omöjligt att göra en direkt jämförelse. För att uppskatta den relativa betydelsen av olika metodmässiga skillnader (t.ex. referensdata, modellversioner, referensperioder, biasjustering) behöver mer djupgående analyser göras.

De två dataunderlagen har olika referensperiod vilket är viktigt att vara medveten om vid användning av resultaten. Uppvärmningen är ca 0,25–0,5 grader mellan de två perioderna på årsbasis. Vintertid är uppvärmningen större. Den senare referensperioden är också blötare, upp till 12 % mer årsnederbörd. Detta är något som påverkar bias-justeringen och därmed kan ge skillnader resultaten i klimatscenerierna i slutet av seklet.

Jämförelsen mellan referensdataseten GridClim och PTHBV visar på en systematisk skillnad som delvis kan kopplas till topografi. Dataseten bearbetar observationer på olika sätt, exempelvis gällande höjdkorrigerings, vilket är en av förklaringarna till skillnaderna. Generellt ligger skillnaderna mellan -0,5 - +0,5 grader i årsmedeltemperatur, men i framförallt Norrland finns större skillnader. Vintersäsongen visar ännu större skillnader, där GridClim är systematiskt varmare än PTHBV. Skillnaden ökar med höjden, ungefär 0,13 grader per 100 meter. Nederbörden är generellt lite lägre i GridClim än i PTHBV, både på helår och sommar. Här finns också systematiska skillnader som troligen kan kopplas till datasetens framtagande och upplösning. Båda dataseten har styrkor och svagheter, och det går inte i nuläget att visa att det ena är bättre än det andra. Då båda dataseten används för bias-justering påverkar skillnaderna även klimatscenerierna.

Klimatscenerierna från de två dataunderlagen jämfördes för temperatur och nederbörd i slutet av seklet. Generellt är skillnaderna små, -0,5 - +0,5 grader, men i vissa områden är scenariotjänsten lite varmare än länsanalyserna, 0,5–1,0 grader. Scenariotjänsten är betydligt varmare på vintern jämfört med länsanalyserna, i Götaland ca 1 grad,

och längre norrut 1 – ca 4 grader. Jämförelsen tyder på att skillnaden i referensdataset (GridClim och PTHBV) har betydelse för resultatet. Generellt visar scenariotjänsten mindre nederbörd än länsanalyserna, mellan 0 och 20 % (lite mer i fjällkedjan) men det finns även områden med mer nederbörd. Sommartid är signalen mer varierande inom landet. Jämförelserna tyder på att referensdata påverkar den geografiska fördelningen av nederbörden i stor grad. Skillnaderna i framtidsklimatet för meteorologiska parametrar hos scenariotjänsten och länsanalyserna bedöms främst bero på olika modellensembler och olika referensdata.

Skillnader mellan de hydrologiska resultaten i länsanalyserna och scenariotjänsten beror i huvudsak på tre faktorer, att olika klimatensembler har använts, att olika hydrologiska modeller har använts och att scenariotjänsten visar reglerad vattenföring medan länsanalysernas resultat är utan regleringar. I länsanalyserna ingick beräkningar med både HBV-Sverige och S-HYPE, som i övrigt hade samma förutsättningar. Därför kan resultat från de beräkningarna ge en bild av hur stor påverkan valet av hydrologisk modell har på resultaten.

Beräkningarna i länsanalyserna och i scenariotjänsten har utgått från olika globala och regionala klimatscenarioer. Det kan ha stor påverkan på resultatet. Scenariotjänsten har en mindre ökning av den lokala medeltillrinningen och ett större område med minskad lokal medeltillrinning än länsanalyserna. Detta ligger i linje med analyserna av årsnederbörden (Figur 16), där ensemblen som använts till scenariotjänsten har generellt mindre nederbörd (även om den hydrologiska ensemblen är mindre än den meteorologiska). Alltså är det troligt att skillnaderna i medeltillrinning mellan länsanalyserna och scenariotjänsten främst beror på att olika klimatensembler har använts. Även för 10-årstillrinning och 100-årstillrinning är det troligt att förändringarna främst bero på att olika klimatensembler använts.

Vissa skillnader beror på att de hydrologiska beräkningarna i länsanalyserna gjordes med HBV-Sverige och i scenariotjänsten med S-HYPE. För den lokala tillrinningen för olika säsonger märks i vissa fall stora skillnader mellan länsanalysernas beräkningar med HBV-Sverige och S-HYPE. Det indikerar att skillnaderna till viss del beror på att olika modeller har använts i beräkningarna. Skillnaderna kan bero både på att processerna beskrivs på olika sätt i de olika modellerna, men också på att skalan skiljer sig åt mellan områdena i HBV-Sverige och S-HYPE. Olika hydrologiska processer orsakar höga tillrinningar på olika skalor, som HBV-Sveriges 1000 områden jämfört med S-HYPE:s ca 40 000 områden. Det behöver utredas ytterligare vad skillnaderna mellan resultatet från HBV-Sverige och SHYPE beror på.

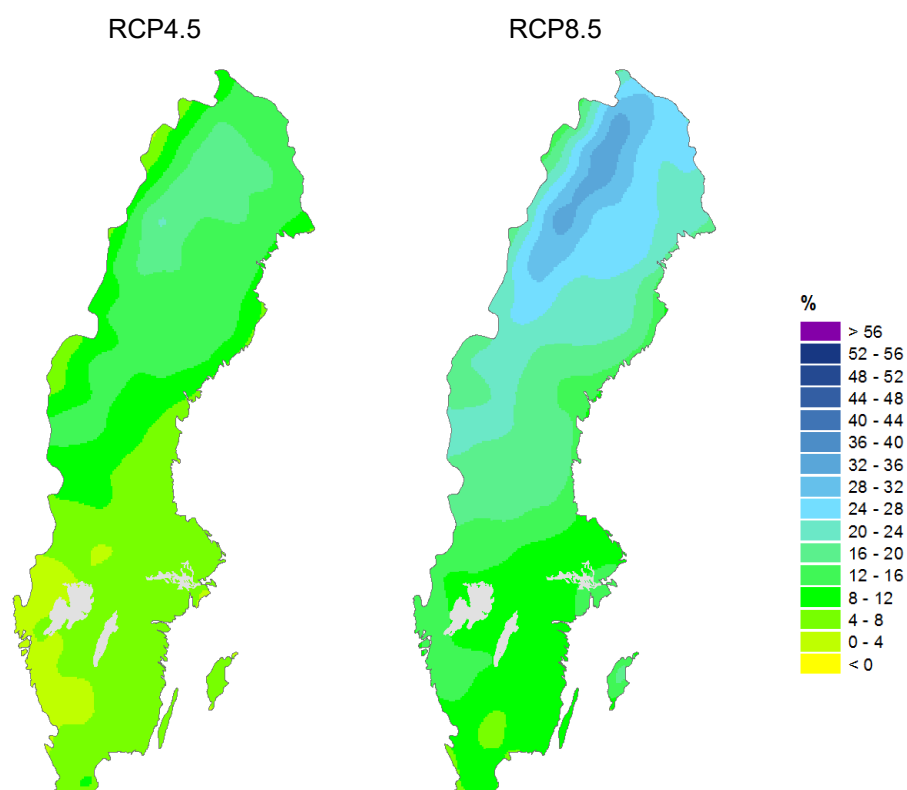
I scenariotjänsten visas förändring i reglerad vattenföring, med antagandet att magasinen i framtiden kommer att regleras på samma sätt som idag. Det gör att resultatet skiljer sig från länsanalyserna, där oreglerad tillrinning visas. Skillnaderna märks på 10-årsvattenföringen, där förändringarna inte bara beror på klimatsignalen utan också regleringsgrad och där områden med en stor regleringsgrad generellt har en större ökning av 10-årsflödet. Under 2023 kommer troligtvis scenariotjänsten att kompletteras med vattenföring som är opåverkad av regleringar.

Sammanfattningsvis finns det skillnader mellan det framtida klimatet i länsanalyserna och i scenariotjänsten. För vissa index är den framtida utvecklingen samstämmig mellan de båda dataseten. För andra index är skillnaderna stora, som till exempel vintertemperatur, säsongstillrinning och lågflöden. Dessa beror på skillnader i metodik, i huvudsak avseende referensdata, ensembler av klimatmodeller och hydrologisk modellering. Dessutom används reglerad vattenföring i scenariotjänsten vilket påverkar resultaten. Det är komplicerat att uppskatta den relativa betydelsen av olika metodmässiga skillnader, men det är inte syftet med denna rapport. Syftet är inte heller att ge några rekommendationer, utan att belysa och tydliggöra de olika skillnaderna för användare av SMHI:s data.

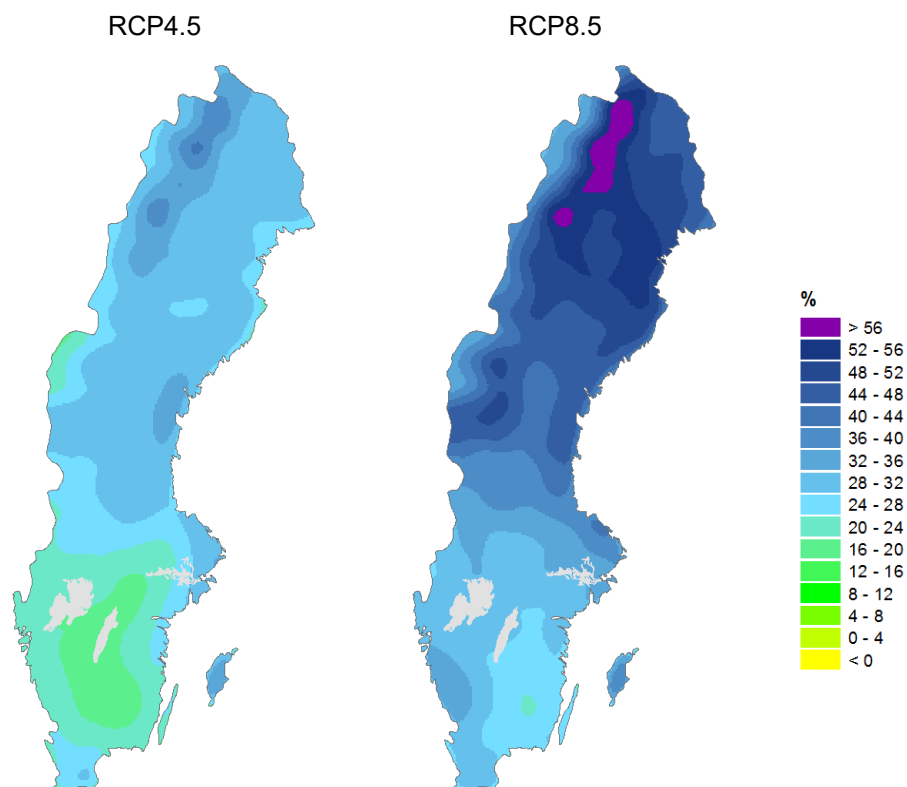
5. Referenser

- Andersson, S., Barring, L., Landelius, T., Samuelsson, P., Schimanke, S. (2021) *SMHI Gridded Climatology*. RMK 118.
- Berg, P., Bosshard, T., Yang, W., & Zimmermann, K. (2021). *MidAS version 0.1 - framtagande och utvärdering av ett nytt verktyg för biasjustering*, KLIMATOLOGI, 63, SMHI.
- Berg, P., Bosshard, T., Yang, W., & Zimmermann, K. (2022). *MidASv0.2.1 – Multi-scale bias Adjustment*. *Geoscientific Model Development*, 15(15), 6165-6180, doi: 10.5194/gmd-15-6165-2022
- CMIP5 (2011) WCRP Coupled Model Intercomparison Project – Phase 5: Special Issue of the CLIVAR Exchanges Newsletter, No. 56, Vol. 15, No. 2.
- Flynn, C. M. and Mauritsen, T. (2020): On the climate sensitivity and historical warming evolution in recent coupled model ensembles, *Atmos. Chem. Phys.*, 20, 7829–7842, <https://doi.org/10.5194/acp-20-7829-2020>.
- Gandin, L. S. (1966). Objective analysis of meteorological fields. Translated from the Russian. Jerusalem (Israel Program for Scientific Translations), 1965. Pp. vi, 242: 53 Figures; 28 Tables. £4 1s. 0d. Q.J.R. Meteorol. Soc., 92: 447-447. <https://doi.org/10.1002/qj.49709239320>
- 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.
- Johansson, B. (2000). *Areal precipitation and temperature in the Swedish mountains. An evaluation from a hydrological perspective*. *Nordic Hydrology*, 31, 207-228.
- Johansson, B. and Chen, D. (2003). *The influence of wind and topography on precipitation distribution in Sweden: Statistical analysis and modelling*. *International Journal of Climatology*, 23, 1523-1535.
- Johansson, B. and Chen, D. (2005). *Estimation of areal precipitation for runoff modelling using wind data: a case study in Sweden*. *Climate Research*, 29, 53-61.
- Lindström, G., Johansson, B., Persson, M., Gardelin, M. and Bergström, S. (1997). *Development and test of the distributed HBV-96 model*. *Journal of Hydrology* 201, 272-288.
- Lindström, G., Pers, C., Rosberg, J., Strömqvist, J. & Arheimer, B. (2010). Development and testing of the HYPE (Hydrological Predictions for the Environment) water quality model for different spatial scales. *Hydrology Research* 41.3-4, 295-319.
- Lindström, G. (2022). Klimat, vattentillgång och höga flöden i Sverige 1860-2020. Energiforsk Rapport, 2022:902.
- SMHI (2022) *Fördjupad klimatscenariotjänst*. <https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/fordjupade-klimatscenarioer>
- Sjökvisst, E., Axén Mårtensson, J., Dahné, J., Köplin, N., Björck, E., Nylén, L., Berglöv, G., Tengdelius Brunell, J., Nordborg, D., Hallberg, K., Södling, J. och Berggren Clausen, S. (2015). *Klimatscenarioer för Sverige. Bearbetning av RCP-scenarioer för meteorologiska och hydrologiska effektstudier*, SMHI Klimatologi nr 15.
- UERRA, Copernicus Climate Change Service (C3S) (2020): UERRA regional reanalysis for Europe on single levels from 1961 to present. Copernicus Climate Change Service Climate Data Store (CDS), date of access October 2020 <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-uerra-europe-single-levels?tab=overview>
- van Vuuren, D.P., Edmonds, J., Kainuma, M. et al. (2011) The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change* 109. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z>.
- Yang, W., Andréasson, J., Graham, L P., Olsson, J., Rosberg, J. and Wetterhall, F (2010). *Distribution-based scaling to improve usability of regional climate model projections for hydrological climate change impact studies*. *Hydrology Research*, 41 (3-4): 211-229.

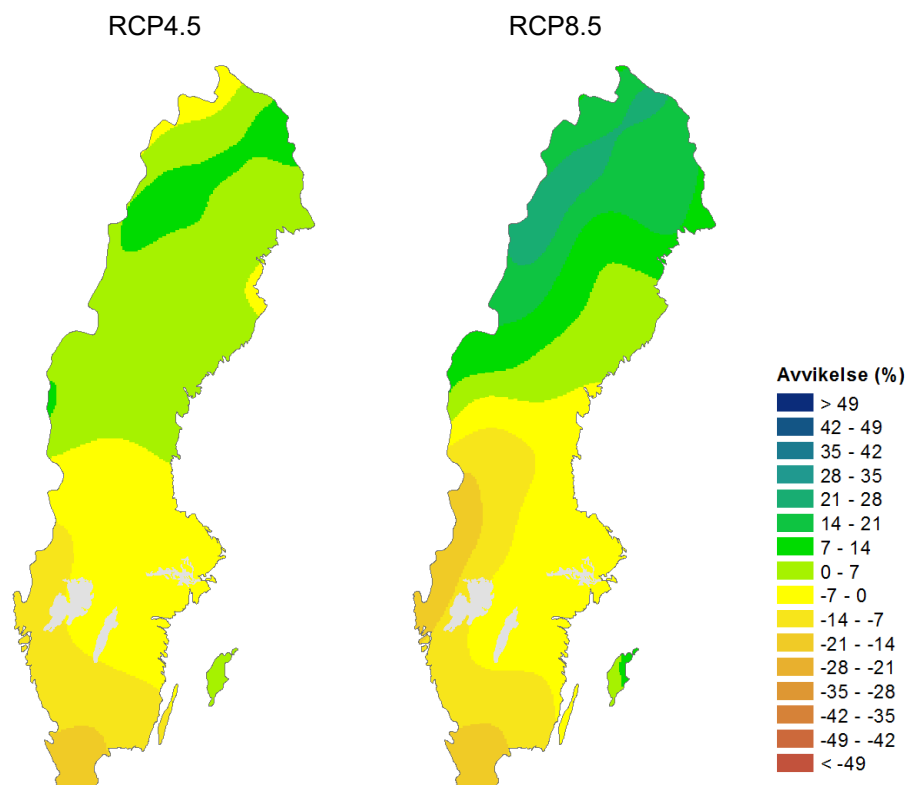
Bilaga 1 – Ensemble- och robusthetskartor för nederbörd



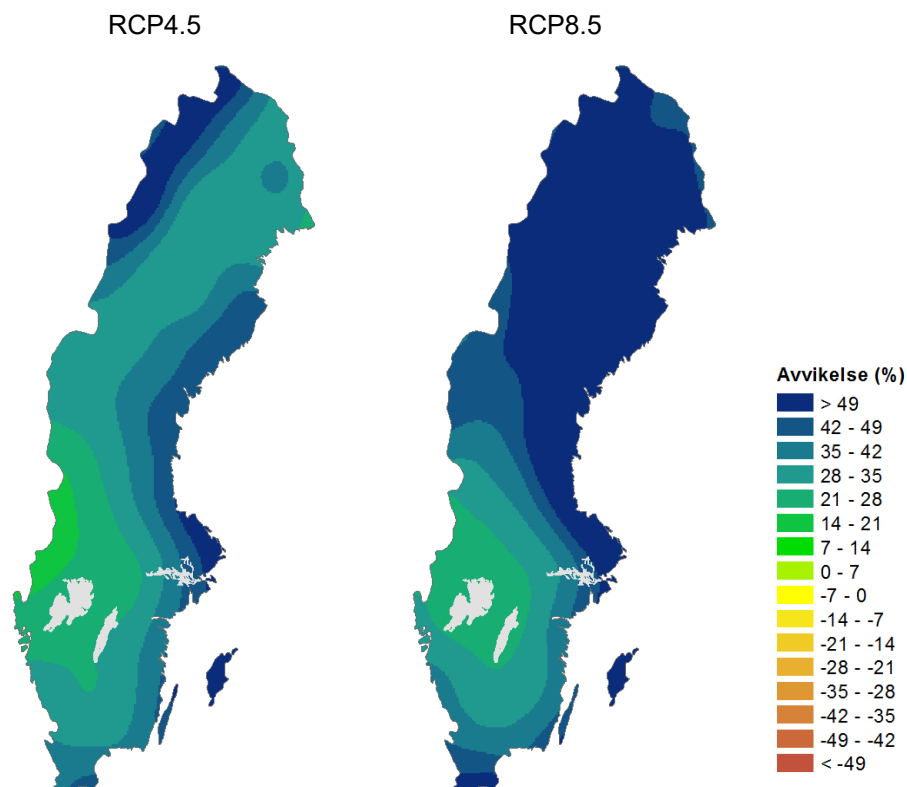
Figur 32. Minsta värdet i ensemblen för förändringen i årsmedelnederbörd, 2069–2098 jämfört med 1961-1990, länsanalyserna.



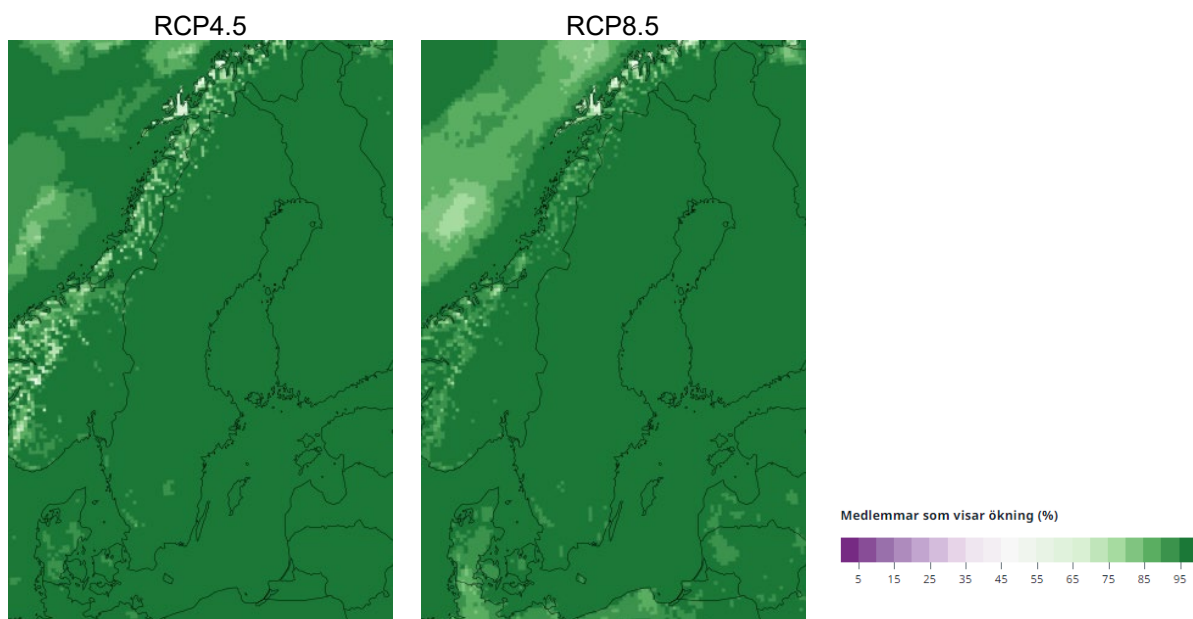
Figur 33. Största värdet i ensemblen för förändringen i årsmedelnederbörd, 2069–2098 jämfört med 1961-1990, länsanalyserna.



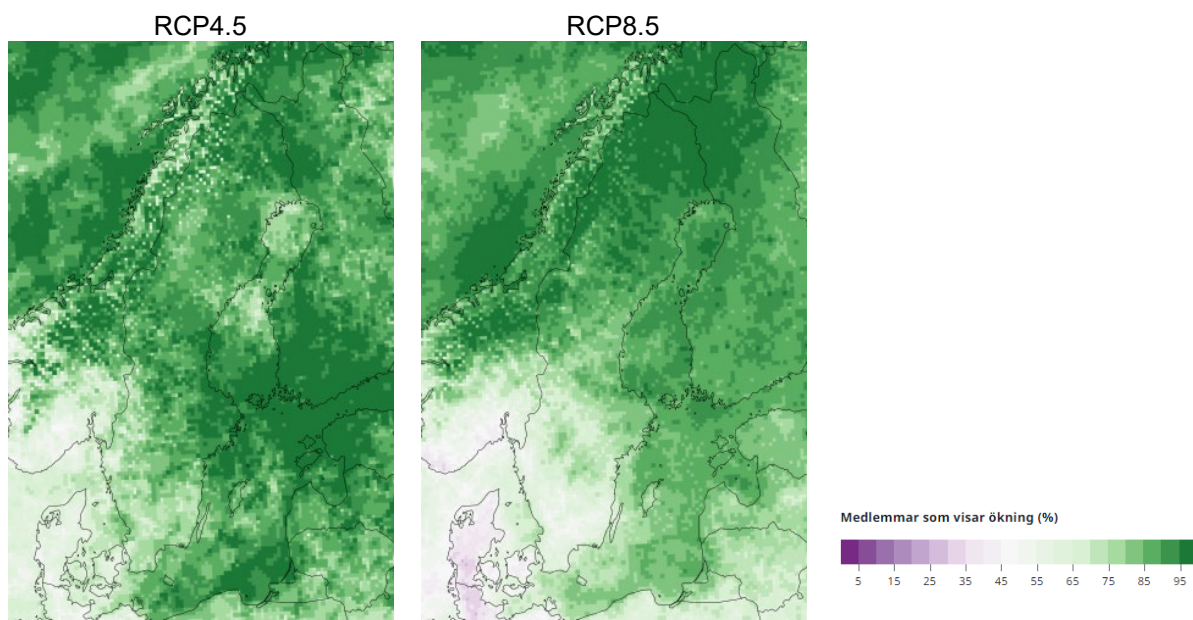
Figur 34. Minsta värdet i ensemblen för förändringen i somarmedelnederbörd, 2069–2098 jämfört med 1961–1990, länsanalyserna.



Figur 35. Största värdet i ensemblen för förändringen i somarmedelnederbörd, 2069–2098 jämfört med 1961–1990, länsanalyserna.



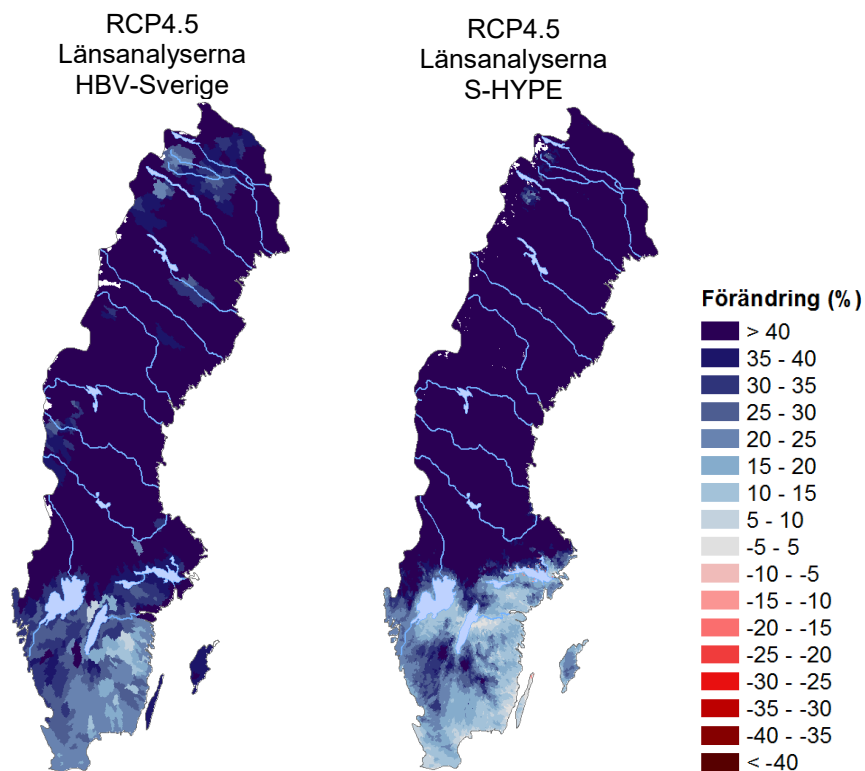
Figur 36. Andelen (%) av ensemblemedlemmarna i scenariotjänsten som visar på en ökning av årsmedelnederbörden till slutet av seklet.



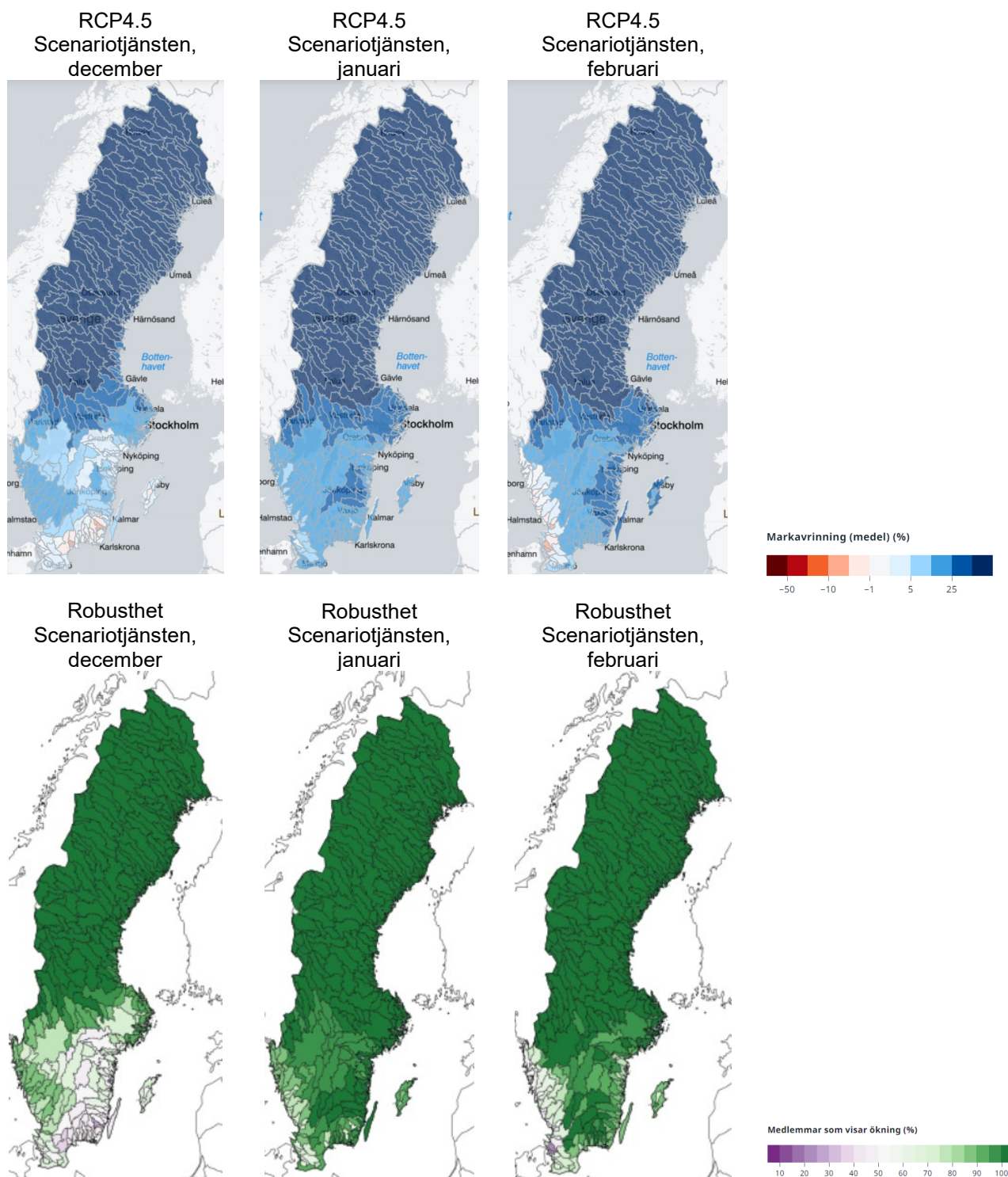
Figur 37. Andelen (%) av ensemblemedlemmarna i scenariotjänsten som visar på en ökning av somarmedelnederbörden till slutet av seklet.

Bilaga 2 - Säsongstillrinning

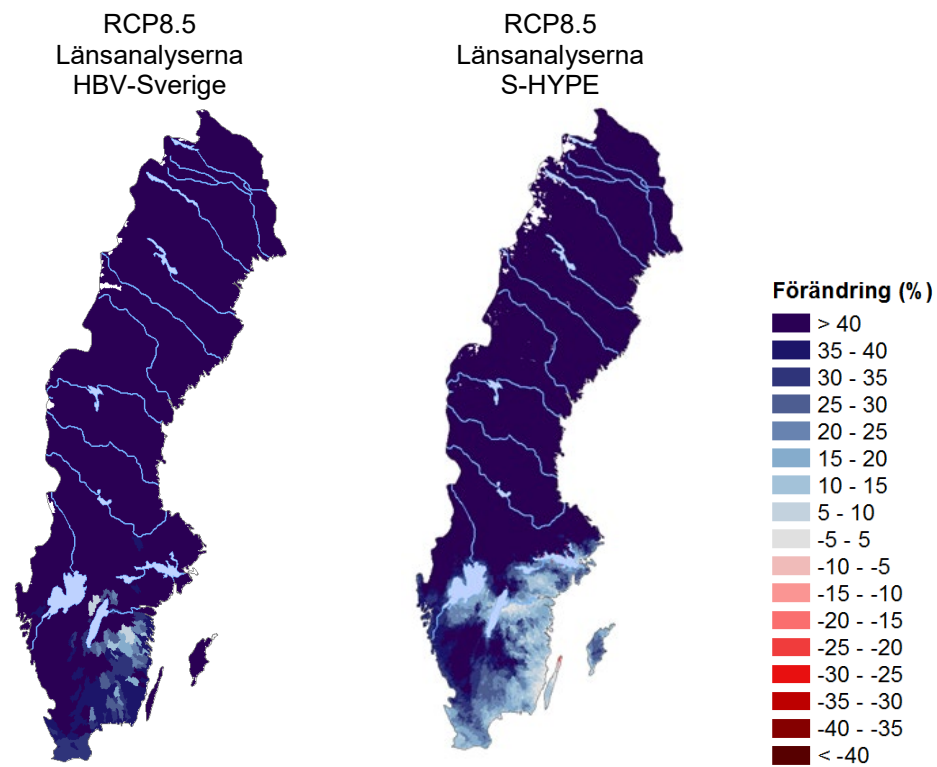
Lokal medeltillrinning, vinter



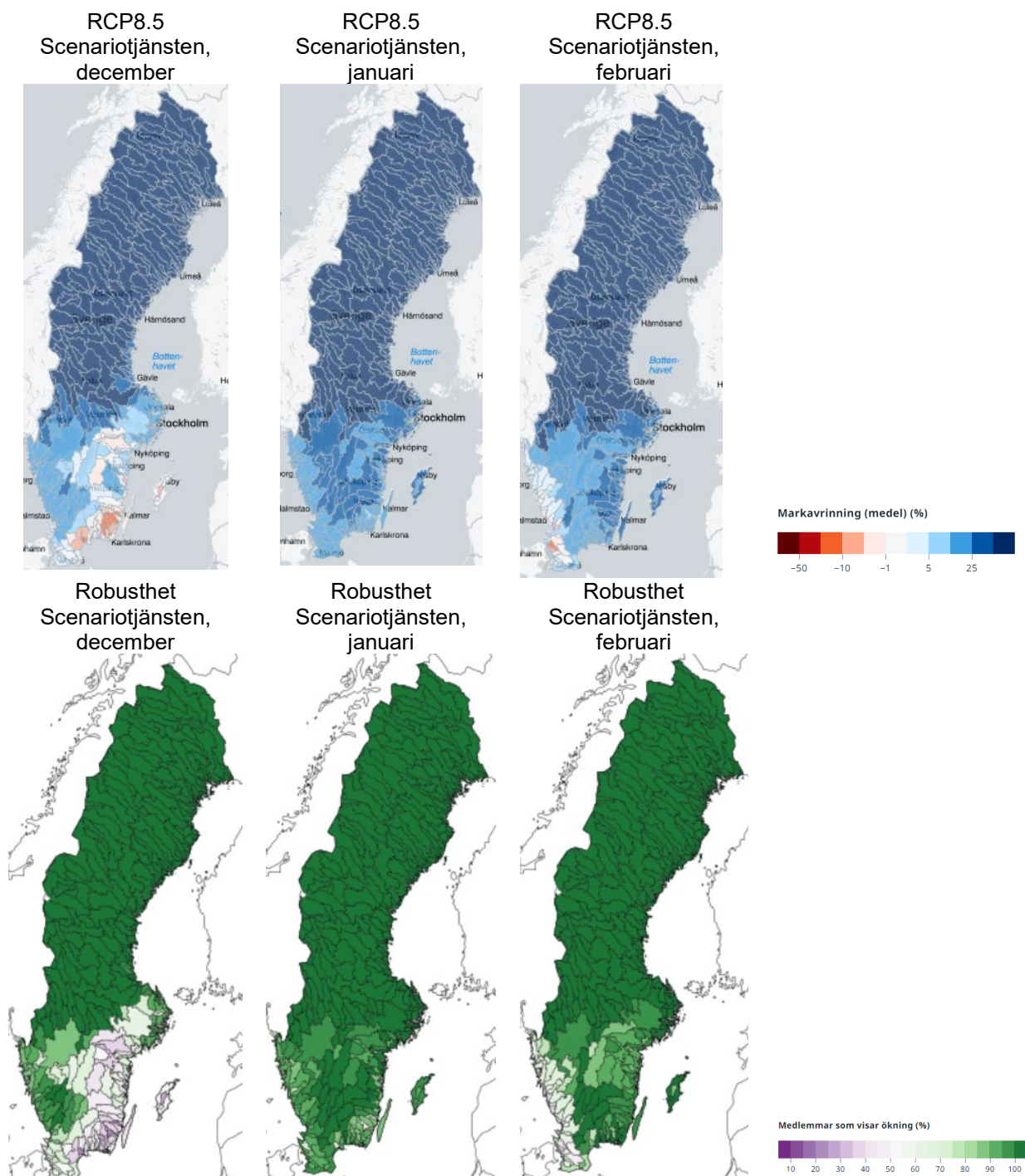
Figur 38. Förändring i lokal medeltillrinning under vintermånaderna december, januari och februari från referensperioden (1963–1992) till slutet av seklet (2069–2098) för scenario RCP4.5.



Figur 39 Översta raden: Förändring av lokal tillrinning (markavrinning) för RCP4.5 från referensperioden (1971–2000) till slutet av seklet (2071–2100) för månaderna december, januari och februari. Understa raden: Ett mått på robustheten för denna förändring, hur många modeller i beräkningen som visar en ökad förändring.

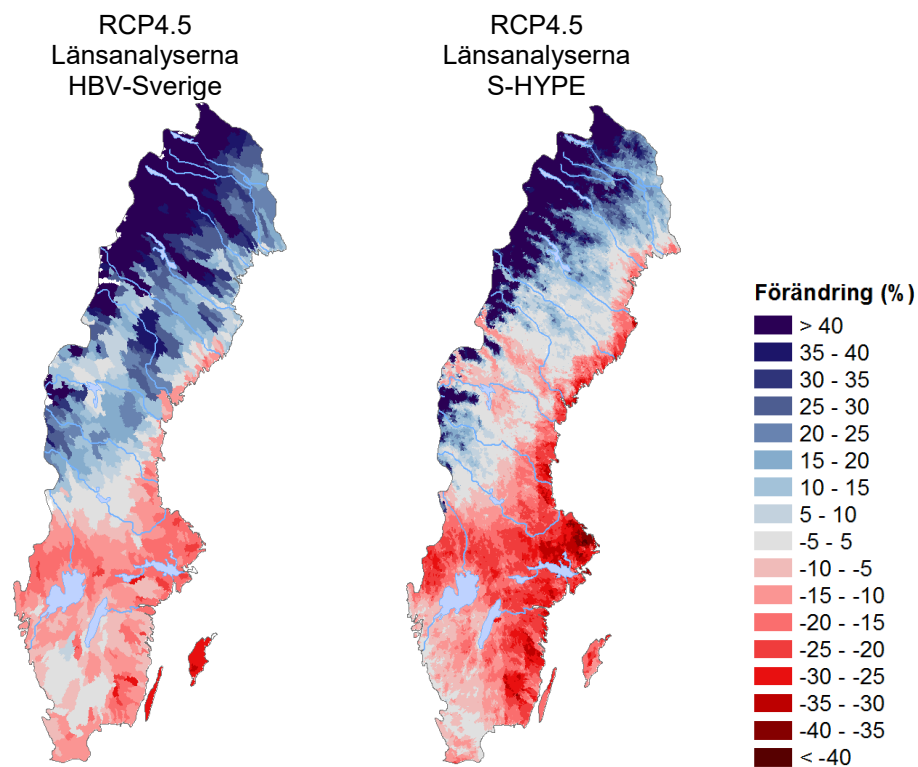


Figur 40 Förändring i lokal medeltillrinning under vintermånaderna december, januari och februari från referensperioden (1963–1992) till slutet av seklet (2069–2098) för scenario RCP8.5.

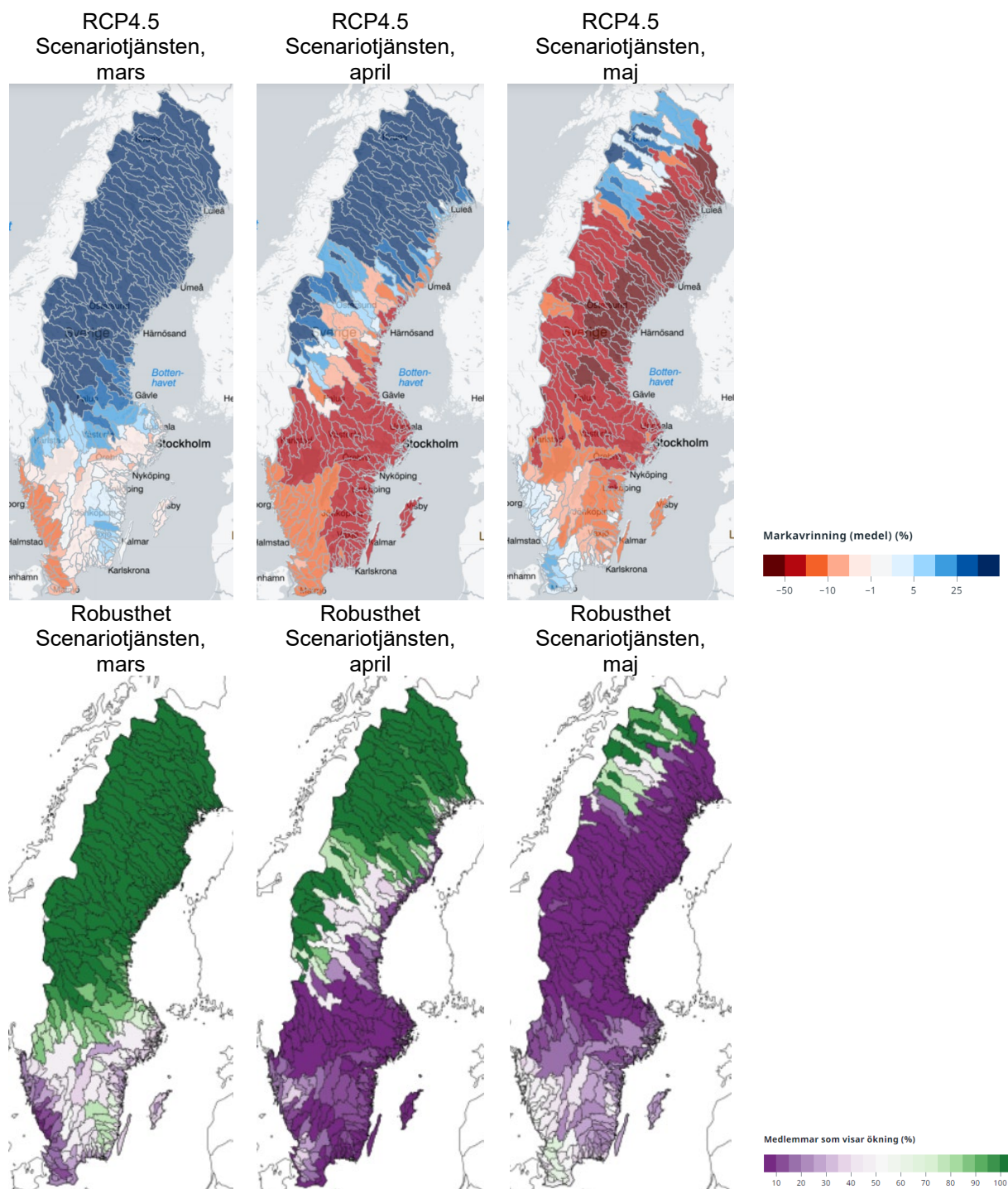


Figur 41 Översta raden: Förändring av lokal tillrinning (markavrinning) för RCP8.5 från referensperioden (1971–2000) till slutet av seklet (2071–2100) för månaderna december, januari och februari. Understa raden Ett mått på robustheten för denna förändring, hur många modeller i beräkningen som visar en ökad förändring.

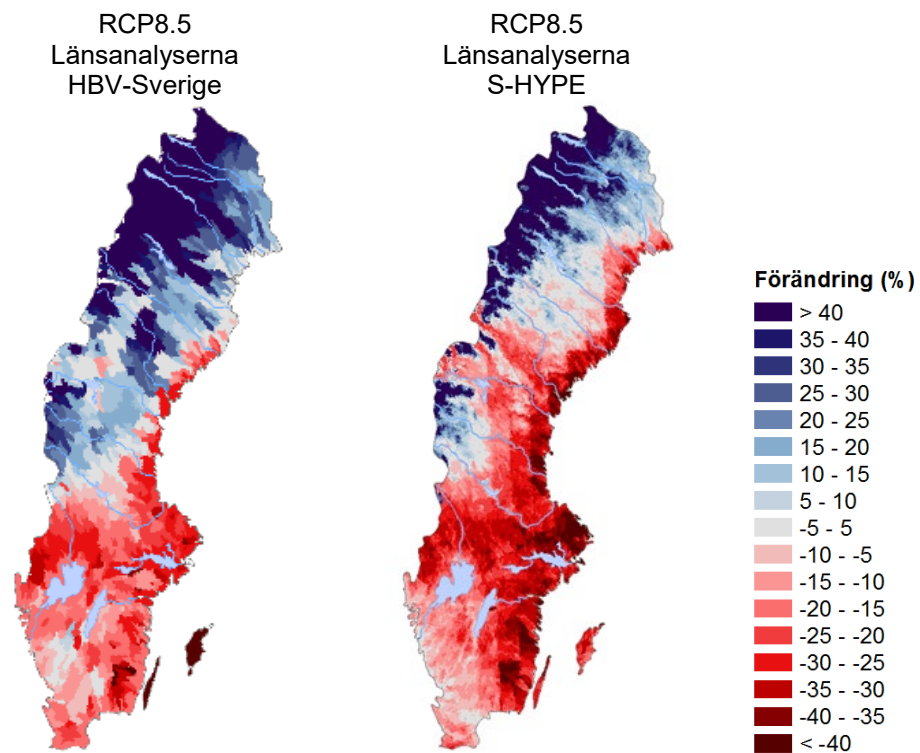
Lokal medeltillrinning, vår



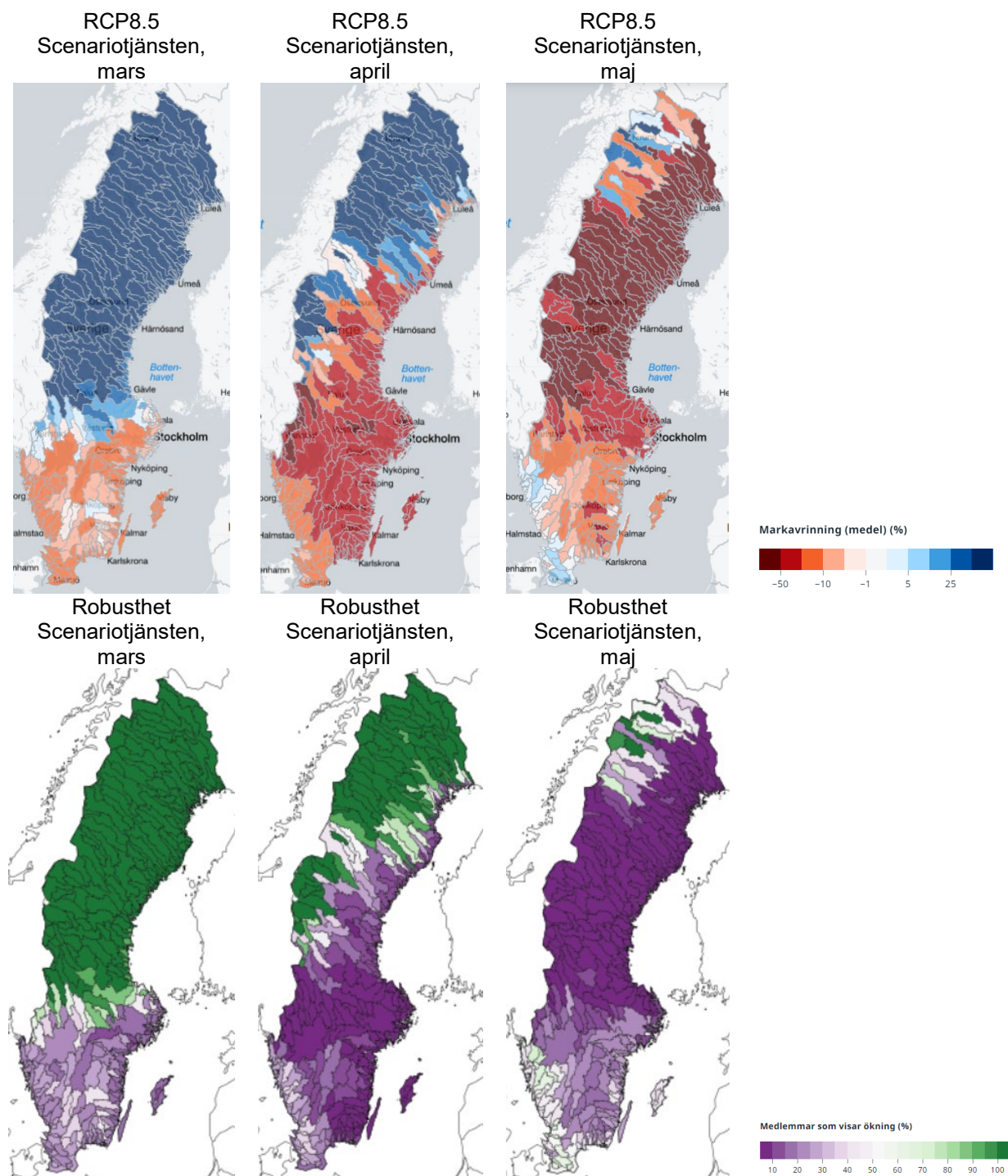
Figur 42 Förändring i lokal medeltillrinning under vårmånaderna mars, april och maj från referensperioden (1963–1992) till slutet av seklet (2069–2098) för scenario RCP4.5.



Figur 43 Översta raden: Förändring av markavrinning) för RCP4.5 från referensperioden (1971–2000) till slutet av seklet (2071–2100) för månaderna mars, april och maj. Understa raden: Ett mått på robustheten för denna förändring, hur många modeller i beräkningen som visar en ökad förändring.

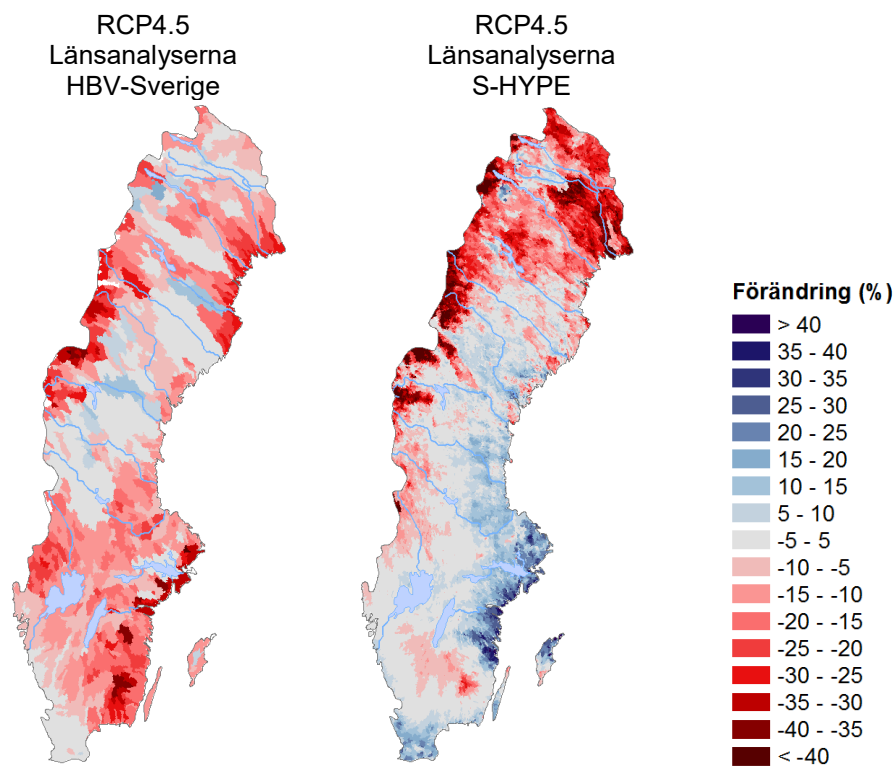


Figur 44 Förändring i lokal medeltillrinning under vårmånaderna mars, april och maj från referensperioden (1963–1992) till slutet av seklet (2069–2098) för scenario RCP8.5.

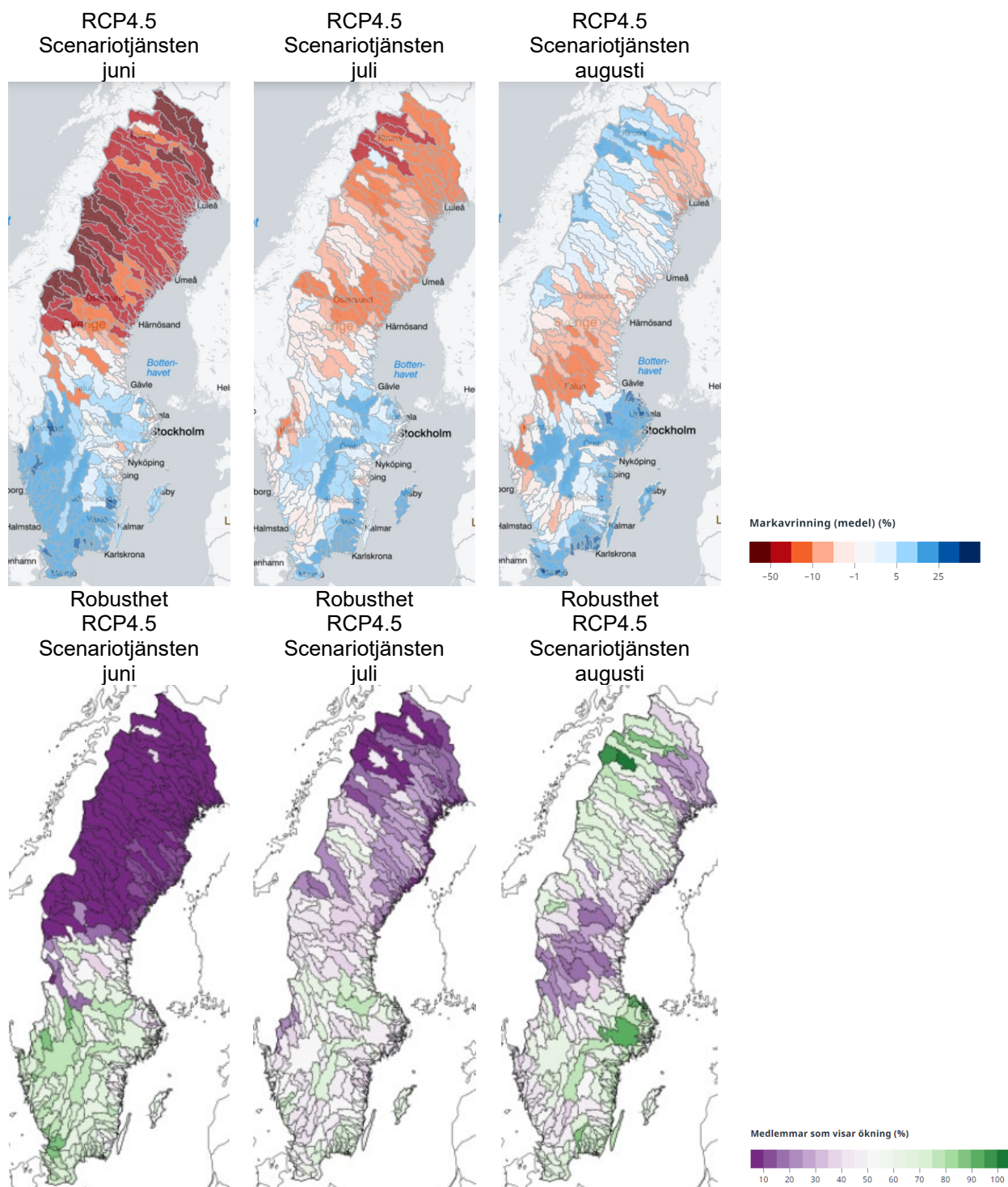


Figur 45 Översta raden: Förändring av lokal tillrinning (markavrinning) för RCP8.5 från referensperioden (1971–2000) till slutet av seklet (2071–2100) för månaderna mars, april och maj. Understa raden: Ett mått på robustheten för denna förändring, hur många modeller i beräkningen som visar en ökad förändring.

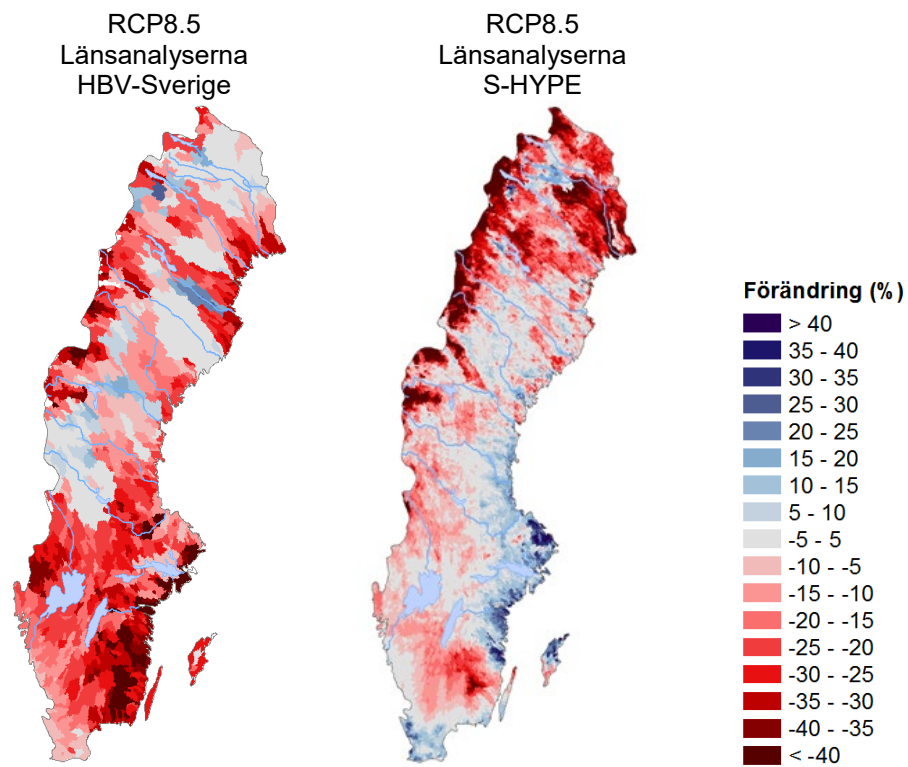
Lokal medeltillrinning, sommar



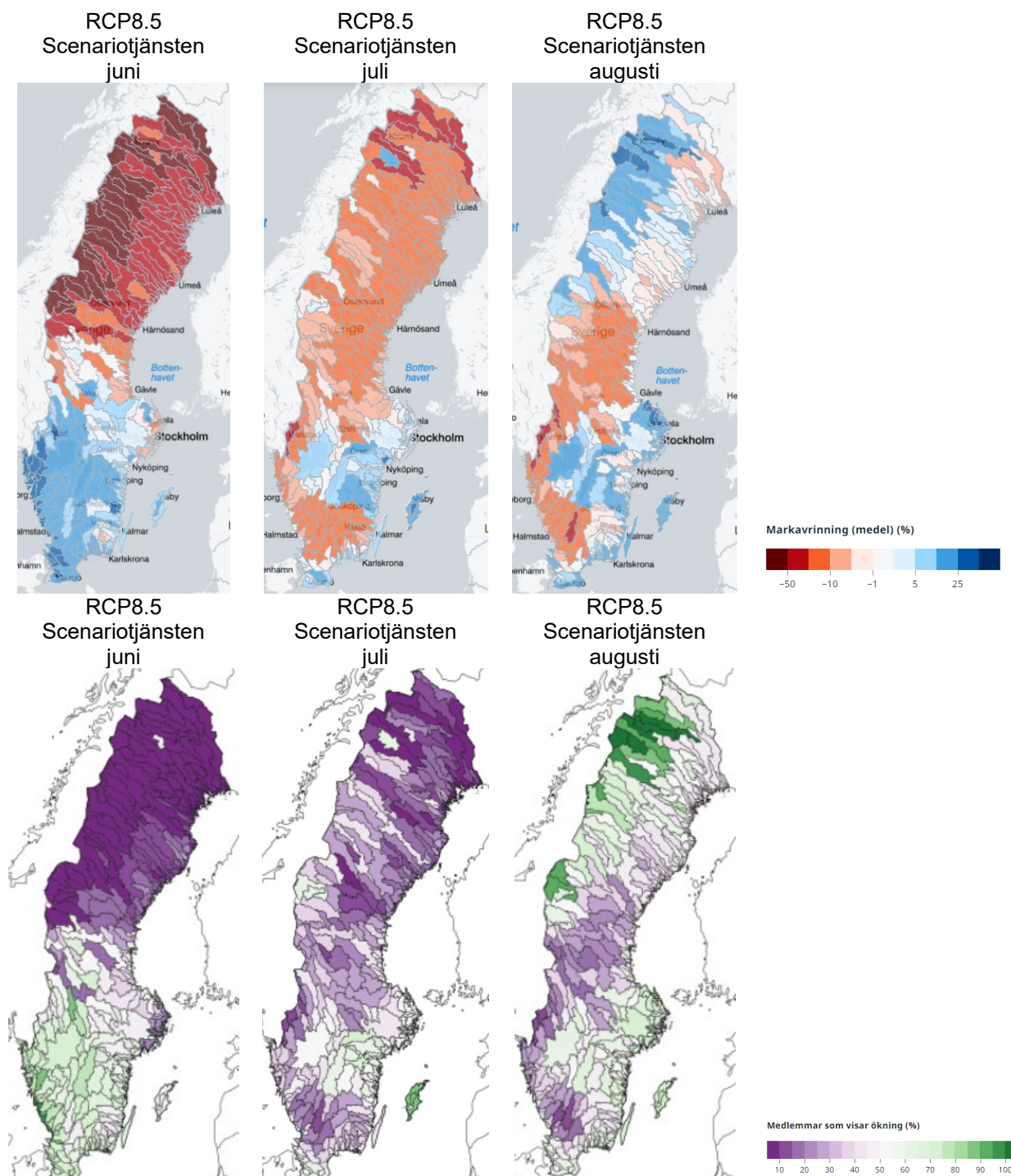
Figur 46 Förändring i lokal medeltillrinning under sommarmånaderna juni, juli och augusti från referensperioden (1963–1992) till slutet av seklet (2069–2098) för scenario RCP4.5.



Figur 47 Översta raden: Förändring av lokal tillrinning (markavrinning) för RCP4.5 från referensperioden (1971–2000) till slutet av seklet (2071–2100) för månaderna juni, juli och augusti. Understa raden: Ett mått på robustheten för denna förändring, hur många modeller i beräkningen som visar en ökad förändring.

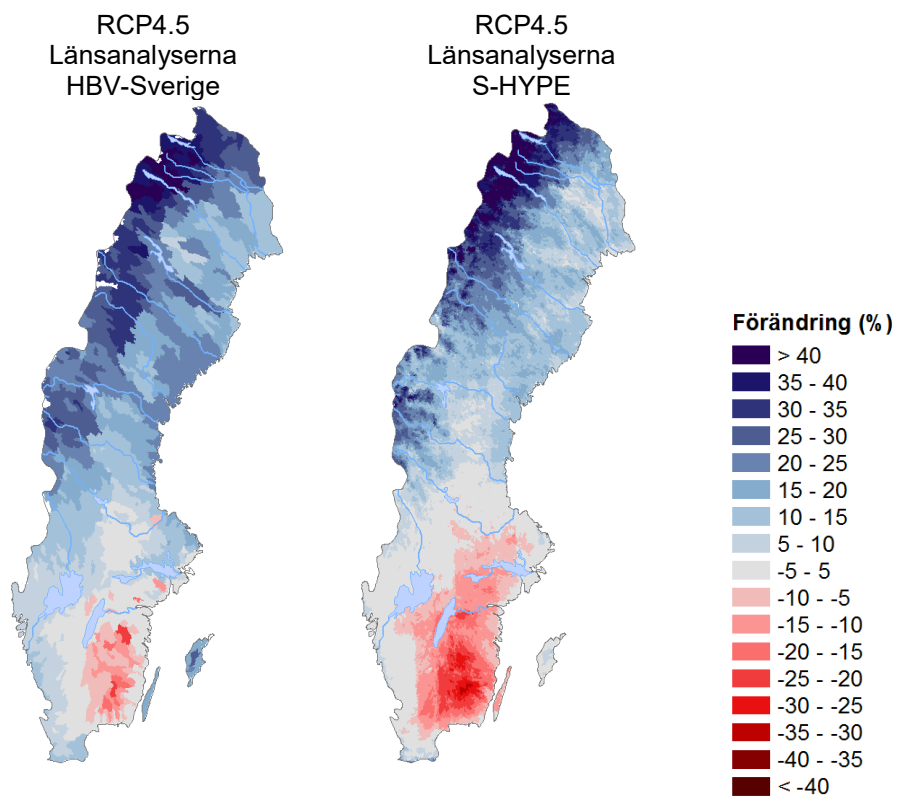


Figur 48 Förändring i lokal medeltillrinning under sommarmånaderna juni, juli och augusti från referensperioden (1963–1992) till slutet av seklet (2069–2098) för scenario RCP8.5.

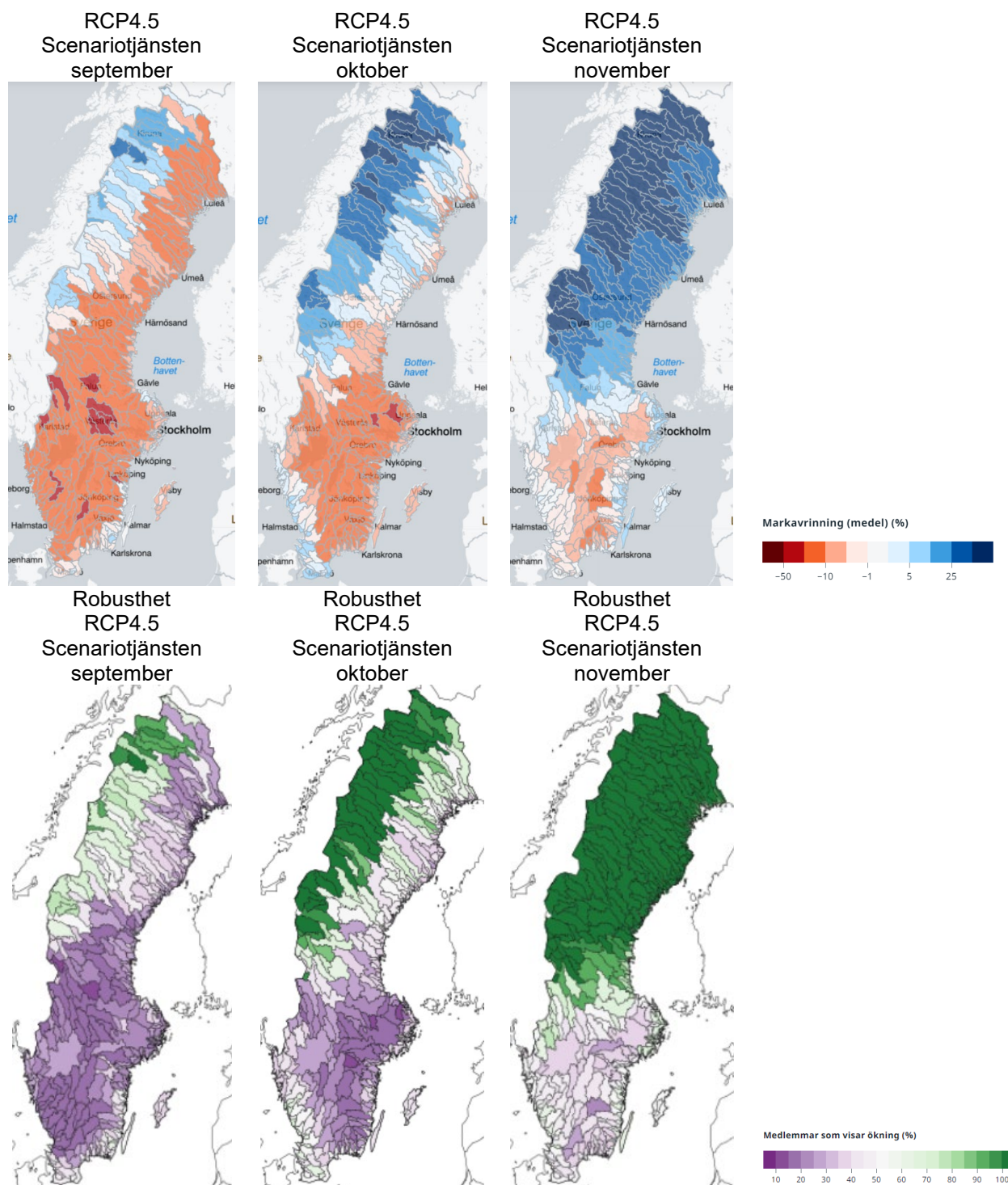


Figur 49 Översta raden: Förändring av lokal tillrinning (markavrinning) för RCP8.5 från referensperioden (1971–2000) till slutet av seklet (2071–2100) för månaderna juni, juli och augusti. Understa raden: Ett mått på robustheten för denna förändring, hur många modeller i beräkningen som visar en ökad förändring.

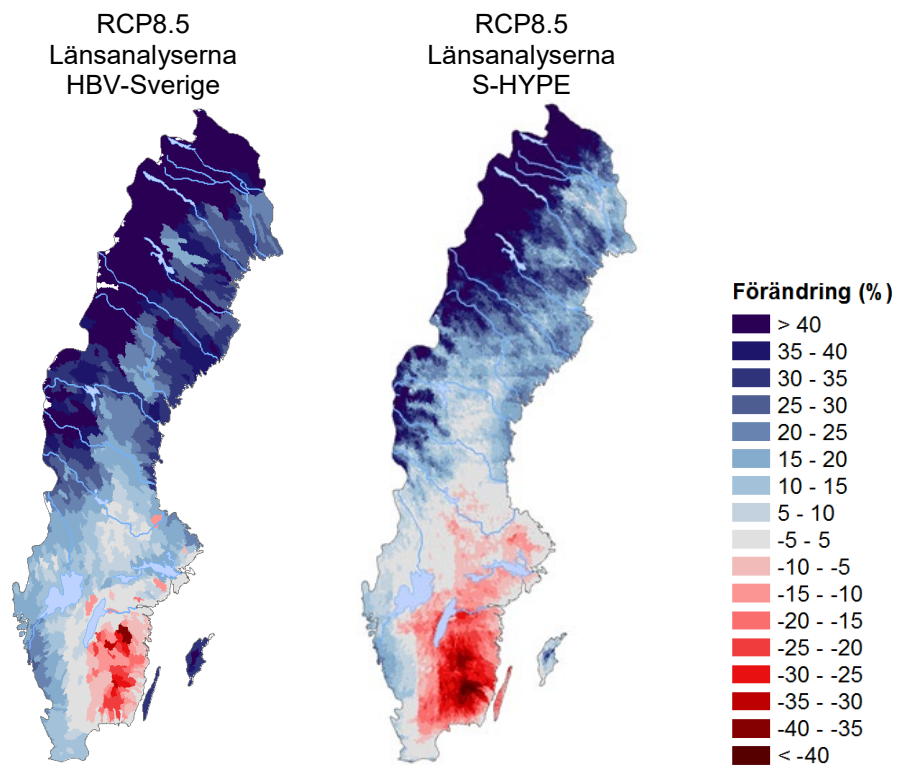
Lokal medeltillrinning, höst



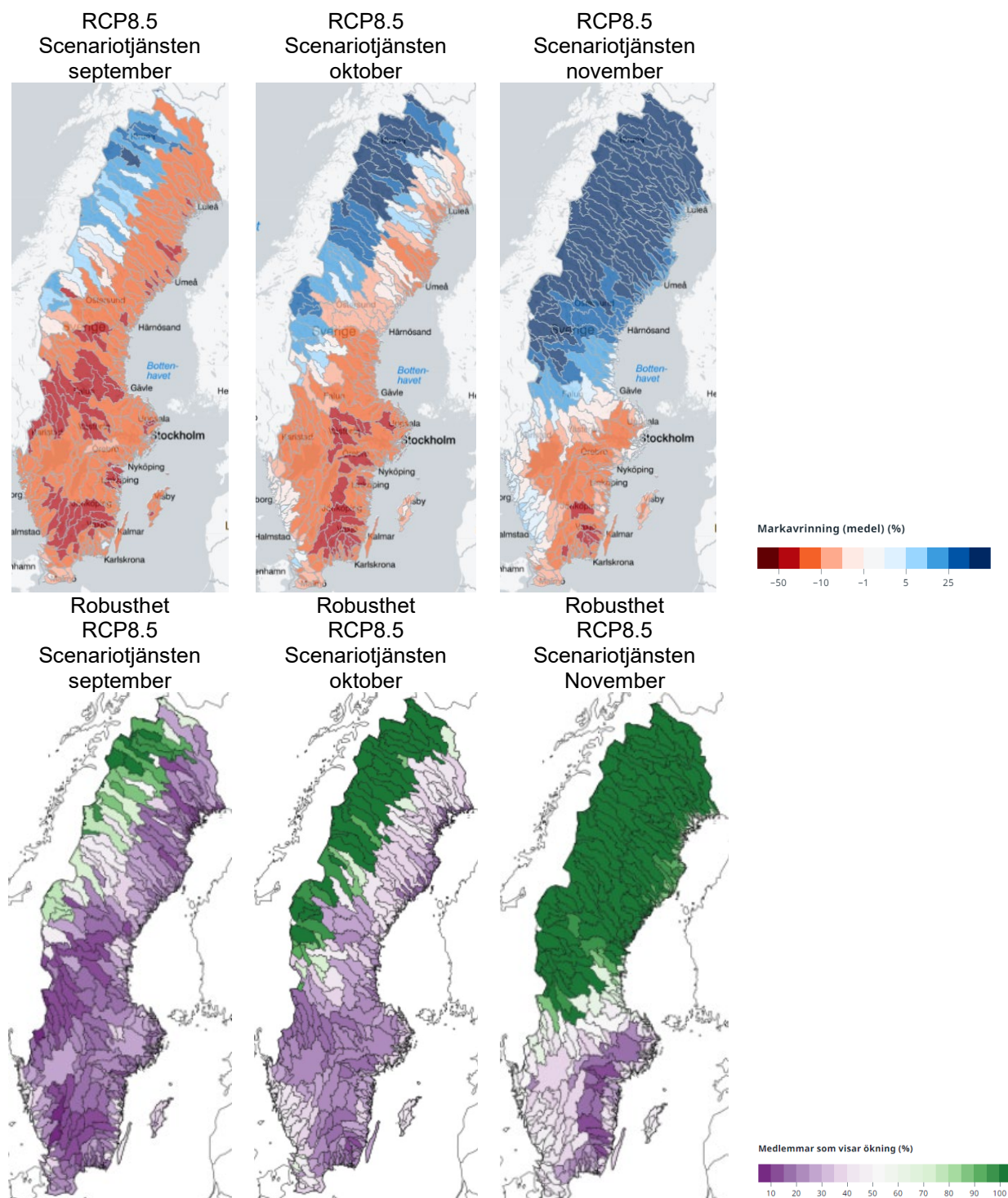
Figur 50 Förändring i lokal medeltillrinning under höstmånaderna september, oktober och november från referensperioden (1963–1992) till slutet av seklet (2069–2098) för scenario RCP4.5.



Figur 51 Översta raden: Förändring av lokal tillrinning (markavrinning) för RCP4.5 från referensperioden (1971–2000) till slutet av seklet (2071–2100) för månaderna september, oktober och november. Understa raden Ett mått på robustheten för denna förändring, hur många modeller i beräkningen som visar en ökad förändring.



Figur 52 Förändring i lokal medeltillrinning under höstmånaderna september, oktober och november från referensperioden (1963–1992) till slutet av seklet (2069–2098) för scenario RCP8.5.



Figur 53 Översta raden: Förändring av lokal tillrinning (markavrinning) för RCP8.5 från referensperioden (1971–2000) till slutet av seklet (2071–2100) för månaderna september, oktober och november. Understa raden Ett mått på robustheten för denna förändring, hur många modeller i beräkningen som visar en ökad förändring.

SMHI har en livsviktig roll som pålitlig expertmyndighet. Genom vår gedigna kunskap om väder, vatten och klimat bidrar vi till att öka hela samhällets hållbarhet.

Vi samlar in mängder av data som vi bearbetar, modellerar och visualiserar utifrån olika scenarier. Vi följer omvärldens utveckling och genom vår egen forskning utvecklar och sprider vi kunskap och tjänster som bygger på vetenskaplig grund. Vi utvärderar, analyserar, prognostiserar och följer upp. Varje dag, dygnet runt, året om.

Därför vågar vi lova dig ständigt aktuella beslutsunderlag som gör det lättare att planera på både kort och lång sikt – allt från din utflykt till framtidens infrastruktur. Våra underlag hjälper samhället att nå de nationella miljökvalitetsmålen och hantera morgondagens globala utmaningar.

SMHI omsätter 916 miljoner kronor och har cirka 670 medarbetare. Huvudkontoret finns i Norrköping. SMHI har också kontor i Göteborg och Uppsala.

SMHI. Alltid de bästa underlagen för dina beslut.



SMHI – SVERIGES METEOROLOGISKA OCH HYDROLOGISKA INSTITUT

601 76 Norrköping • Besöksadress Folkborgsvägen 17 • Telefon 011-495 80 00 • E-Post smhi@smhi.se • www.smhi.se

SMHI Publikationer

SMHI publicerar sju rapportserier. Tre av dessa, R-serierna är avsedda för internationella läsare och skrivs oftast på Engelska. I de övriga serierna används oftast Svenska men även Engelska.

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
2. Gunn Persson, Markku Rummukainen (2010)
Klimatförändringarnas effekter på svenskt miljömålsarbete
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
4. Markku Rummukainen, Daniel J. A. Johansson, Christian Azar, Joakim Langner, Ralf Doescher, Henrik Smith (2011)
Uppdatering av den vetenskapliga grunden för klimatarbetet. En översyn av naturvetenskapliga aspekter
5. Sten Bergström (2012)
Framtidens havsnivåer i ett hundraårsperspektiv – kunskapssammanställning 2012
6. Jonas Olsson och Kean Foster (2013)
Extrem korttidsnederbörd i klimatprojektioner för Sverige
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)
8. Att begränsa klimatförändringar. FNs klimatpanel – Sammanfattning för beslutsfattare. Bidrag från arbetsgrupp 3 (WG 3) till den femte utvärderingen (AR 5) från Intergovernmental Panel on Climate Change (2015)
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
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, Jenny Axén Mårtensson, Sten Bergström, Emil Björck, Joel Dahné, Lena Lindström, Daniel Nordborg, Jonas Olsson, Lennart Simonsson och Elin Sjökvist (2015) Sveriges framtida klimat. Underlag till Dricksvattensutredningen
15. Elin Sjökvist, Jenny Axén Mårtensson, Joel Dahné, Nina Köplin, Emil Björck, Linda Nylén, Gitte Berglöv, Johanna Tengdelius Brunell, Daniel Nordborg, Kristoffer Hallberg, Johan Södling, Steve Berggreen-Clausen (2015) Klimatscenarier för Sverige - Bearbetning av RCP-scenarier för meteorologiska och hydrologiska effektstudier
16. Elin Sjökvist, Gunn Persson, Jenny Axén Mårtensson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson och Håkan Persson (2015) Framtidsklimat i Dalarnas län – enligt RCP-scenarier
17. Linda Nylén, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Värmlands län – enligt RCP-scenarier
18. Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Örebro län – enligt RCP-scenarier
19. Alexandra Ohlsson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Västmanlands län – enligt RCP-scenarier
20. Elin Sjökvist, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson (2015) Framtidsklimat i Uppsala län – enligt RCP-scenarier
21. Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Stockholms län – enligt RCP-scenarier
22. Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Södermanlands län – enligt RCP-scenarier
23. Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Östergötlands län – enligt RCP-scenarier
24. Gitte Berglöv, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Västra Götalands län – enligt RCP-scenarier
25. Alexandra Ohlsson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Jönköpings län – enligt RCP-scenarier
26. Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Kalmar län – enligt RCP-scenarier

27. Gitte Berglöv, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Kronobergs län – Enligt RCP-scenarier
28. Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Hallands län – enligt RCP-scenarier
29. Alexandra Ohlsson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Skåne län – enligt RCP-scenarier
30. Alexandra Ohlsson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Blekinge län – enligt RCP-scenarier.
31. Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Gotlands län – enligt RCP-scenarier
32. Gitte Berglöv, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Norrbottens län – enligt RCP-scenarier
33. Gitte Berglöv, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Västerbottens län – enligt RCP-scenarier
34. Linda Nylén, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Jämtlands län – enligt RCP-scenarier
35. Linda Nylén, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Västernorrlands län – enligt RCP-scenarier
36. Linda Nylén, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Gävleborgs län – enligt RCP-scenarier
37. Jonas Olsson, Weine Josefsson (red.) (2015) Skyfallsuppdraget - ett regeringsuppdrag till SMHI
38. Gunn Persson, Linda Nylén, Steve Berggreen-Clausen, Peter Berg, David Rayner och Elin Sjökvist (2015)
Från utsläppsscenarioer till lokal nederbörd och översvåmningsrisker
39. Anna Eklund, Jenny Axén Mårtensson, Sten Bergström och Elin Sjökvist (2015)
Framtidens vattentillgång i Mälaren, Göta älv, Bolmen, Vombsjön och Gavleån. Underlag till Dricksvattenutredningen
40. Anna Bohman (Centrum för klimatpolitisk forskning, CSFR) vid Linköpings universitet, Lotta Andersson, SMHI och CSFR, Linköpings universitet samt Åsa Sjöström, SMHI. (2016)
Förslag till en metod för uppföljning av det nationella klimatanpassningsarbetet.
Redovisning av ett regeringsuppdrag
December 2016

41. (2017)
Karttjänst för framtida medelvattenstånd
längs Sveriges kust
42. Anna Eklund, Linda Tofeldt, Johanna
Tengdelius-Brunell, Anna Johnell, Jonas
German, Elin Sjökvist, Maria Rasmusson,
Elinor Andersson (2017)
Vattennivåer, tappningar, vattentemperaturer
och is i Vättern
Beräkningar för dagens och framtidens
klimatförhållanden
43. Anna Eklund, Anna Johnell, Linda Tofeldt,
Johanna Tengdelius-Brunell, Maria
Andersson, Cajsa-Lisa Ivarsson, Jonas
German, Elin Sjökvist och Elinor Andersson
(2017)
Vattennivåer, tappningar, vattentemperaturer
och is i Hjälmaren Beräkningar för dagens
och framtidens klimatförhållanden
44. Anna Eklund, Linda Tofeldt, Anna Johnell,
Maria Andersson, Johanna Tengdelius-
Brunell, Jonas German, Elin Sjökvist, Maria
Rasmusson, Ulrika Harbman, Elinor
Andersson (2017)
Vattennivåer, tappningar, vattentemperatur
och is i Vänern Beräkningar för dagens och
framtidens klimatförhållanden
45. Sofie Schöld, Cajsa-Lisa Ivarsson, Signild
Nerheim och Johan Södling (2017)
Beräkning av högsta vattenstånd längs
Sveriges kust
46. Katarina Stensen, Johanna Tengdelius-
Brunell, Elin Sjökvist, Elinor Andersson,
Anna Eklund (2017)
Vattentemperaturer och is i Mälaren
Beräkningar för dagens och framtidens
klimatförhållanden
47. Jonas Olsson, Peter Berg, Lennart Wern,
Johan Södling, Lennart Simonsson,
Wei Yang, Anna Eronn (2017)
Extremregn i nuvarande och framtida klimat
– Analyser av observationer och
framtidsscenarier.
48. Signild Nerheim, Sofie Schöld, Gunn
Persson och Åsa Sjöström (2017)
Framtida havsnivåer i Sverige
49. Anna Eklund, Katarina Stensen, Ghasem
Alavi, Karin Jacobsson, Diala Abdoush
(2018)
Sveriges stora sjöar idag och i framtiden.
Klimatets påverkan på Vänern, Vättern,
Mälaren och Hjälmaren.
Kunskapssammanställning januari 2018
50. Gunn Persson, Christina Wikberger,
Jorge Amorim (2018)
Klimatanpassa städer med grönska
51. Katarina Losjö, Lennart Wern, Johan
Södling (2019)
Uppföljning av riktlinjer för bestämning
av dimensionerande flöden
52. Sjökvist, Elin (2019)
Sommaren 2018 – en glimt av framtiden?
53. Översättning av Summary for
Policymakers (2019)
FN:s klimatpanel – Sammanfattning för
beslutsfattare
Global uppvärmning på 1,5°C
54. Karin Hjerpe, Therése Sjöberg, Karin
Lundgren Kownacki, Lotta Andersson,
Åsa Sjöström (2020)
Myndigheters arbete med
klimatanpassning 2019
55. Therése Sjöberg, Karin Hjerpe, Karin
Lundgren Kownacki, Lotta Andersson
(2020)
Kommunernas arbete med
klimatanpassning 2019 - Analys av
statusrapportering till SMHI
56. Klimatförändringar och biologisk
mångfald – Slutsatser från IPCC och
IPBES i ett svenskt perspektiv (2020)
57. FN:s klimatpanel IPCC –
Sammanfattning för beslutsfattare (2020)
Specialrapport om Klimatförändringar
och marken
58. FN:s klimatpanel IPCC –
Sammanfattning för beslutsfattare (2020)
Specialrapport om Havet och kryosfären
i ett förändrat klimat

59. Magnus Joelsson (2022)
Homogenisering av
månadsmedeltemperatur 1860-2021
60. Karin Hjerpe, Åsa Sjöström (2020)
Förslag på system för uppföljning och
utvärdering av det nationella arbetet med
klimatanpassning
61. Erik Kjellström (2021)
Betydelsen av storskalig atmosfärisk
cirkulation för Sveriges temperatur- och
nederbörds klimat
En jämförelse av normalperioder
62. Karin Hjerpe, Therése Sjöberg, Bodil
Englund, Anna Jonsson (2021)
Myndigheters arbete med
klimatanpassning 2020
63. Peter Berg, Thomas Bosshard, Wei
Yang och Klaus Zimmermann (2021)
MIdAS version 0.1
framtagande och utvärdering av ett nytt
verktyg för biasjustering
64. Erik Kjellström, Lotta Andersson, Lars
Arneborg, Peter Berg, René Capell, Sam
Fredriksson, Magnus Hieronymus,
Anette Jönsson, Lena Lindström, Gustav
Strandberg (2022)
Klimatinformation som stöd för
klimatanpassningsarbetet
65. Översättning av Summary for
Policymakers (2022)
FN:s klimatpanel IPCC –
Sammanfattning för beslutsfattare
Klimat i förändring 2021 Den
naturvetenskapliga grunden
66. Karin Lundgren Kownacki, Bodil
Englund, Aino Krunegård, Pontus Wallin
(2022) Myndigheters arbete med
klimatanpassning 2021
67. FN:s klimatpanel IPCC –
Sammanfattning för beslutsfattare (2022)
Klimat i förändring 2022 Effekter,
anpassning och sårbarhet
68. FN:s klimatpanel IPCC –
Sammanfattning för beslutsfattare (2022)
Klimat i förändring 2022 Att begränsa
klimatförändringen
69. Semjon Schimanke, Magnus Joelsson,
Sandra Andersson, Thomas Carlund,
Lennart Wern, Sverker Hellström, Erik
Kjellström (2022)
Observerad klimatförändring i Sverige
1860-2021

Denna sida är avsiktligt blank



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

ISSN 1654-2258

