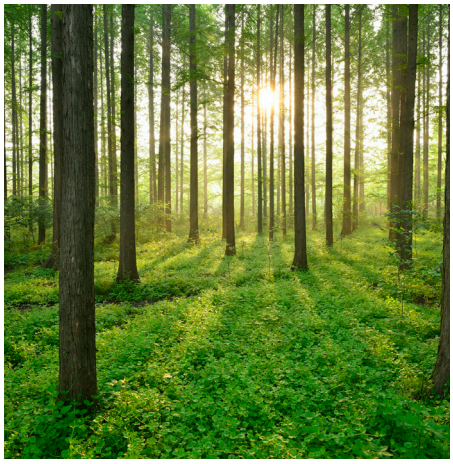
DIMENSIONERANDE FLÖDEN FÖR DAMMANLÄGGNINGAR

- EN UPPDATERING MED NYA KLIMATSCENARIER

RAPPORT 2026:1230





DAMMSÄKERHET





Energiforsk

Dimensionerande flöden för dammanläggningar

- en uppdatering med nya klimatscenarier

EDUARDO REYNOLDS, JONAS GERMAN, ELIN SJÖKVIST OCH JOHAN SÖDLING

ISBN 978-91-89917-73-6| © Energiforsk november 2026

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Omslagsbild: Rolf Sivert Unsplash

Energiforsk

Förord

Ett förändrat klimat påverkar de extrema flöden som ligger till grund för dimensionering av dammanläggningar. I det här projektet har klimatkänslighetsanalysen av dimensionerande flöden enligt Flödeskommitténs riktlinjer uppdaterats med de nya klimatscenarier som finns tillgängliga via SMHI:s Klimatscenariotjänst. Resultaten ger dammägare och myndigheter ett aktuellt underlag för att bedöma hur ett framtida klimat kan påverka dimensionerande flöden, och för arbetet med klimatanpassning av dammanläggningar.

Projektet har genomförts inom Energiforsks Dammsäkerhetsprogram, som tillför kunskap till det strategiska dammsäkerhetsarbetet nationellt och bidrar därigenom till en långsiktig utveckling av svensk vattenkraft.

Studien bygger vidare på den metodik som beskrivs i Elforsk-rapport 2014:27 och omfattar 13 avrinningsområden, varav tio med dammanläggningar. Resultaten jämförs med tidigare beräkningar för att visa hur de nya klimatdata, med högre rumslig upplösning och uppdaterad forskningskunskap, påverkar resultaten av Beräkningsmetod I.

Rapporten har tagits fram av Eduardo Reynolds, Jonas German, Elin Sjökvist och Johan Södling, SMHI. Rapporten har granskats av Flödeskommittén.

Projektet har följts av en referensgrupp utsedd av Dammsäkerhetsprogrammet, bestående av Agne Lärke, Fortum Sverige AB, Lars Pettersson, Skellefteälvens Vattenregleringsföretag AB, Romanas Wolfsborg Vattenfall Sverige AB, Björn Norell Vattenregleringsföretagen AB och Maria Bartsch, Svenska kraftnät.

Rapportförfattarna ansvarar för innehållet i rapporten.

Sammanfattning

Klimatkänslighetsanalys av dimensionerande flöden, beräknade enligt Beräkningsmetod I i Flödeskommitténs riktlinjer, baseras på metodiken i Elforsk-rapporten 2014, såsom den har tillämpats hittills och bygger på samma klimatdata som användes i länsanalyserna. Sedan 2021 finns via SMHIs Klimatscenariotjänst nya klimatdata tillgängliga, baserade på uppdaterad forskningskunskap och med högre rumslig upplösning. I denna studie uppdateras klimatkänslighetsanalysen av dimensionerande flöden med dessa nya klimatdata, med bibehållen övergripande metodik.

Studiens syfte är att analysera hur uppdaterade klimatdata påverkar resultaten av Beräkningsmetod I för dimensionerande flöden, med fokus på de faktorer som är mest relevanta för dammsäkerhet och vattenresurshantering. Analysen omfattar 13 områden, varav tio avser dammanläggningar. Resultaten jämförs med tidigare tillämpningar av den metodik som beskrivs i Elforsk-rapporten 2014 för att bedöma skillnaderna mellan de båda beräkningarna.

De uppdaterade dimensionerande nederbördssekvenserna visar generellt ökade värden i samtliga regioner, men med stor spridning mellan ensemblemedlemmar i denna studie. Den högre rumsliga upplösningen i de nya klimatdata i Klimatscenariotjänsten ger en mer detaljerad beskrivning av lokala extrema nederbördshändelser. Detta innebär att en större variation mellan ensemblemedlemmarna kan fångas upp jämfört med tidigare klimatdata, vilket även återspeglas i spridningen i de beräknade flödena med Beräkningsmetod I.

Klimatkänslighetsanalysen visar att maxtillrinningen generellt ökar i de flesta områdena, medan medeltillrinningen uppvisar mer varierande mönster beroende på region och klimatdata. Dimensionerande snömagasin minskar i nästan samtliga analyserade områden, särskilt när nya klimatdata används, vilket är en indikation på att snösmältningens betydelse för extrema flöden kan minska i framtiden. Skillnader i resultaten mellan de båda klimatunderlagen kan förklaras av skillnader i referensperioder, rumslig upplösning och bearbetningsmetod. Sammantaget visar resultaten att beräkningar enligt Beräkningsmetod I för ett framtida klimat även påverkas av regionala klimatförändringar och lokala hydrologiska förhållanden.

Uppdateringen av klimatunderlaget för klimatkänslighetsanalysen av dimensionerande flöden säkerställer att analysen baseras på aktuell vetenskaplig kunskap och ger ett relevant beslutsunderlag. Resultaten bör betraktas som indikatorer på möjliga förändringar, snarare än som exakta prognoser. Skillnaderna mellan resultaten understryker därför vikten av att

använda uppdaterade klimatunderlag vid planering och klimatanpassning av dammanläggningar.

Nyckelord

Dimensionerande flöde, Beräkningsmetod I, framtida klimat, klimatkänslighetsanalys, klimatdata, länsanalys, Klimatscenariotjänst och dammsäkerhet.

Summary

Climate change affects hydrological conditions and extreme flows used in dam safety assessments. The climate sensitivity analysis of design floods calculated using Calculation Method I in the Flow Committee's guidelines is based on the methodology presented in the 2014 Elforsk report, as applied to date, and builds on the same climate data that were used in 'Länsanalyser' (the Swedish county-wide climate analysis service). Since 2021, new climate data based on updated scientific knowledge and with higher spatial resolution have been available via SMHI's Climate Scenario Service ('Klimatscenariotjänsten'). In the present study, the climate sensitivity analysis of design floods is updated using the new climate data, while maintaining the overall methodological framework.

The purpose of the study is to analyze how updated climate data affects the results of Calculation Method I for design floods, with a focus on the factors most relevant to dam safety and water resources management. The analysis covers 13 areas, of which ten contain dam facilities. The results in this study are compared with those from previous applications of the methodology described in the 2014 Elforsk report to assess the magnitude of the differences between the two sets of results.

The updated design precipitation sequences generally showed increased values across all regions, but with large variability between ensemble members with the updated climate data in this study. The higher spatial resolution of the updated climate data available via the Climate Scenario Service provides a more detailed description of local extreme precipitation events. This allows a greater range of variability between ensemble members to be captured compared with previous climate data, which is also reflected in the spread of the flows calculated using Calculation Method I.

The climate sensitivity analysis showed that peak inflows generally increased in most areas, while mean inflows displayed more varied patterns depending on region and climate data. Design snow storage decreased in almost all analysed areas, particularly when using the new climate data, which is an indication that the importance of snowmelt for extreme flows may decrease in the future. Differences in the results between the two climate datasets can be explained by differences in reference periods, spatial resolution, and processing methods. Overall, the results show that calculations according to Calculation Method I for a future climate are also influenced by regional climate changes and local hydrological conditions.

Updating the climate data used in the climate sensitivity analysis of design floods ensures that the analysis is based on current scientific knowledge and provides a relevant basis for decision-making. The results should be interpreted as indicators of possible changes, rather than precise forecasts. Differences in the results highlights the importance of using updated climate data in the planning and climate adaptation of dam facilities.

Keywords

Design flood, Calculation Method I, future climate, climate sensitivity analysis, climate data, Länsanalyser, Climate Scenario Service and dam safety.

Innehåll

1 Bakgrund 11

2 Metoder 13

2.1 Framtida klimatpåverkan 13

2.2 Klimatmodeller 14

2.3 Referensperiod 16

2.4 Hydrologisk modell 17

2.5 Biasjustering 18

2.6 Beräkningsmetod I 20

2.7 Uppdatering av dimensionerande nederbördssekvenser 22

2.8 Klimatkänslighetsanalys av Beräkningsmetod I 25

2.9 Avrinningsområden för Beräkningsmetod I 27

2.10 Regleringsstrategier 31

3 Resultat 32

3.1 Uppdatering av dimensionerande nederbördssekvenser 32

3.2 Klimatkänslighetsanalys av Beräkningsmetod I 34

3.2.1 Region 1 34

3.2.2 Region 2 41

3.2.3 Region 3 45

3.2.4 Region 4 49

3.2.5 Region 5 57

3.2.6 Sammanfattning av Klimatkänslighetsanalysen 61

4 Diskussion och slutsatser 62

5 Referenslista 66

Bilaga A. Förändringen av toppvärdet och totalvolym i den dimensionerande nederbördssekvensen. 69

Bilaga B. Års- och månadsvisa förändringar i nederbörd och temperatur. 77

1 Bakgrund

Klimatet på jorden förändras, vilket påverkar de flöden som ligger till grund för dammarnas dimensionering. Eftersom dammanläggningar förväntas ha lång livslängd är det därför viktigt att de redan vid dimensioneringen utformas för att kunna hantera flöden under framtida klimatförhållanden.

Det är allmänt vedertaget att mänskliga utsläpp av växthusgaser är en huvudorsak till klimatförändringarna. För att bedöma effekterna av dessa används klimatscenarier som representerar möjliga framtida förhållanden. Klimatdata från dessa scenarier används som underlag för vidare analyser och möjliggör klimatkänslighetsanalyser av dimensionerande flöden enligt Beräkningsmetod I, i enlighet med Flödeskommitténs riktlinjer.[1]

Klimatförändringarnas påverkan på flödesdimensionering har diskuterats och analyserats under flera år[2,3,4,5], och Flödeskommitténs riktlinjer har successivt anpassats för att ta hänsyn till dem. Redan i utgåvan från 2007 lyftes behovet av att analysera klimatets påverkan, och i de senare utgåvorna (2015, 2022) har detta förstärkts genom rekommendationer om regelbunden översyn, användning av scenarier från vedertagna klimatmodeller samt krav på en dokumenterad och vetenskapligt förankrad metodik.

Beräkningsmetod I bygger på en dimensionerande nederbördssekvens över 14 dygn, där sekvensens start förskjuts stegvis i tiden med ett dygn i taget. Den klimatkänslighetsanalys som hittills tillämpats baseras på den metodik som beskrivs av Hallberg m.fl. (2014)[6], som i fortsättningen benämns Elforsk-rapport 2014. Analysen använder samma klimatdata som i SMHIs

---

[1] Svenska Kraftnät, Energiföretagen Sverige och SveMin. Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar – Utgåva 2022.

[2] Saelthun, N. R., Aittoniemi, P., Bergström, S., Einarsson K., Jóhannesson, T., Lindström, G., Ohlsson, P.-E., Thomsen, T., Vehviläinen, B. och Aamodt, K. O. *Climate change impacts on runoff and hydropower in the Nordic Countries*, Slutrapport från projektet *Climate Change and Energy Production*, TemaNord 1998:552. Oslo, 1998.

[3] Veijalainen, N., och Vehviläinen, B. "The Effect of Climate Change on Design Floods of High Hazard Dams in Finland." *Hydrology Research* 39, nr. 5–6 (2008): 465–477. https://doi.org/10.2166/nh.2008.202

[4] Andréasson, J., Gardelin, M., Hellström, S.-S. och Bergström, S. *Känslighetsanalys av Flödeskommitténs riktlinjer i ett framtida förändrat klimat*, Elforsk rapport 06:80, 2006.

[5] Andréasson, J., Bergström, S., Gardelin, M., German, J., Gustavsson, H., Hallberg, K. och Rosberg, J. *Dimensionerande flöden för dammanläggningar för ett klimat i förändring- metodutveckling och scenarier*, Elforsk rapport 11:25, 2011a.

[6] Hallberg, K., Andréasson, J., Axén-Mårtensson, J., Bergström, S., Dahné, J., Nylén, L. och Sjökvist, E. *Metodbeskrivning och jämförande studie av dimensionerande flöden för dammanläggningar med två generationer klimatscenarier*, Elforsk-rapport 2014:27, 2014. Tillgänglig: https://energiforsk.se/rapporter/metodbeskrivning-och-jamforande-studie-av-dimensionerande-floden-for-dammanlaggningar-med-tva-generationer-klimatscenarier-2014-27/

länsanalyser[7], det vill säga länsvisa klimatunderlag som publicerades 2015 som stöd för länsstyrelsernas och kommunernas klimatanpassningsarbete. Den dimensionerande nederbördssekvensen för beräkning av flöde enligt Beräkningsmetod I i ett framtida klimat togs då fram med utgångspunkt från dåvarande klimatdata. Sedan 2021 finns det nya klimatdata, baserade på nya forskningsresultat och med högre rumslig upplösning, tillgängliga via SMHIs Klimatscenariotjänst.[8] För att kunna tillämpa dessa vid beräkning av flöde enligt Beräkningsmetod I för ett framtida klimat behöver nederbördssekvensen uppdateras. I denna studie har därför nederbördssekvensen uppdaterats och klimatkänslighetsanalysen har därefter utförts med samma övergripande metodik som i den tidigare Elforsk-rapporten 2014.

Rapporten innehåller beräknade flöden enligt Beräkningsmetod I för ett framtida klimat för 13 områden, varav tio är kopplade till dammanläggningar och påverkas av vattenreglering, medan tre områden är oreglerade. I analysen jämförs resultaten från denna studie, beräknade enligt Beräkningsmetod I och baserade på uppdaterade klimatdata, med resultat från tidigare tillämpningar av den metodik som beskrivs i Elforsk-rapport 2014. Jämförelsen fokuserar på förändringar i temperatur, nederbörd, tillrinning, extrem dygnsnederbörd och snömagasin på olika tidsskalor samt på effekter på dimensionerande flöden enligt Beräkningsmetod I. Jämförelsen visar hur beräkningsresultaten förändras när uppdaterade klimatdata används samt skillnaderna mellan resultaten i denna studie och tidigare tillämpningar. Dessa skillnader är relevanta vid bedömning av osäkerheter i beräkningarna samt för dammsäkerhet och vattenresurshantering.

[7] Sjökvist, E., Mårtensson, J. A., Dahné, J., Köplin, N., Björck, E., Berglöv, G., Nylén, L., Brunell, J. T., Nordborg, D., Hallberg, K., Södling, J. och Clausen, S. B. *Klimatscenarier för Sverige. Bearbetning av RCP-scenarier för meteorologiska och hydrologiska effektstudier*, SMHI Klimatologi nr 15, 2015.

[8] SMHI. *Klimatscenariotjänsten*. Tillgänglig: https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/klimatscenariotjansten, 2026a

2 Metoder

Beräkningarna i den här studien genomfördes i två etapper. I den första uppdaterades nederbördssekvensen baserat på det nya klimatunderlaget. I den andra genomfördes förnyade hydrologiska beräkningar enligt Beräkningsmetod I för en utvald framtida period, baserade på de klimatdata som finns tillgängliga via SMHIs Klimatscenariotjänst. Resultaten jämförs med tidigare beräkningar baserade på de klimatdata som användes i länsanalyserna. De två klimatunderlagen skiljer sig åt på flera sätt, bland annat vad gäller historiska data för temperatur och nederbörd, globala och regionala klimatmodeller, tidsperioder och databearbetning. Dessa skillnader påverkar jämförbarheten mellan resultaten. I detta kapitel beskrivs de viktigaste skillnaderna mellan de två klimatunderlagen samt den hydrologiska modellering och beräkningsmetodik som tillämpats i denna studie. För en mer omfattande beskrivning av skillnaderna mellan klimatunderlagen hänvisas till Sjökvist m.fl. (2023)[9].

2.1 FRAMTIDA KLIMATPÅVERKAN

Klimatets framtida utveckling beror på hur koncentrationen av växthusgaser i atmosfären förändras. För att kunna studera framtidens klimat krävs därför antaganden om hur utsläppen av växthusgaser utvecklas. RCP-scenarierna (Representative Concentration Pathways[10]) beskriver olika möjliga utvecklingar av växthusgaskoncentrationerna i atmosfären fram till år 2100 (Figur 1, återgiven från SMHI, 2026b[11]). Vilket scenario som ligger närmast verkligheten beror på dagens och framtida utsläpp av växthusgaser.

RCP2.6 kan liknas vid ett lågutsläppsscenario som överensstämmer med Parisavtalets mål, där utsläppen kulminerar tidigt och därefter minskar kontinuerligt. Socioekonomiskt motsvarar detta en värld med låg energiintensitet och minskad användning av fossila bränslen.

RCP4.5 är ett stabiliseringsscenario där koldioxidutsläppen kulminerar omkring år 2040 och stabiliseras mot slutet av seklet; socioekonomiskt förutsätter detta en strikt klimatpolitik, med exempelvis plantering av skog och minskad areal för jordbruk.

[9] Sjökvist, E., Björck, E., Carlsson, D., Eklund, A., Jacobsson, K., Johnell, A., Södling, J. och Zabori, J. *Jämförelse länsanalyser och scenariotjänst*, SMHI Klimatologi nr 70, 2023.

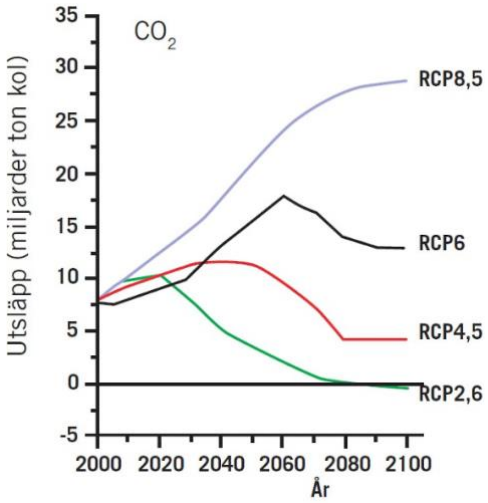
[10] van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., m. fl. "The Representative Concentration Pathways: An Overview." *Climatic Change* 109, 2011. https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z

[11] SMHI. *RCP-scenarier*. Tillgänglig: SMHI, https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatmodeller-och-scenarier/rcp-scenarier, 2026b

RCP6 beskriver en framtid där koldioxidutsläppen ökar fram till omkring år 2060 och därefter minskar, men förblir på en nivå över dagens. Scenariot innebär ett fortsatt stort beroende av fossila bränslen, men lägre energiintensitet än i RCP8.5.

RCP8.5 beskriver en framtid med fortsatt kraftig ökning av utsläpp och stor mänsklig påverkan på klimatsystemet, utan tillkommande klimatpolitik; scenariot motsvarar högt beroende av fossila bränslen och hög energiintensitet.

I denna studie används klimatdata från SMHIs Klimatscenariotjänst för scenarierna RCP2.6, RCP4.5 och RCP8.5.



Figur 1. Utsläpp av koldioxid vid olika RCP-scenarier angivet som miljarder ton kol. Återgiven från SMHI (2026b)[12].

2.2 KLIMATMODELLER

En klimatmodell beskriver jordens klimatsystem, inklusive atmosfär, landyta, hav och sjöar, och beräknar parametrar som temperatur, nederbörd, luftfuktighet, vind och lufttryck. Globala modeller simulerar hela jordens klimat, medan regionala modeller ger högre detaljnivå för ett avgränsat område. Framtida utsläpp av växthusgaser beskrivs här med RCP-scenarier. Kombinationen av en global klimatmodell, en regional klimatmodell och ett RCP-scenario används för att beräkna klimatscenarier. För att hantera osäkerhet används ensembler, det vill säga samlingar av flera klimatscenarier.

I länsanalyserna tillämpades 9 globala och 1 regional klimatmodell i kombination med 2 RCP-scenarier (RCP4.5 och RCP8.5), vilket ger totalt 18

[12] SMHI. *RCP-scenarier*. Tillgänglig: SMHI, https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatmodeller-och-scenarier/rcp-scenarier, 2026b

scenarier (9 per RCP) med en grundupplösning på 50 km. Den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten omfattar 7 globala och 11 regionala klimatmodeller i kombination med 3 RCP-scenarier (RCP2.6, RCP4.5 och RCP8.5). Totalt har 51 scenarier använts (17 per RCP), med en grundupplösning på 12,5 km. En sammanfattning av bakgrundsmaterialet som ligger till grund för klimatdata presenteras i Tabell 1. Mer detaljerad information återfinns i Sjökvist m.fl. (2023)[13], se Tabell 1 och Tabell 3.

Klimatdata finns även tillgängliga med 4 × 4 km i rumslig upplösning, vilket motsvarar upplösningen i PTHBV-databasen för dagens klimat.[14,15,16] Beräkningarna i denna studie baseras på den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten och jämförs med resultaten från tidigare tillämpningar av den metodik som beskrivs i Elforsk-rapporten 2014.

Tabell 1. Skillnader i klimatdata som används i länsanalyserna och i Klimatscenariotjänsten.

	Länsanalyserna	**Klimatscenariotjänsten**
Globala modeller	9	7
Regionala modeller	1	11
RCP-scenarierna (Representative Concentration Pathways)	RCP4.5, RCP8.5	RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5
Antal klimatscenarier	18	51
	(9 hydrologiska klimatscenarier per RCP)	(17 hydrologiska klimatscenarier per RCP)
Upplösning RCM (Regional Climate Models)	50 km	12,5 km

[13] Sjökvist, E., Björck, E., Carlsson, D., Eklund, A., Jacobsson, K., Johnell, A., Södling, J. och Zabori, J. *Jämförelse länsanalyser och scenariotjänst*, SMHI Klimatologi nr 70, 2023.

[14] Johansson, B. "Areal Precipitation and Temperature in the Swedish Mountains: An Evaluation from a Hydrological Perspective." *Hydrology Research* 31, nr. 3 (2000): 207–228. https://doi.org/10.2166/nh.2000.0013

[15] Johansson, B., och D. Chen. "The Influence of Wind and Topography on Precipitation Distribution in Sweden: Statistical Analysis and Modelling." *International Journal of Climatology* 23 (2003): 1523–1535. https://doi.org/10.1002/joc.951

[16] Johansson, B., och D. Chen. "Estimation of Areal Precipitation for Runoff Modelling Using Wind Data: A Case Study in Sweden." *Climatic Research* 29 (2005): 53–61. https://doi.org/10.3354/cr029053

2.3 REFERENSPERIOD

Vilken referensperiod som används beror på vilken beräkning som genomförs och vilket klimatunderlag som används. För tidigare beräkningar enligt Elforsk-rapporten 2014, baserade på samma klimatdata som i länsanalyserna, används referensperioder inom 1961–1990. I denna studie, som baseras på de nya klimatdata som finns tillgängliga via Klimatscenariotjänsten, används referensperioder inom 1971–2000. Anledningen till att referensperioderna i denna studie ligger tio år senare är att många av scenarierna i Klimatscenariotjänsten börjar 1970, vilket innebär att det inte är möjligt att kombinera den hydrologiska ensemblen med en referensperiod som börjar 1961.

I en tidigare studie jämfördes klimatförhållandena under referensperioderna i det uppdaterade klimatunderlaget och i länsanalyserna.[17] Jämförelsen visade bland annat att årsmedeltemperaturen var 0,25–0,5 °C högre, med lokala variationer. Vintrarna under 1990-talet var betydligt varmare än genomsnittet 1961–1990, med vintertemperaturskillnader på 0,75–1,25 °C. Perioden 1971–2000 var också blötare, med upp till 12 % mer årsnederbörd, och sommarnederbörden var generellt högre, förutom i västra Götaland där den var något lägre.

De referensperioder som används i de olika delarna av analysen sammanfattas i tabell 2 för uppdateringen av nederbördssekvensen och i tabell 3 för beräkningarna av dimensionerande flöden enligt Beräkningsmetod I. I den senare etappen av studien beräknas dimensionerande flöden enligt Beräkningsmetod I för en framtida period. Denna period har tidigare beräknats enligt metodiken som beskrivs i Elforsk-rapport 2014, men beräknas nu med uppdaterade klimatdata från Klimatscenariotjänsten.

[17] Sjökvist, E., Björck, E., Carlsson, D., Eklund, A., Jacobsson, K., Johnell, A., Södling, J. och Zabori, J. *Jämförelse länsanalyser och scenariotjänst*, SMHI Klimatologi nr 70, 2023.

2.4 HYDROLOGISK MODELL

Den hydrologiska modell som normalt används i Sverige för beräkning av flöden enligt Beräkningsmetod I är HBV-modellen. Den har utvecklats vid SMHI sedan början av 70-talet.[18,19] Modellen är begreppsmässig, d.v.s. den bygger på en förenklad fysikalisk beskrivning och kalibreras till specifika vattendrag. HBV-modellen har en enkel struktur och är i grunden uppbyggd av tre huvudmoduler, en för beräkning av snöns ackumulation och avsmältning, en för beräkning av avdunstning och grundvatten samt en tredje för beräkning av hur flödesförloppet påverkas av vattendragets flödesdämpande egenskaper.

Drivdata är nederbörd, temperatur (PTHBV-upplösning, 4 × 4 km) samt potentiell avdunstning, vilken antas förändras proportionellt med temperaturen. Framtida nederbörd och temperatur från de regionala klimatmodellerna används i biasjusterad form (se avsnitt 2.5).

Modellen är semidistribuerad vilket innebär att markanvändningen inte är kopplat till en särskilt geografisk plats. Varje delavrinningsområde delas in i delområden inom vilka höjd- och vegetationszoner (skog, öppet landskap, glaciär och sjöar) klassificeras. Den har dessutom speciella funktioner för att hantera sjöar och tappningsstrategier.

En tidigare jämförelse av olika osäkerhetskällor vid beräkning av flöde enligt Beräkningsmetod I visar att osäkerheten kopplad till klimatscenarier generellt är större än osäkerheten från andra faktorer, såsom meteorologiska drivdata, snötäcke, beräkningsperioder, modellversioner och kalibrering.[20]

[18] Bergström, S. "The HBV Model — Its Structure and Applications." In V. P. Singh (ed.), *Computer Models of Watershed Hydrology*, 443–476. Water Resources Publications, Highlands Ranch, Colorado, 1992.

[19] Lindström, G., Johansson, B., Persson, M., Gardelin, M. och Bergström, S. "Development and Test of the Distributed HBV-96 Hydrological Model." *Journal of Hydrology* 201, nr. 1–4 (1997): 272–288. https://doi.org/10.1016/S0022-1694(97)00041-3

[20] Andréasson, J., Bergström, S., Gardelin, M., German, J., Johansson, B., Lindström, G. och Rosberg, J. *Analys av osäkerheter vid beräkning av dimensionerande flöden för dammar i flödes-dimensioneringsklass I*, Elforsk rapport 11:31, 2011b.

2.5 BIASJUSTERING

Klimatmodellerna genererar tidsserier som inte kan jämföras direkt med observationer för specifika år, utan representerar typiska år med statistiska egenskaper för den simulerade perioden. För att korrigera systematiska fel och förbättra jämförbarheten med observationer används biasjustering: de tidigare klimatdata har justerats med DBS-metoden[21], och de nya klimatdata med MIdAS-metoden[22]. DBS använder fördefinierade anpassningsfunktioner och separerar statistiken per månad, medan MIdAS är mer flexibel och använder löpande fönster för dagliga värden, vilket gör metoden mindre känslig för klimatförändringar.

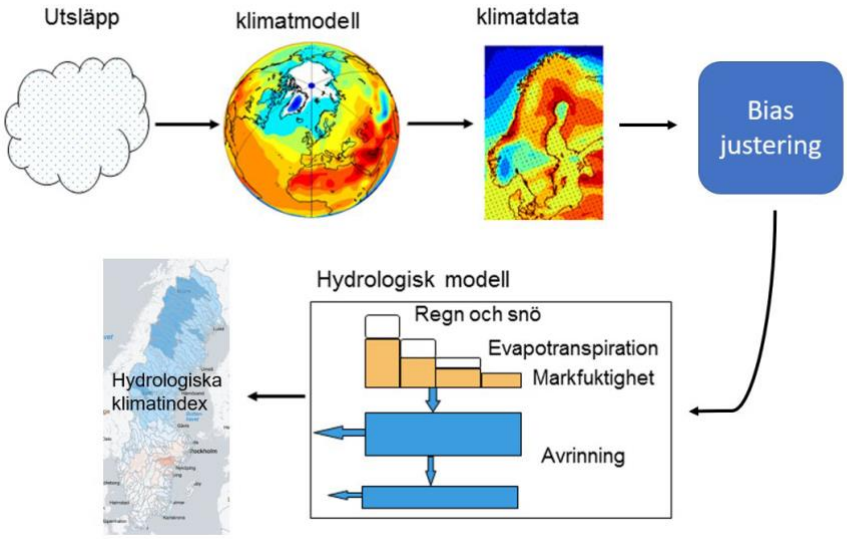
Justerade data kan sedan användas som indata till hydrologiska modeller för beräkning av framtida vattenföring, se Figur 2 (baserad på Sjökvist m.fl., 2023[23], avsnitt 2.4). Eftersom vissa systematiska fel kvarstår i klimatmodellernas utdata även efter biasjustering används klimatdata även för referensperioden vid flödesberäkningar enligt Beräkningsmetod I. På så sätt kan förändringen i beräknad vattenföring mellan referensperioden och de framtida perioderna analyseras.

Vid uppdateringen av den dimensionerande nederbördssekvensen görs i denna rapport en motsvarande jämförelse mellan referensperioden och de framtida perioderna. I detta steg används icke biasjusterade data (se avsnitt 2.7).

[21] Yang, W., Andréasson, J., Graham, L. P., Olsson, J., Rosberg, J. och Wetterhall, F. "Distribution-based Scaling to Improve Usability of Regional Climate Model Projections for Hydrological Climate Change Impacts Studies." *Hydrology Research* 41, nr. 3–4 (2010): 211–229. https://doi.org/10.2166/nh.2010.004

[22] Berg, P., Bosshard, T., Yang, W. och Zimmermann, K. "MIdASv0.2.1 – MultI-scale Bias AdjuStment." *Geoscientific Model Development* 15 (2022): 6165–6180. https://doi.org/10.5194/gmd-15-6165-2022

[23] Sjökvist, E., Björck, E., Carlsson, D., Eklund, A., Jacobsson, K., Johnell, A., Södling, J. och Zabori, J. *Jämförelse länsanalyser och scenariotjänst*, SMHI Klimatologi nr 70, 2023.

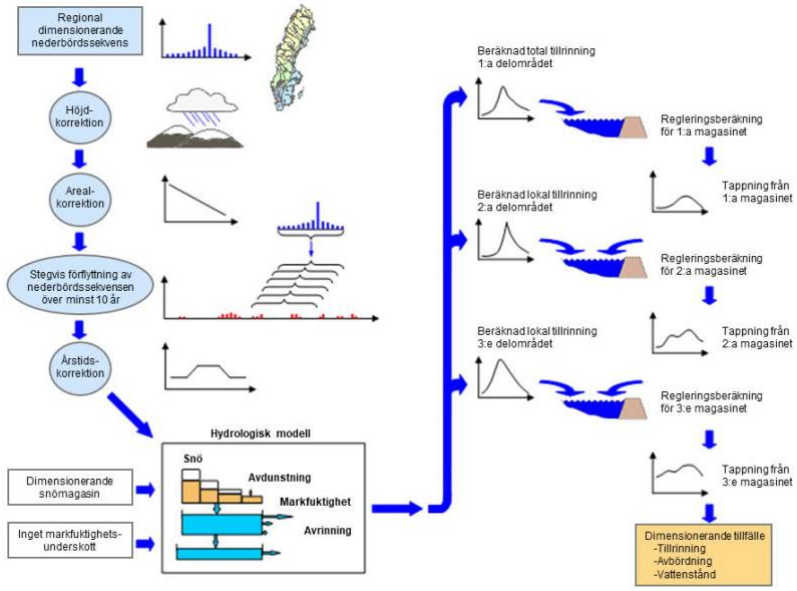


Figur 2. Beräkningskedja från utsläppsscenarier via klimatmodellering, klimatdata och biasjustering till hydrologisk modellering och hydrologiska klimatindex. Anpassat från Sjökvist m.fl. (2023)[24].

[24] Sjökvist, E., Björck, E., Carlsson, D., Eklund, A., Jacobsson, K., Johnell, A., Södling, J. och Zabori, J. *Jämförelse länsanalyser och scenariotjänst*, SMHI Klimatologi nr 70, 2023.

2.6 BERÄKNINGSMETOD I

Flöden enligt Beräkningsmetod I har beräknats i enlighet med Flödeskommitténs riktlinjer[25] för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar. Metoden bygger på hydrologiska modellsimuleringar som beskriver effekterna av mycket stora nederbördsmängder under kritiska hydrologiska förhållanden: efter en snörik vinter och under hösten när magasinen är helt fyllda (se Figur 3).



Figur 3. Schematisk beskrivning av beräkningsgången för flöde enligt Beräkningsmetod I enligt riktlinjerna. Återgiven från Flödeskommitténs riktlinjer.

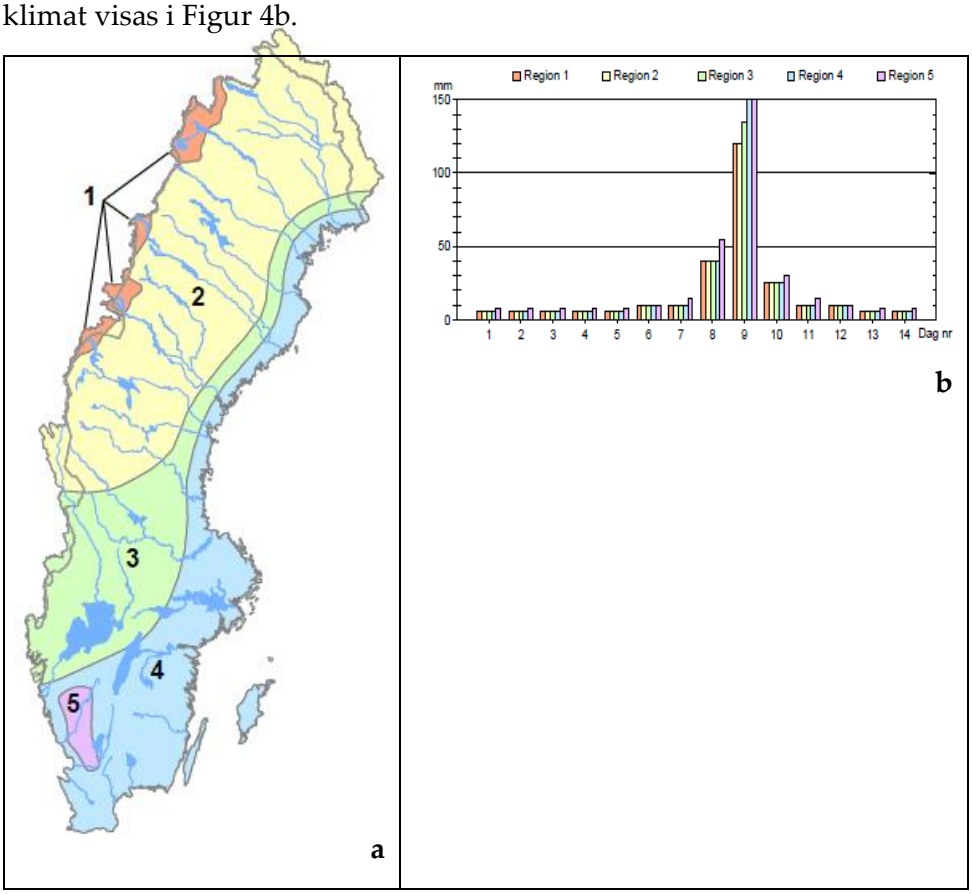
Den hydrologiska modellen är kalibrerad med fokus på höga flödestoppar. Med den kalibrerade modellen beräknas dimensionerande snömagasin genom frekvensanalys av snömagasinets årliga maximivärden med 30 års återkomsttid. För den dimensionerande snömängden bestäms även det senaste datumet för snömaximum under samma tidsperiod, vilket används som startdatum för modellkörningen. Fördelningen av snön mellan områdets höjdzoner och delområden antas vara densamma som under året med störst snötäcke. Vid analysens start antas inget markvattenunderskott.

Därefter beräknas kritiska flöden och vattenstånd med hjälp av en 14-dagars dimensionerande nederbördssekvens. Sekvensen appliceras vid olika tidpunkter genom att den förskjuts stegvis med ett dygn för varje modellkörning. Sekvensen är regionspecifik och baseras på Sveriges fem regioner enligt Flödeskommitténs indelning, med skillnader i nederbördens intensitet och årstidsfördelning mellan regionerna. Dessutom korrigeras sekvensen för höjd, avrinningsområdets storlek och årstid.

[25] Svenska Kraftnät, Energiföretagen Sverige och SveMin. Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar – Utgåva 2022.

Årstidskorrigeringen varierar mellan regionerna och har i ett separat arbete utvärderats som rimlig under nuvarande klimatförhållanden.[26] Enligt riktlinjerna baseras beräkningen av flöde enligt Beräkningsmetod I på minst tio år; i detta arbete har 20 år använts.

Flödeskommitténs regionindelning visas i Figur 4a och den dimensionerande nederbördssekvensen för respektive region i dagens klimat visas i Figur 4b.



Figur 4. Regionindelning (a) samt dimensionerande nederbördssekvenser för respektive region i dagens klimat (b). Diagrammet avser arealnederbörd över 1000 km², angiven i mm/dygn. Båda figurer är återgivna från Flödeskommitténs riktlinjer.[27]

[26] Losjö, K., Södling, J., Wern, L. och German, J. *Uppföljning av de svenska riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar, Klimatologi* 51, 2019. Tillgänglig här: https://www.smhi.se/publikationer-fran-smhi/sok-publikationer/2019-09-24-uppfoljning-av-de-svenska-riktlinjerna-for-bestamning-av-dimensionerande-floden-for-dammanlaggningar.

[27] Svenska Kraftnät, Energiföretagen Sverige och SveMin. Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar – Utgåva 2022.

2.7 UPPDATERING AV DIMENSIONERANDE NEDERBÖRDSSEKVENSER

Den första etappen i den här studien omfattade hantering av klimatdata i Klimatscenariotjänsten och uppdatering av nederbördssekvenser baserat på den hydrologiska ensemblen. Sekvenserna för dagens klimat, som används i Flödeskommitténs riktlinjer, baseras på observationsdata över extrem nederbörd från perioden 1926–1988 (63 år). Uppföljningar och utvärdering av de dimensionerande nederbördssekvenserna gjordes i Losjö m. fl. (2019)[28] och resultaten visar att sekvenserna för dagens klimat fortfarande är giltiga. För framtida klimat kan däremot de dimensionerande nederbördssekvenserna inte återskapas direkt från klimatmodellernas simuleringar, eftersom beräkningsperioderna är korta (endast 30 år) och därmed inte ger ett tillräckligt underlag för statistisk analys av extrem nederbörd.

Istället tillämpades metoden enligt Elforsk-rapporten 2014[29], som bygger på klimatmodellernas nederbördskaraktäristik, och de dimensionerande sekvenserna för dagens klimat användes som utgångspunkt för att ta fram nya sekvenser som representerar extrem nederbörd i framtida klimat. Sekvenserna uppdaterades för samtliga fem regioner, tre framtida tidsperioder (2011–2040, 2041–2070 och 2071–2100) samt RCP-scenarierna 2.6, 4.5 och 8.5, med referensperioden 1971–2000.

Tillämpningen av metoden innebär att årliga maxvärden av dygns- och 14-dygnsnederbörd identifieras för varje region genom att för varje år välja den största nederbörden bland alla gridrutor inom regionen. På så sätt skapas tidsserier av extrema nederbördsvärden på regional nivå. Därefter beräknas 100-årsnederbörden genom frekvensanalys enligt Gumbels fördelning. Den procentuella förändringen i dygns- och 14-dygnsnederbörd beräknas sedan genom att jämföra 100-årsnederbörden för de framtida perioderna med motsvarande värde för referensperioden.

För varje vald framtida tidsperiod och för samtliga 51 scenarier i den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten genomfördes en tvåstegsjustering av 14-dygnssekvenserna. Först justerades dygnstoppen (dygn 9) utifrån den procentuella förändringen i 100-årsvärdet för

[28] Losjö, K., Södling, J., Wern, L. och German, J. *Uppföljning av de svenska riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar*, *Klimatologi* 51, 2019. Tillgänglig här: https://www.smhi.se/publikationer-fran-smhi/sok-publikationer/2019-09-24-uppfoljning-av-de-svenska-riktlinjerna-for-bestamning-av-dimensionerande-floden-for-dammanlaggningar

[29] Hallberg, K., Andréasson, J., Axén-Mårtensson, J., Bergström, S., Dahné, J., Nylén, L. och Sjökvist, E. *Metodbeskrivning och jämförande studie av dimensionerande flöden för dammanläggningar med två generationer klimatscenarier*, Elforsk-rapport 2014:27, 2014. Tillgänglig: https://energiforsk.se/rapporter/metodbeskrivning-och-jamforande-studie-av-dimensionerande-floden-for-dammanlaggningar-med-tva-generationer-klimatscenarier-2014-27/

dygnsnederbörd. Därefter justerades övriga dygn utifrån den procentuella förändringen i 14-dygnsnederbörd, så att totalvolymen stämmer utan att ändra nederbördens tidsfördelning. I ett fall översteg den justerade nederbörden för dygn 9 den totala nederbördsvolym som skulle fördelas över hela 14-dygnssekvensen. Detta inträffade i ett scenario, i en region och under en av de tre framtida tidsperioderna. I detta fall justerades toppvärdet enligt den procentuella förändringen i 100-årsvärdet för dygnsnederbörd, medan övriga dygn sattes till noll eftersom en justering av totalvolymen annars skulle ge negativa nederbördsvärden. Denna förenkling medför att totalvolymen överskattas något, men bedöms ändå vara rimlig eftersom toppvärdet styr flödets kritiska nivåer och sekvenserna ursprungligen är framtagna för maximala flöden.

Det uppdaterade klimatunderlaget som finns i Klimatscenariotjänsten omfattar cirka 3 200 rutor med 12,5 × 12,5 km upplösning, vilket ger en detaljerad regional representation av extrema nederbördsförhållanden. De klimatdata som användes i länsanalyserna hade en grövre upplösning, cirka 200 rutor med 50 × 50 km. I klimatdata med högre rumslig upplösning är sannolikheten för extrem nederbörd lägre på lokal nivå än i klimatdata med grövre upplösning, vilket medför längre återkomsttider. För uppdateringen av sekvenserna användes icke biasjusterade data, i enlighet med metodiken i Elforsk-rapport 2014. De viktigaste skillnaderna mellan klimatunderlagen för uppdatering av de dimensionerande nederbördssekvenserna redovisas i Tabell 2.

Tabell 2. Skillnader i klimatunderlagen för uppdatering av de dimensionerande nederbördssekvenserna i Elforsk-rapporten 2014 och denna studie.

	Elforsk-rapport 2014	**Energiforsk-rapport 2026**
Klimatdata	Samma som i Länsanalyserna	Den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten
Upplösning RCM (Regional Climate Models)	50 km	12,5 km
RCP-scenarierna (Representative Concentration Pathways)	RCP4.5, RCP8.5	RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5
Antal klimatscenarier	18 (9 hydrologiska klimatscenarier per RCP)	51 (17 hydrologiska klimatscenarier per RCP)
Referensperiod	1961-1990	1971-2000
Klimatdataperioder	2021-2050 2069-2098	2011–2040, 2041–2070, 2071–2100

2.8 KLIMATKÄNSLIGHETSANALYS AV BERÄKNINGSMETOD I

Metodiken för klimatkänslighetsanalys av Beräkningsmetod I utvecklades av Andréasson m.fl. (2011a)[30] och vidareutvecklades i Elforsk-rapporten 2014[31]. I den andra etappen av studien genomförs hydrologiska beräkningar enligt Beräkningsmetod I med det uppdaterade klimatunderlag som finns tillgängligt i Klimatscenariotjänsten. Beräkningarna görs för att identifiera det mest kritiska tillfället för ett framtida klimat.

Vid klimatkänslighetsanalysen tillämpas den vidareutvecklade metodiken, där de klimatberoende faktorerna i Flödeskommitténs riktlinjer justeras för olika framtida tidsperioder och klimatscenarier enligt följande:

- Nederbördssekvensen för varje klimatscenario (uppdaterad i etapp ett) används för att representera den förväntade extrem-nederbörden.
- Snömagasin med 30 års återkomsttid beräknas i respektive klimatscenario.
- Dagliga temperatur- och nederbördsdata för respektive klimat-scenario används under beräkningsperioderna. Dessa data har samma 4 × 4 km upplösning som PTHBV för dagens klimat.

För klimatkänslighetsanalysen med det uppdaterade klimatunderlaget används en referensperiod och flera framtida perioder, som specificeras i Tabell 3. I denna studie genomförs beräkningarna endast för perioden 2077–2096. Valet av period möjliggör jämförelser med motsvarande resultat för flera avrinningsområden från tidigare tillämpningar av metodiken som beskrivs i Elforsk-rapporten 2014.

[30] Andréasson, J., Bergström, S., Gardelin, M., German, J., Gustavsson, H., Hallberg, K. och Rosberg, J. *Dimensionerande flöden för dammanläggningar för ett klimat i förändring- metodutveckling och scenarier*, Elforsk rapport 11:25, 2011a.

[31] Hallberg, K., Andréasson, J., Axén-Mårtensson, J., Bergström, S., Dahné, J., Nylén, L. och Sjökvist, E. *Metodbeskrivning och jämförande studie av dimensionerande flöden för dammanläggningar med två generationer klimatscenarier*, Elforsk-rapport 2014:27, 2014. Tillgänglig: https://energiforsk.se/rapporter/metodbeskrivning-och-jamforande-studie-av-dimensionerande-floden-for-dammanlaggningar-med-tva-generationer-klimatscenarier-2014-27/

Tabell 3. Referens- och framtidsperioder som används vid beräkning av 30-årssnömagasin samt tillrinning och vattenstånd enligt Beräkningsmetod I. Datum anges med mm-dd, vilket är dagen efter senaste snömax.

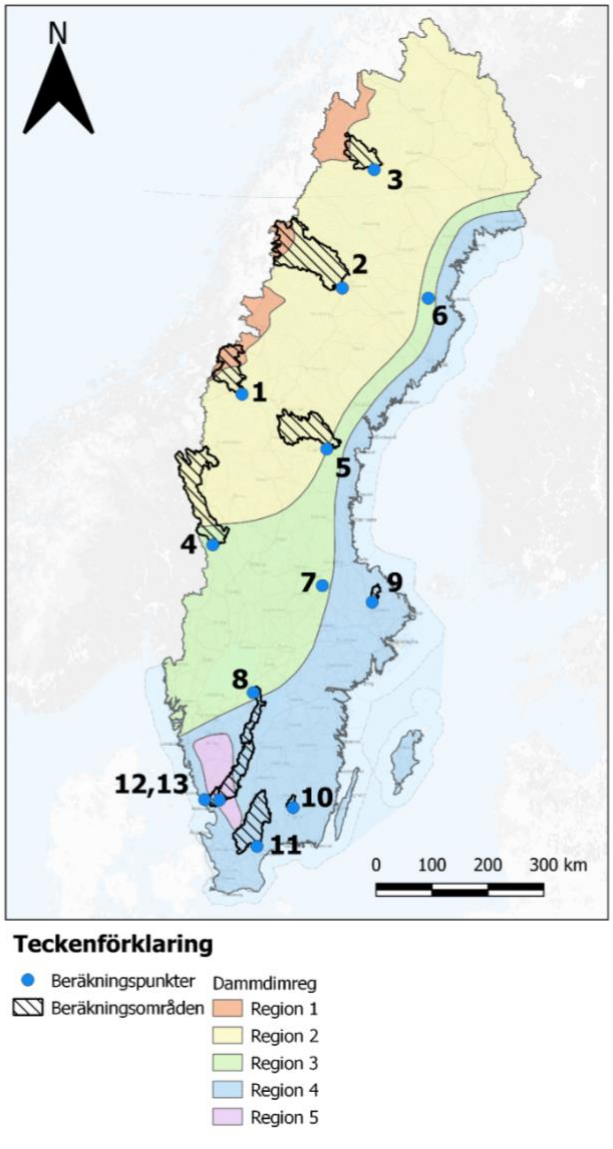
		Elforsk-rapport 2014	**Energiforsk-rapport 2026**
30 års snöberäkning	Referens-period	1962-10-01 – 1990-12-31	1972-10-01 – 2000-10-31
	Framtids-perioder	2022-10-01 – 2050-12-31	2012-10-01 – 2040-10-01
		2069-10-01 – 2097-12-31	2042-10-01 – 2070-12-01
			2072-10-01 – 2100-12-31
Tillrinning och vattenstånd enligt Beräkningsmetod I	Referens-period	1971-mm-dd – 1990-12-31	1981-mm-dd – 2000-12-31
	Framtids-perioder	2030-mm-dd – 2049-12-31	2021-mm-dd – 2040-12-31
		2077-mm-dd – 2096-12-31	2051-mm-dd – 2070-12-31
			2080-mm-dd – 2099-12-31*

* Perioden 2080–2099 avses användas för framtida beräkningar enligt Beräkningsmetod I med uppdaterade klimatunderlag. I denna studie används perioden 2077–2096 för att möjliggöra jämförelse med tidigare tillämpningar av metodiken som beskrivs i Elforsk-rapporten 2014.

2.9 AVRINNINGSOMRÅDEN FÖR BERÄKNINGSMETOD I

Tretton avrinningsområden med varierande storlek, hydrologisk karaktär och grad av mänsklig påverkan valdes för att analysera hur uppdaterade klimatdata påverkar resultaten av Beräkningsmetod I och för att möjliggöra jämförelser med tidigare tillämpningar av metodiken som beskrivs i Elforsk-rapporten 2014. Avrinningsområdena omfattar samtliga fem dimensioneringsregioner och redovisas i Figur 5 och Tabell 4. Flera områden sträcker sig över mer än en region.

För samtliga avrinningsområden användes samma modelluppsättningar som i de tidigare tillämpningarna. Parametrar, avbördningskurvor, magasinstabeller och regleringsstrategier, där tillämpligt, var oförändrade.



(1) Kallsjön i Indalsälven
(2) Storuman i Umeälven
(3) Seitevare i Luleälven
(4) Höljesdammen i Klarälven
(5) Torpshammar i Ljungan
(6) Gillervattnet i Skellefteälven
(7) Gruvsjön i Dalälven
(8) Tidans mynning i Östen
(9) Vattholma i Fyrisån
(10) Rottnen i Ronnebyån
(11) Torsebro i Helge å
(12) Suseåns mynning i Kattegatt (närmast kusten)
(13) Nissaströms damm i Nissan (inåt landet)

Figur 5. Beräkningsområden för klimatkänslighetsanalys av Beräkningsmetod I.

Tabell 4. Procentuell fördelning av avrinningsområdenas yta mellan dimensioneringsregionerna samt huvudavrinningsområde och total area för respektive område.

	Beräkningspunkt	Huvud-avrinningsomr	Area (km²)	Andel (%) per dimensioneringsregion				
				Reg 1	Reg 2	Reg 3	Reg 4	Reg 5
1	Kallsjön	Indalsälven	3 000	50	50			
2	Storuman	Umeälven	6 700	24	76			
3	Seitevare	Luleälven	2 300	10	90			
4	Höljesdammen	Klarälven	6 000		78	22		
5	Torpshammar	Ljungan	4 300		93	7		
6	Gillervattnet	Skellefteälven	9			100		
7	Gruvsjön	Dalälven	44			100		
8	Tidans mynning i Östen	Tidan	1 300			15	85	
9	Vattholma	Fyrisån	292				100	
10	Rottnen	Ronnebyån	250				100	
11	Torsebro	Helge å	3 700				99	<1
12	Suseåns mynning i Kattegatt	Suseån	450				43	57
13	Nissaström	Nissan	2 450				63	37

Nedan följer en kort beskrivning av varje avrinningsområde:

1. Kallsjön (Indalsälven) ligger i dimensioneringsregion 1 och 2, med ungefär lika stor andel i respektive region. Området är kraftigt reglerat och har ett avrinningsområde på cirka 3 000 km² uppströms dimensioneringspunkten. Dammen vid Kallsjön avvattnas via Järpströmmen, och markanvändningen domineras av skogsmark och kalfjäll (vardera cirka 28 %). En tidigare tillämpning enligt Elforsk-rapporten 2014 finns redovisad i Johnell och Elenius[32] och har använts som jämförelseunderlag.

[32] Johnell, A., och Elenius, M. *Dammdimensionering för Indalsälven. Delrapport 5 – Känslighetsanalys för förändrat klimat*, SMHI Rapport 2019-63, 2019.

2. Storuman (Umeälven) ligger huvudsakligen i Region 2 (76 %), med mindre delar i Region 1 (24 %). Området är starkt reglerat och har ett avrinningsområde på cirka 6 700 km² uppströms dimensioneringspunkten, med flera magasin och dammar som leder vatten från fjällnära källor kring Överuman via Storjuktan/Juktån till sjön Storuman. En tidigare tillämpning enligt Elforsk-rapporten 2014 finns redovisad i Losjö och Johnell[33] och har använts som jämförelseunderlag.

3. Seitevare (Luleälven) ligger huvudsakligen i Region 2 (90 %), med mindre delar i Region 1 (10 %). Avrinningsområdet omfattar cirka 2 300 km², varav 5 % glaciärer och 25 % skog, och sträcker sig upp i fjällområden med medelhöjd över 900 m. Magasinet Tjaktajaure rymmer cirka 1 650 miljoner m³ reglerbar vattenvolym. En tidigare tillämpning enligt Elforsk-rapporten 2014 från Reynolds och Orrheim[34] (pågående projekt) har använts som jämförelseunderlag.

4. Höljesdammen (Klarälven) ligger huvudsakligen i Region 2 (78 %), med mindre delar i Region 3 (22 %), och har ett avrinningsområde på cirka 6 000 km². Den reglerbara volymen uppgår till cirka 270 miljoner m³. Dammens reglering och vattennivåer är relevanta för analysen av flödesförhållanden nedströms Höljesdammen längs Klarälven och i Karlstad. Klimatkänslighetsanalysen av Beräkningsmetod I för detta område genomfördes i Elforsk-rapporten 2014, och resultaten har använts som jämförelseunderlag i denna studie.

5. Torpshammar (Ljungan) ligger huvudsakligen i Region 2 (93 %), med mindre delar i Region 3 (7 %). Avrinningsområdet är skogsdominerat och omfattar cirka 4 300 km² uppströms dimensioneringspunkten. Den huvudsakliga magasineringen finns längre uppströms i sjön Leringen ovanför Leringsforsdammen, där den reglerbara volymen är cirka 360 miljoner m³. Klimatkänslighetsanalysen av Beräkningsmetod I för detta område genomfördes i Elforsk-rapporten 2014, och resultaten har använts som jämförelseunderlag i denna studie.

6. Gillervattnet (Skellefteälven) ligger helt inom Region 3 nära Boliden. Avrinningsområdet är cirka 9 km², med 20 % vattenyta. Vid hög tillrinning avleds vatten via Hötjärn till Brubäcken, som sedan mynnar i Skellefteälven. En tidigare tillämpning enligt

[33] Losjö, K., och Johnell, A. *Dammdimensionering för Umeälven. Delrapport 3 – Känslighetsanalys för klimat*, SMHI Rapport 2016-54, 2016.

[34] Reynolds, E., och Orrheim, L. *Flödesberäkningar för Luleälven* (pågående projekt, 2023).

Elforsk-rapporten 2014 finns redovisad i Hallberg m.fl. (2015)[35] och har använts som jämförelseunderlag.

7. Gruvsjön (Dalälven) ligger helt inom Region 3 vid Garpenberg och omfattar ett avrinningsområde på cirka 44 km². Dimensioneringsberäkningar har utförts för Gruvsjödammen längst nedströms i ett system av mindre gruvdammar. Klimatkänslighetsanalysen av Beräkningsmetod I för detta område genomfördes i Elforsk-rapporten 2014, och resultaten har använts som jämförelseunderlag i denna studie.

8. Tidans mynning i Östen ligger huvudsakligen i Region 4 (85 %), med mindre delar i Region 3 (15 %). Avrinningsområdet omfattar cirka 1 300 km² och passerar skogs- och jordbruksdominerade landskap samt flera sjösystem innan det mynnar i sjön Östen. En tidigare tillämpning enligt Elforsk-rapporten 2014 finns redovisad i Reynolds och Berglöv[36] och har använts som jämförelseunderlag.

9. Vattholma (Fyrisån) ligger helt inom Region 4. Avrinningsområdet är cirka 292 km² och domineras av skogsmark. En tidigare tillämpning enligt Elforsk-rapporten 2014 finns redovisad i Johnell och Ericsson[37] och har använts som jämförelseunderlag.

10. Rottnen (Ronnebyån) ligger helt inom Region 4 och omfattar cirka 250 km² uppströms avrinningsområde. Området domineras av skogsmark och är reglerat med en damm och vattenkraftverk som ger måttlig reglering uppströms. En tidigare tillämpning enligt Elforsk-rapporten 2014 finns redovisad i Reynolds m. fl.[38] och har använts som jämförelseunderlag.

11. Torsebro kraftverk (Helge å) ligger huvudsakligen i Region 4 (99 %), med en mycket liten del i Region 5 (<1 %). Avrinningsområdet omfattar cirka 3 700 km², och höga flöden kan påverka Hammarsjön. Regleringar har liten effekt vid höga flöden och har inte inkluderats i beräkningarna. Klimatkänslighetsanalysen av Beräkningsmetod I för detta område genomfördes i Elforsk-rapporten 2014, och resultaten har använts som jämförelseunderlag i denna studie.

12. Suseåns mynning i Kattegatt ligger i Region 4 och 5 (43 % respektive 57 %). Avrinningsområdet omfattar cirka 450 km² och passerar

[35] Hallberg, K., Johnell, A. och Sjögren, J. *Flödesdimensionering för Gillervattnet och Hötjärnsmagasinet*, SMHI Rapport 2015-63, 2015.
[36] Reynolds, E., och Berglöv, G. *Flödesberäkningar för Tidan*, SMHI Rapport 2023-74, 2023.
[37] Johnell, A., och Ericsson, A. *Flödesberäkningar för Fyrisån*, SMHI Rapport 2020-85, 2020.
[38] Reynolds, E., Berglöv, G., Zábori, J. och German, J. *Flödesberäkningar för Ronnebyån*, SMHI Rapport 2024-06, 2024.

skogs- och jordbrukslandskap innan mynningen. En tidigare tillämpning enligt Elforsk-rapporten 2014 finns redovisad i Reynolds och Harbman[39] och har använts som jämförelseunderlag.

13. Nissaströms damm (Nissan) ligger huvudsakligen i Region 4 (63 %), med mindre delar i Region 5 (37 %), och omfattar cirka 2 450 km². Landskapet är varierat med skogs- och jordbruksdominerade områden samt flera sjösystem. Flödet påverkas av regleringen av sjön Stora Färgen uppströms. En tidigare tillämpning enligt Elforsk-rapporten 2014 finns redovisad i Ericsson m. fl.[40] och har använts som jämförelseunderlag.

2.10 REGLERINGSSTRATEGIER

Regleringsstrategierna för alla regleringsdammar i de områden som beräknas i denna studie baseras på Flödeskommitténs riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden. De sammanfattas nedan:

- Magasinen antas initialt vara avsänkta till sänkningsgräns inför kraftiga vårflöden.
- Vid påfyllnad inför kraftig vårflod tillämpas både föreskriven minimitappning och produktionstappning.
- Under den mest intensiva nederbörden (från dygn 9 i nederbördssekvensen) antas produktionstappningen upphöra och avbördning sker enbart via utskov vid vattenstånd ovan dämnningsgränsen, motsvarande maximal avbördningsförmåga enligt avbördningskurvan.
- Efter att dämningsgräns nåtts, vilket förutsätts ske senast den 1 augusti, avsänks magasinen inte förrän den kritiska flödesperioden är över.

För respektive avrinningsområde har regleringsrutinerna i de använda modellerna tillämpats enligt tidigare studier; för detaljer hänvisas till respektive rapport. Regleringsrutinerna i den praktiska driften kan dock ha förändrats och kan fortsatt komma att ändras. I denna studie antas att vattenregleringen fortfarande är giltig i framtiden.

[39] Reynolds, E., och Harbman, U. *Flödesberäkningar för Suseån*, SMHI Rapport 2023-73, 2023.
[40] Ericsson, A., Johnell, A. och Zábori, J. *Flödesberäkningar för Nissaström*, SMHI Rapport 2021-47, 2021.

3 Resultat

Resultatdelen är uppdelad i två huvudavsnitt. I avsnitt 3.1 redovisas de uppdaterade dimensionerande nederbördssekvenserna, där förändringar i maximala värden och totalvolym analyseras. I avsnitt 3.2 presenteras resultaten från de hydrologiska beräkningarna enligt Beräkningsmetod I, där klimatpåverkan på flöden och vattenstånd utvärderas.

Resultaten illustreras huvudsakligen med boxplottar som visar variationen i de analyserade storheterna. Boxplottarna visar median (50:e percentilen) samt undre och övre kvartil (25:e respektive 75:e percentilen), där skillnaden mellan kvartilerna motsvarar interkvartilavståndet (IQR). Whiskers (linjerna från boxen) sträcker sig till 1,5 gånger IQR från nedre respektive övre kvartil, och värden utanför detta intervall redovisas som avvikande värden. Detta möjliggör tydliga jämförelser av variationer mellan olika ensemblemedlemmar.

3.1 UPPDATERING AV DIMENSIONERANDE NEDERBÖRDSSEKVENSER

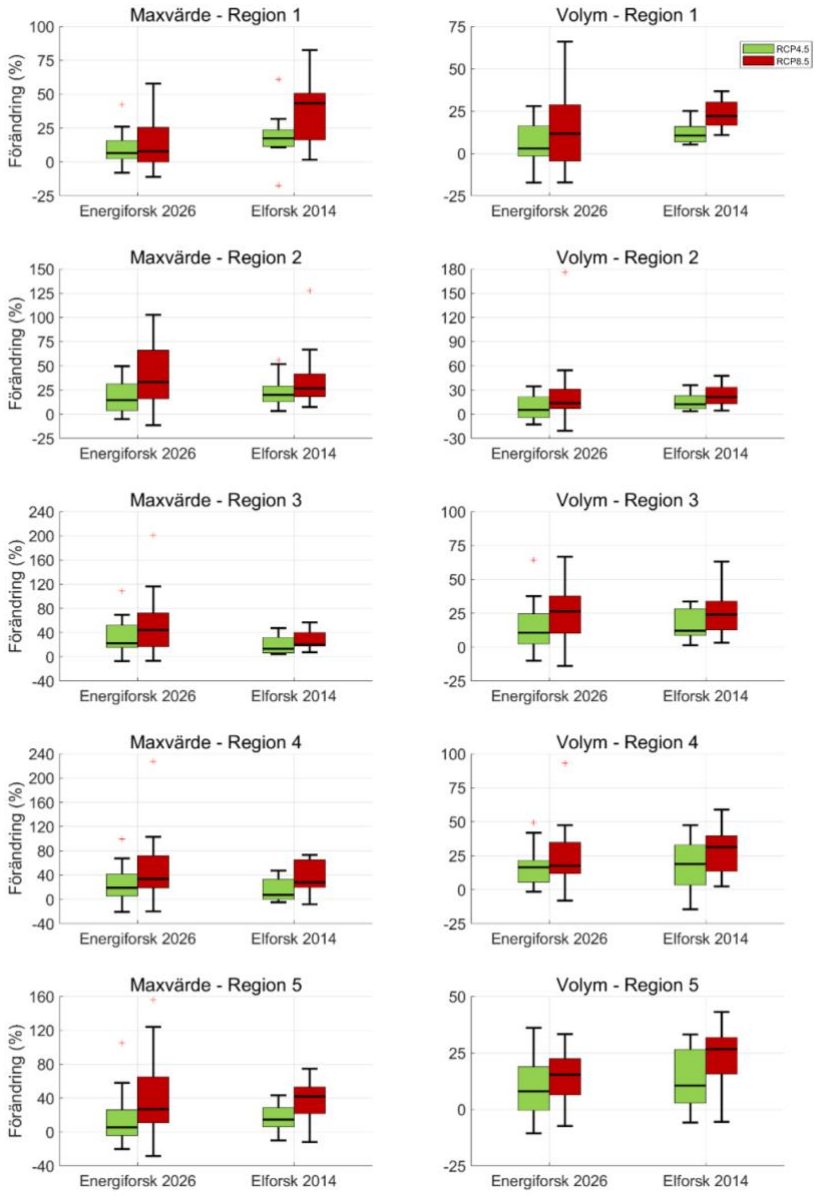
I avsnitt 2.7 beskrivs hur de dimensionerande nederbördssekvenserna uppdaterades utifrån den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten för att representera extrem nederbörd i framtida klimat. Figur 6 visar den procentuella förändringen per region i maxvärde och totalvolym för perioden 2071–2100, som är jämförbar med perioden 2069–2098 i Elforsk-rapporten 2014. Resultat för perioderna 2011–2040, 2041–2070 och 2071–2100, baserade på den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten, presenteras i Bilaga A (figur A1–A2 samt tabeller A1-A18).

För perioden 2071–2100 varierar den procentuella förändringen av toppvärdet mellan −30 % och +125 % i samtliga regioner. Tre betydligt högre värden förekommer i Region 3–5 (ett i varje region), samtliga orsakade av samma klimatscenario. Volymförändringen ligger ungefär mellan −20 % och +70 %, med två undantag i form av betydligt högre värden i Region 2 och Region 4. De flesta värdena ligger inom boxplotens spridning, medan ett fåtal värden avviker tydligt från övriga och representerar extrema scenarier. För samtliga regioner innebär förändringen en ökning av den dimensionerande nederbördssekvensen. Skillnaderna mellan regionernas förändringar inom boxplotens whiskers är i stort sett måttliga, med undantag för Region 1. Generellt ger RCP8.5-scenarier något högre toppvärden än RCP4.5-scenarier.

I Elforsk-rapporten 2014 visade Region 1 en större relativ förändring av maxvärdet i de dimensionerande nederbördssekvenserna, medan större förändringar observeras i övriga regioner i denna studie. Den största

förändringen av maxvärdet var cirka 130 % i Elforsk-rapporten 2014, jämfört med cirka 230 % i denna studie.

När det gäller volymförändringen i den dimensionerande nederbördssekvensen är spännvidden för RCP4.5 och RCP8.5 inom boxplotens whiskers i denna studie i stort sett jämförbar med Elforsk-rapporten 2014, med undantag för Region 1. Den största volymförändringen uppgick till cirka 60 % i Elforsk-rapporten 2014, medan den i denna studie uppgick till cirka 180 %.



Figur 6. Relativ förändring av maxvärde och totalvolym i den dimensionerande nederbördssekvensen för perioden 2071–2100 i denna studie och 2069–2098 i Elforsk-rapporten 2014, beräknad i förhållande till respektive studies referensperiod. Klimatunderlagen skiljer sig mellan studierna.

3.2 KLIMATKÄNSLIGHETSANALYS AV BERÄKNINGSMETOD I

Klimatkänslighetsanalysen av Beräkningsmetod I har genomförts för samtliga 13 avrinningsområden i enlighet med Flödeskommitténs riktlinjer. Avrinningsområdena sträcker sig delvis över flera dimensioneringsregioner, men resultaten redovisas per region eftersom områden inom samma region generellt uppvisar liknande mönster, även om viss variation förekommer mellan avrinningsområden.

För varje avrinningsområde presenteras klimatkänslighetsanalysen av Beräkningsmetod I figur 7–19. Resultaten från tidigare tillämpningar av metodiken som beskrivs i Elforsk-rapporten 2014 jämförs med motsvarande resultat i denna studie. Diagrammen visar förändringar i nederbördssekvensens toppvärde och volym, dimensionerande snömagasin, medeltillrinning, maximal tillrinning vid dimensioneringstillfället samt dimensionerande vattenstånd (cm) för perioden 2077–2096. Tidpunkten för det dimensionerande tillfället redovisas för denna studie och tidigare beräkningar.

Max-, median-, percentil- och minimumvärden för förändringen i maximal tillrinning redovisas i tabell 7–19, medan utvecklingen av årsnederbörd, årstemperatur samt månadsvisa förändringar mot slutet av seklet redovisas i Bilaga B (figur B1–B26).

3.2.1 Region 1

Avrinningsområdena som delvis ligger i Region 1 uppvisar i huvudsak liknande mönster i klimatkänslighetsanalysen. Maxtillrinning och dimensionerande vattenstånd ökar i båda tillämpningarna, med mer uttalade extremvärden i denna studie. Medeltillrinningen ökar generellt något mer i den tidigare tillämpningen enligt Elforsk-rapporten 2014, vilket kan kopplas till högre årsnederbörd i det klimatdataunderlag som användes där. Dimensionerande snömagasin minskar i båda tillämpningarna, med tydligare reduktion i denna studie till följd av högre vintertemperaturer.

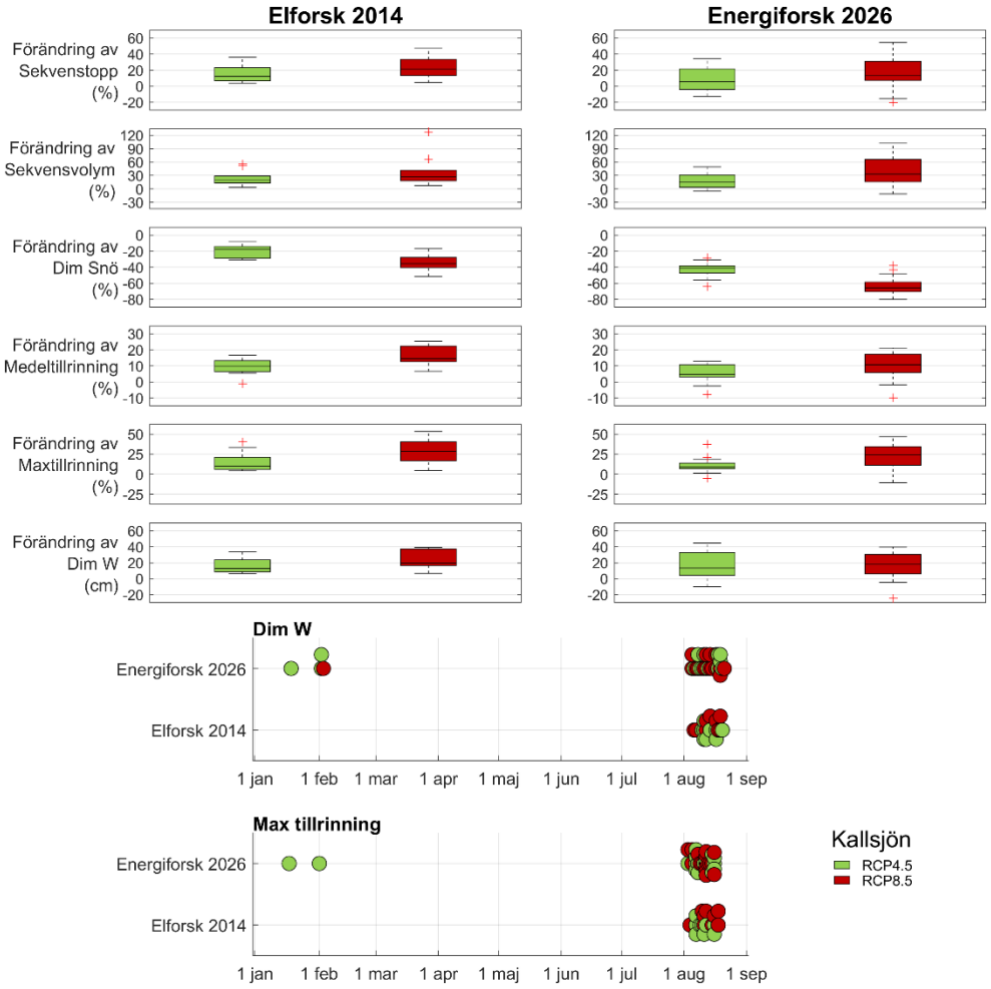
Kallsjön i Indalsälven

Kallsjön ligger i dimensioneringsregion 1 och 2, med ungefär lika stor andel i respektive region. Månadsanalyserna visar ökande nederbörd främst under sommaren, med något högre värden i det klimatdataunderlag som använts i den tidigare tillämpningen enligt Elforsk-rapporten 2014. Resultaten följer det övergripande regionala mönstret med ökande maxtillrinning och vattenstånd i båda tillämpningarna samt en tydlig minskning av snömagasinet, mest uttalad i denna studie (se figur 7 och tabell 7). Det dimensionerande tillfället inträffar huvudsakligen under slutet av sommaren, med undantag för några fall i januari och februari,

vilket kan kopplas till sekvenspålägg i december samt snösmältning i kombination med hög nederbörd under dessa månader.

Tabell 7. Max-, median-, percentil- och minvärden för procentuell förändring i Beräkningsmetod I-tillrinning för Kallsjön i Indalsälven (avrinningsområdets yta: ca 3000 km²) enligt denna studie och Elforsk-rapporten 2014 under framtidsperioden 2077–2096.

	RCP 4.5					RCP 8.5				
	Min (%)	**Perc 25 (%)**	**Perc 50 (%)**	**Perc 75 (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**Perc 25 (%)**	**Perc 50 (%)**	**Perc 75 (%)**	**Max (%)**
Energi-forsk 2026	-5	7	9	12	37	-10	14	24	33	174
Elforsk 2014	4	6	10	17	40	5	18	29	36	88



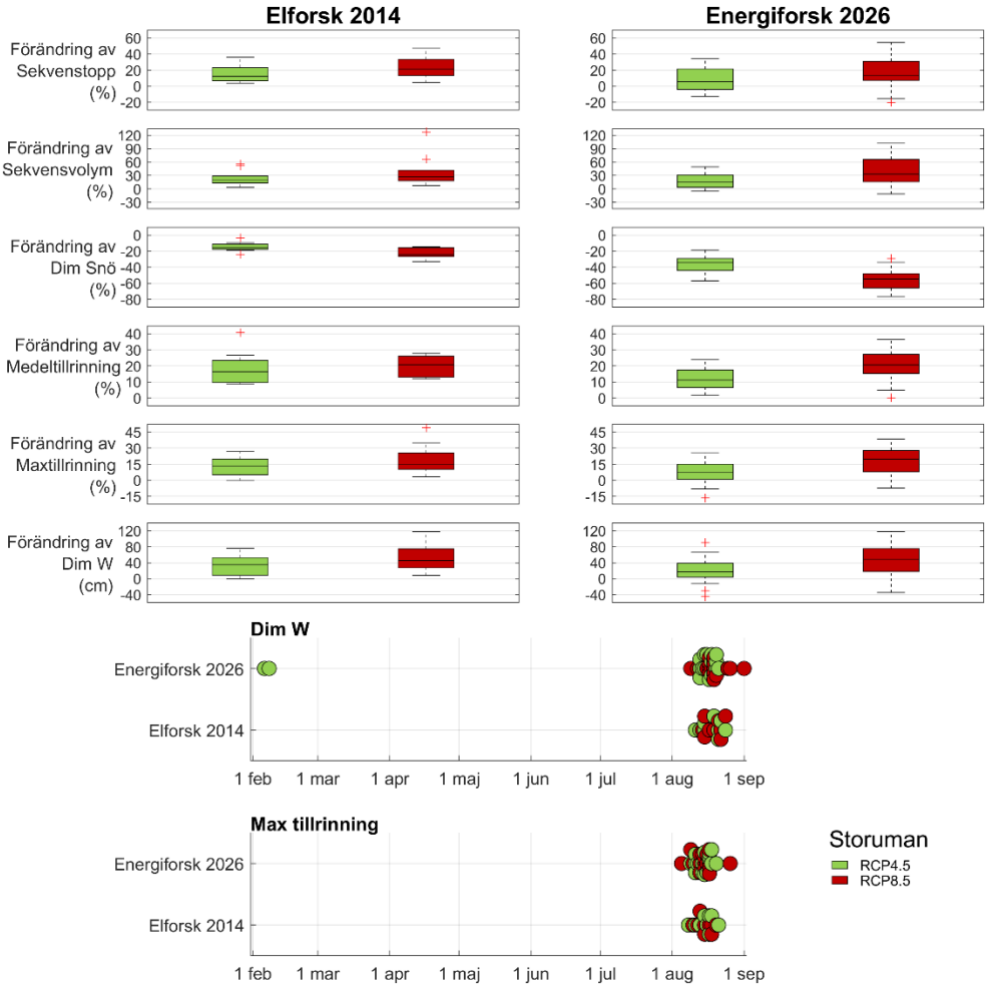
Figur 7. Procentuell förändring för Kallsjön av maxvärde i nederbördssekvensen, sekvensvolym, dimensionerande snömagasin, medeltillrinning, maximal tillrinning vid dimensioneringstillfället samt dimensionerande vattenstånd i slutet av seklet. Figuren jämför resultaten från en tidigare tillämpning enligt Elforsk-rapporten 2014 med resultaten från denna studie. Tidpunkt för dimensionerande vattenstånd och tillrinning vid slutet av seklet visas i den nedre delen av figuren. Numeriska värden för maximal tillrinning redovisas i Tabell 7.

Storuman i Umeälven

Storuman ligger huvudsakligen i Region 2 (76 %), men har en mindre andel i Region 1 (24 %). Nederbördsökningen är mest framträdande under våren. Klimatkänslighetsanalysen överensstämmer med det regionala mönstret: ökande maxtillrinning och vattenstånd i båda tillämpningarna samt minskande snömagasin, tydligast i denna studie (se figur 8 och tabell 8). Det dimensionerande tillfället inträffar huvudsakligen under sensommaren. I några fall inträffar det dock i februari, vilket kan kopplas till sekvenspålägg i december samt snösmältning i kombination med hög nederbörd under februari.

Tabell 8. Max-, median-, percentil- och minvärden för procentuell förändring i Beräkningsmetod I-tillrinning för Storuman i Umeälven (avrinningsområdets yta: ca 6700 km²) enligt denna studie och Elforsk-rapporten 2014 under framtidsperioden 2077–2096.

	RCP 4.5					RCP 8.5				
	Min (%)	**Perc 25 (%)**	**Perc 50 (%)**	**Perc 75 (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**Perc 25 (%)**	**Perc 50 (%)**	**Perc 75 (%)**	**Max (%)**
Energi-forsk 2026	-17	3	7	15	26	-28	9	20	28	115
Elforsk 2014	0	7	13	18	27	3	11	15	23	49



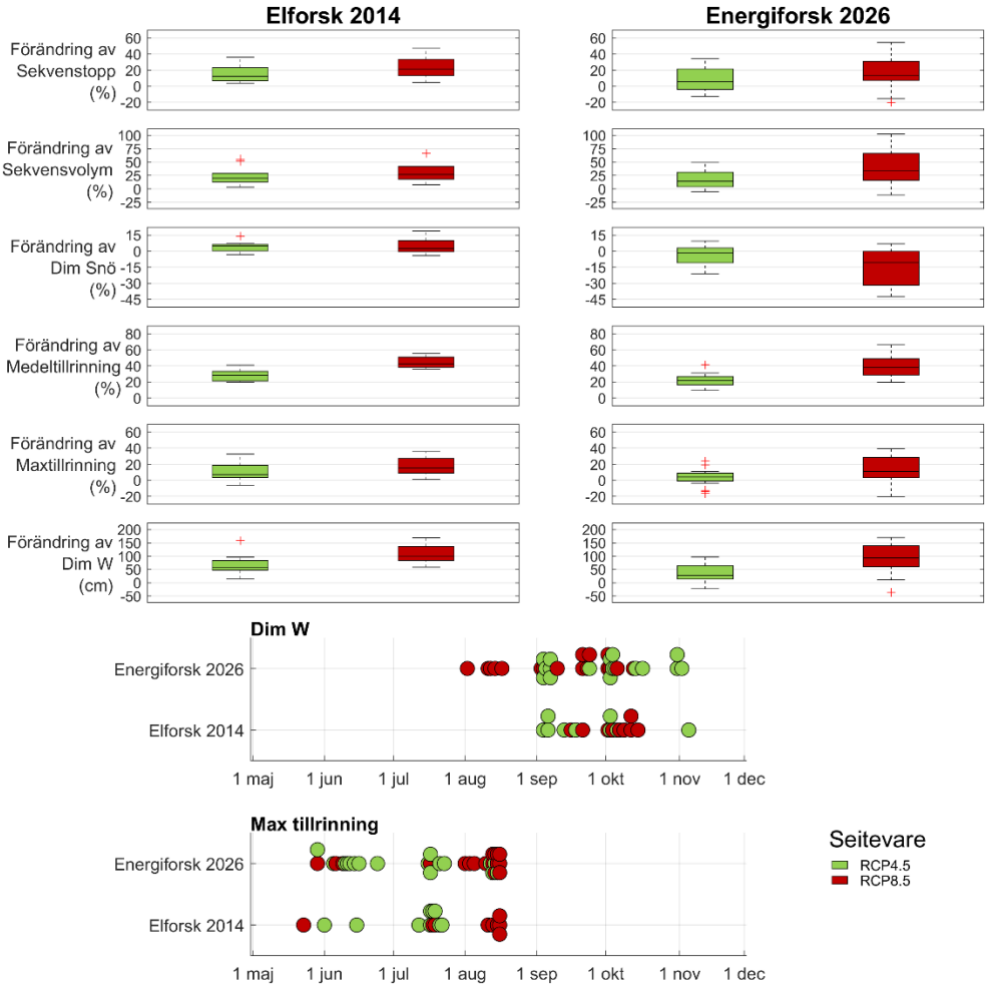
Figur 8. Procentuell förändring för Storuman av maxvärde i nederbördssekvensen, sekvensvolym, dimensionerande snömagasin, medeltillrinning, maximal tillrinning vid dimensioneringstillfället samt dimensionerande vattenstånd i slutet av seklet. Figuren jämför resultaten från en tidigare tillämpning enligt Elforsk-rapporten 2014 med resultaten från denna studie. Tidpunkt för dimensionerande vattenstånd och tillrinning vid slutet av seklet visas i den nedre delen av figuren. Numeriska värden för maximal tillrinning redovisas i Tabell 8.

Seitevare i Luleälven

Seitevare ligger till största delen i Region 2 (90 %), med en mindre andel i Region 1 (10 %). Nederbörden ökar främst under våren. Även här följer resultaten det regionala mönstret med ökande maxtillrinning och vattenstånd samt minskande snömagasin, särskilt i denna studie (se figur 9 och tabell 9). Snömagasinet är däremot nära oförändrat i den tidigare tillämpningen enligt Elforsk-rapporten 2014. Det dimensionerande tillfället för tillrinning infaller mellan vår och sommar, medan vattenståndet infaller mest under hösten.

Tabell 9. Max-, median-, percentil- och minvärden för procentuell förändring i Beräkningsmetod I-tillrinning för Seitevare i Luleälven (avrinningsområdets yta: ca 2300 km²) enligt denna studie och Elforsk-rapporten 2014 under framtidsperioden 2077–2096.

	RCP 4.5					RCP 8.5				
	Min (%)	**Perc 25 (%)**	**Perc 50 (%)**	**Perc 75 (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**Perc 25 (%)**	**Perc 50 (%)**	**Perc 75 (%)**	**Max (%)**
Energi-forsk 2026	-16	0	4	9	24	-20	3	11	28	105
Elforsk 2014	-6	4	7	14	33	1	11	15	24	70



Figur 9. Procentuell förändring för Seitevare av maxvärde i nederbördssekvensen, sekvensvolym, dimensionerande snömagasin, medeltillrinning, maximal tillrinning vid dimensioneringstillfället samt dimensionerande vattenstånd i slutet av seklet. Figuren jämför resultaten från en tidigare tillämpning enligt Elforsk-rapporten 2014 med resultaten från denna studie. Tidpunkt för dimensionerande vattenstånd och tillrinning vid slutet av seklet visas i den nedre delen av figuren. Numeriska värden för maximal tillrinning redovisas i Tabell 9.

3.2.2 Region 2

De två avrinningsområden som här redovisas inom Region 2 uppvisar i stort sett liknande mönster i klimatkänslighetsanalysen, men med vissa skillnader i enskilda komponenter. Maxtillrinning och dimensionerande vattenstånd varierar mellan tillämpningarna beroende på klimatdata-underlag: de tidigare tillämpningarna enligt Elforsk-rapporten 2014 uppvisar i flera fall små förändringar med medianvärden nära noll för dessa variabler, medan klimatkänslighetsanalysen i denna studie uppvisar en minskning och större spridning, särskilt under RCP8.5.

Medeltillrinningen ökar generellt något mer i de tidigare tillämpningarna, vilket kan kopplas till den högre årsnederbörden i de klimatdataunderlag som användes där. Dimensionerande snömagasin minskar i båda tillämpningarna, med tydligare reduktion i denna studie till följd av högre vintertemperaturer.

Höljesdammen i Klarälven

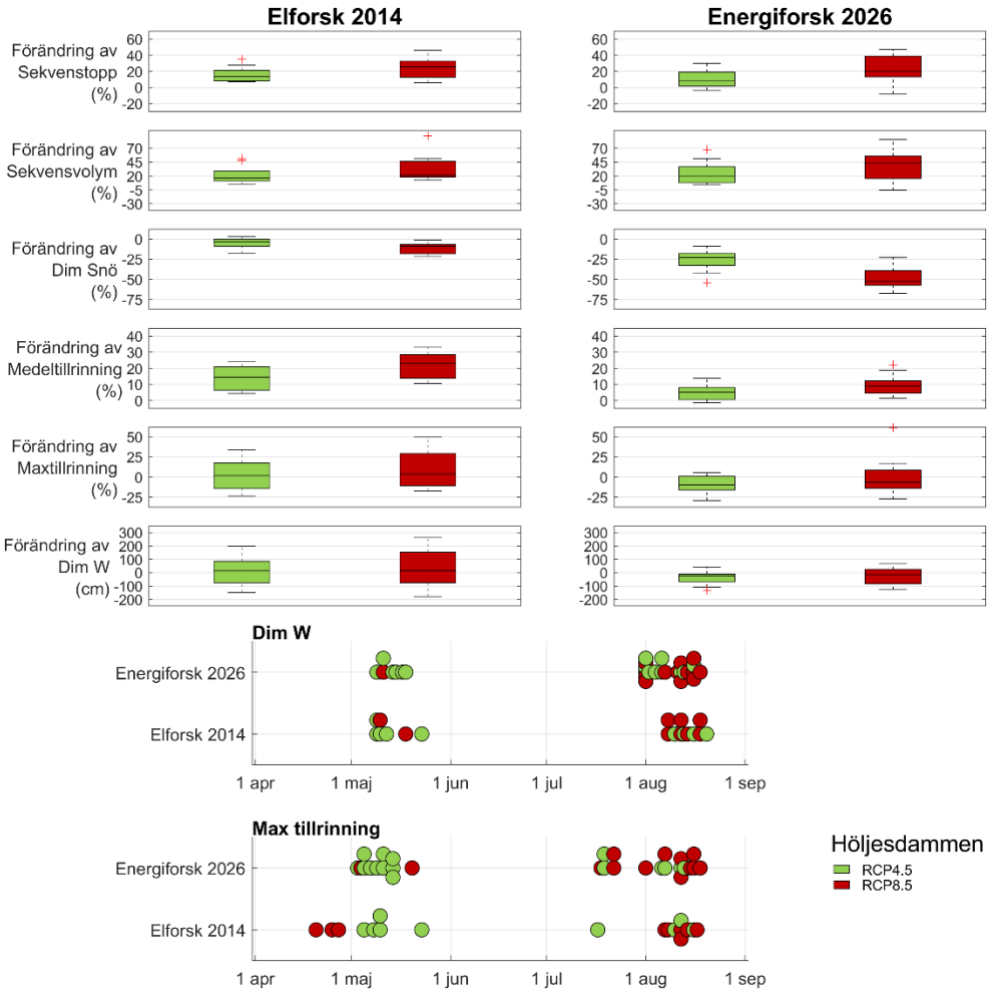
Höljesdammen ligger huvudsakligen i Region 2 (78 %), med en mindre del i Region 3 (22 %). Nederbördsökningen är störst under vinter- och vårmånaderna, där det tidigare klimatdataunderlaget generellt uppvisar något högre värden än det uppdaterade klimatdataunderlaget.

Klimatkänslighetsanalysen av maxtillrinning och dimensionerande vattenstånd (se Figur 10 och Tabell 10) visar sammantaget små förändringar. Den tidigare tillämpningen tenderar att ge svagt positiva förändringar, medan förändringarna i denna studie tenderar att vara svagt negativa. I denna studie observeras även större spridning för RCP8.5, vilket inte framträder för RCP4.5.

Tabell 10. Max-, median-, percentil- och minvärden för procentuell förändring i Beräkningsmetod I-tillrinning för Höljesdammen i Klarälven (avrinningsområdets yta: ca 6000 km²) enligt denna studie och Elforsk-rapporten 2014 under framtidsperioden 2077–2096.

	RCP 4.5					RCP 8.5				
	Min (%)	Perc 25 (%)	Perc 50 (%)	Perc 75 (%)	Max (%)	Min (%)	Perc 25 (%)	Perc 50 (%)	Perc 75 (%)	Max (%)
Energi-forsk 2026	-29	-16	-10	0	6	-27	-14	-6	6	61
Elforsk 2014	-23	-13	2	15	34	-17	-10	4	26	50

Medeltillrinningen ökar generellt mer i den tidigare tillämpningen, medan det dimensionerande snömagasinet minskar i båda, mest i denna studie.



Figur 10. Procentuell förändring för Höljesdammen av maxvärde i nederbördssekvensen, sekvensvolym, dimensionerande snömagasin, medeltillrinning, maximal tillrinning vid dimensioneringstillfället samt dimensionerande vattenstånd i slutet av seklet. Figuren jämför resultaten från en tidigare tillämpning enligt Elforsk-rapporten 2014 med resultaten från denna studie. Tidpunkt för dimensionerande vattenstånd och tillrinning vid slutet av seklet visas i den nedre delen av figuren. Numeriska värden för maximal tillrinning redovisas i Tabell 10.

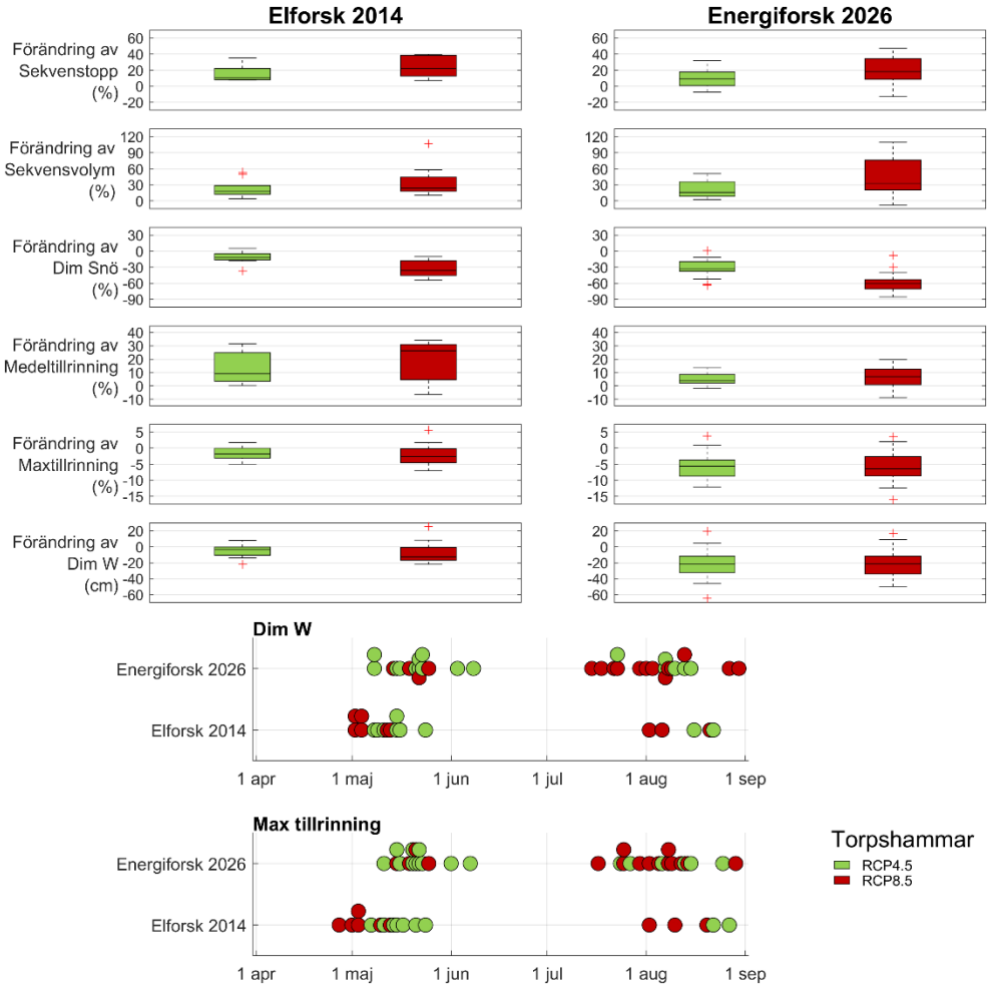
Torpshammar i Ljungan

Torpshammar ligger huvudsakligen i Region 2 (93 %), med en mindre del i Region 3 (7 %). Nederbörden ökar främst under vinter- och vårmånaderna. Klimatkänslighetsanalysen av maxtillrinning och dimensionerande vattenstånd följer i stort det regionala mönstret, med små förändringar i den tidigare tillämpningen enligt Elforsk-rapporten 2014 samt en svag minskning och större spridning i denna studie (se figur 11 och tabell 11).

Medeltillrinningen ökar något mer i den tidigare tillämpningen, medan dimensionerande snömagasin minskar i båda, med störst reduktion i denna studie. Det dimensionerande tillfället inträffar mellan vår och sommar, vilket sammanfaller med perioden för ökad nederbörd.

Tabell 11. Max-, median-, percentil- och minvärden för procentuell förändring i Beräkningsmetod I-tillrinning för Torpshammar i Ljungan (avrinningsområdets yta: ca 9 km²) enligt denna studie och Elforsk-rapporten 2014 under framtidsperioden 2077–2096.

	RCP 4.5					RCP 8.5				
	Min (%)	**Perc 25 (%)**	**Perc 50 (%)**	**Perc 75 (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**Perc 25 (%)**	**Perc 50 (%)**	**Perc 75 (%)**	**Max (%)**
Energi-forsk 2026	-12	-9	-6	-4	4	-16	-8	-6	-3	44
Elforsk 2014	-5	-3	-2	0	2	-7	-4	-3	-1	6



Figur 11. Procentuell förändring för Torpshammar av maxvärde i nederbördssekvensen, sekvensvolym, dimensionerande snömagasin, medeltillrinning, maximal tillrinning vid dimensioneringstillfället samt dimensionerande vattenstånd i slutet av seklet. Figuren jämför resultaten från en tidigare tillämpning enligt Elforsk-rapporten 2014 med resultaten från denna studie. Tidpunkt för dimensionerande vattenstånd och tillrinning vid slutet av seklet visas i den nedre delen av figuren. Numeriska värden för maximal tillrinning redovisas i Tabell 11.

3.2.3 Region 3

De avrinningsområden som här redovisas inom Region 3 uppvisar i huvudsak liknande mönster i klimatkänslighetsanalysen. Maxtillrinning ökar i båda tillämpningarna, med mer uttalade extremvärden i denna studie.

Medeltillrinningen ökar generellt något mer i den tidigare tillämpningen enligt Elforsk-rapporten 2014, vilket delvis kan kopplas till högre årsnederbörd i det klimatdataunderlag som användes där. Dimensionerande snömagasin minskar i båda tillämpningarna, med tydligare reduktion i denna studie till följd av högre vintertemperaturer.

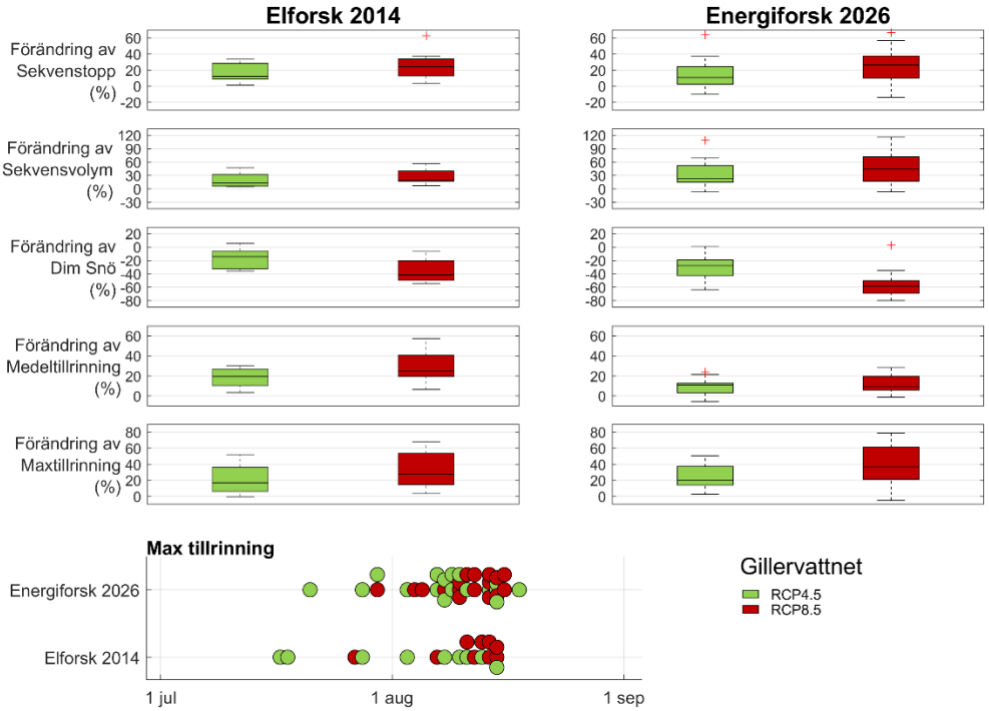
Det dimensionerande tillfället för både tillrinning och vattenstånd infaller under sommaren, vilket sammanfaller med perioder med ökad nederbördsvariation.

Gillervattnet i Skellefteälven

Gillervattnet ligger helt inom Region 3. Resultaten följer det regionala mönstret med ökande maxtillrinning, mer uttalade extremvärden i denna studie, och en något högre medeltillrinning i den tidigare tillämpningen enligt Elforsk-rapporten 2014 (se figur 12 och tabell 12). Dimensionerande snömagasin minskar i båda tillämpningarna, med störst minskning i denna studie, till följd av högre vintertemperaturer i det uppdaterade klimatdataunderlaget. Det dimensionerande tillfället för tillrinning inträffar under sommaren.

Tabell 12. Max-, median-, percentil- och minvärden för procentuell förändring i Beräkningsmetod I-tillrinning för Gillervattnet i Skellefteälven (avrinningsområdets yta: ca 9 km²) enligt denna studie och Elforsk-rapporten 2014 under framtidsperioden 2077–2096.

	RCP 4.5					RCP 8.5				
	Min (%)	**Perc 25 (%)**	**Perc 50 (%)**	**Perc 75 (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**Perc 25 (%)**	**Perc 50 (%)**	**Perc 75 (%)**	**Max (%)**
Energi-forsk 2026	-10	15	20	37	95	-5	22	37	60	168
Elforsk 2014	0	7	17	36	52	3	16	28	52	68



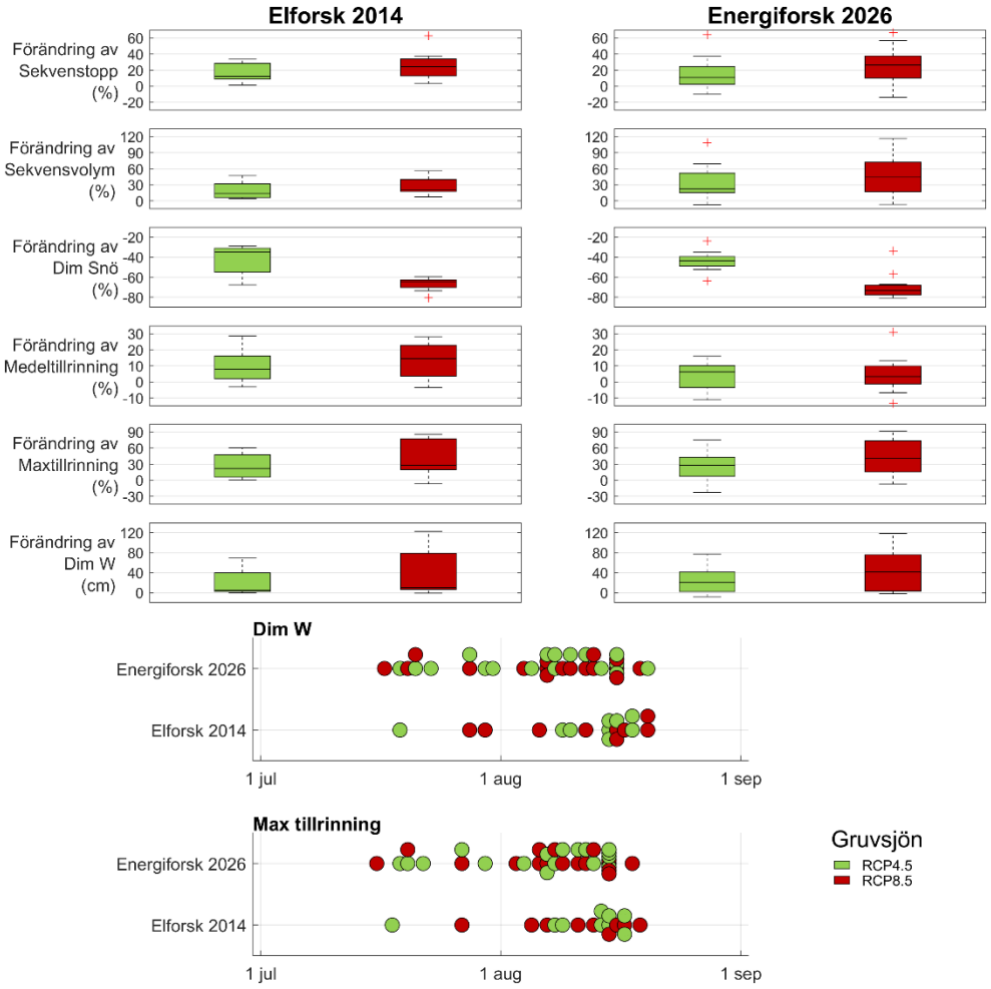
Figur 12. Procentuell förändring för Gillervattnet av maxvärde i nederbördssekvensen, sekvensvolym, dimensionerande snömagasin, medeltillrinning samt maximal tillrinning vid dimensioneringstillfället i slutet av seklet. Figuren jämför resultaten från en tidigare tillämpning enligt Elforsk-rapporten 2014 med resultaten från denna studie. Tidpunkt för dimensionerande vattenstånd och tillrinning vid slutet av seklet visas i den nedre delen av figuren. Numeriska värden för maximal tillrinning redovisas i Tabell 12.

Gruvsjön i Dalälven

Gruvsjön ligger helt inom Region 3 och uppvisar samma övergripande utveckling som Gillervattnet. Nederbörden ökar främst under vinter- och sommarmånaderna. Maxtillrinning och dimensionerande vattenstånd ökar i båda tillämpningarna, med mer uttalade extremvärden i denna studie. Medeltillrinningen är däremot något högre i den tidigare tillämpningen enligt Elforsk-rapporten 2014 (se Figur 13 och Tabell 13). Dimensionerande snömagasin minskar i båda tillämpningarna, och det dimensionerande tillfället inträffar under sommaren.

Tabell 13. Max-, median-, percentil- och minvärden för procentuell förändring i Beräkningsmetod I-tillrinning för Gruvsjön i Dalälven (avrinningsområdets yta: ca 44 km²) enligt denna studie och Elforsk-rapporten 2014 under framtidsperioden 2077–2096.

	RCP 4.5					RCP 8.5				
	Min (%)	**Perc 25 (%)**	**Perc 50 (%)**	**Perc 75 (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**Perc 25 (%)**	**Perc 50 (%)**	**Perc 75 (%)**	**Max (%)**
Energi-forsk 2026	-23	8	28	42	149	-7	18	41	70	202
Elforsk 2014	1	7	22	45	60	-7	21	28	77	86



Figur 13. Procentuell förändring för Gruvsjön av maxvärde i nederbördssekvensen, sekvensvolym, dimensionerande snömagasin, medeltillrinning, maximal tillrinning vid dimensioneringstillfället samt dimensionerande vattenstånd i slutet av seklet. Figuren jämför resultaten från en tidigare tillämpning enligt Elforsk-rapporten 2014 med resultaten från denna studie. Tidpunkt för dimensionerande vattenstånd och tillrinning vid slutet av seklet visas i den nedre delen av figuren. Numeriska värden för maximal tillrinning redovisas i Tabell 13.

3.2.4 Region 4

De avrinningsområden som här redovisas inom Region 4 uppvisar en mer varierad respons jämfört med Region 1–3. Nederbörden ökar främst under vinter- och vårmånaderna.

Klimatkänslighetsanalysen visar att maxtillrinningen generellt ökar i båda tillämpningarna, med mer uttalade extremvärden i denna studie. Samtidigt förekommer tydliga skillnader mellan avrinningsområden, där vissa uppvisar en ökning medan andra visar små förändringar eller en minskning jämfört med den tidigare tillämpningen enligt Elforsk-rapporten 2014.

Medeltillrinningen uppvisar varierande mönster mellan områdena: i den tidigare tillämpningen ses små förändringar eller ökningar, medan denna studie visar i flera fall en minskning.

Dimensionerande snömagasin minskar genomgående i samtliga områden. Det dimensionerande tillfället inträffar huvudsakligen under sommaren, i vissa fall även under tidig höst.

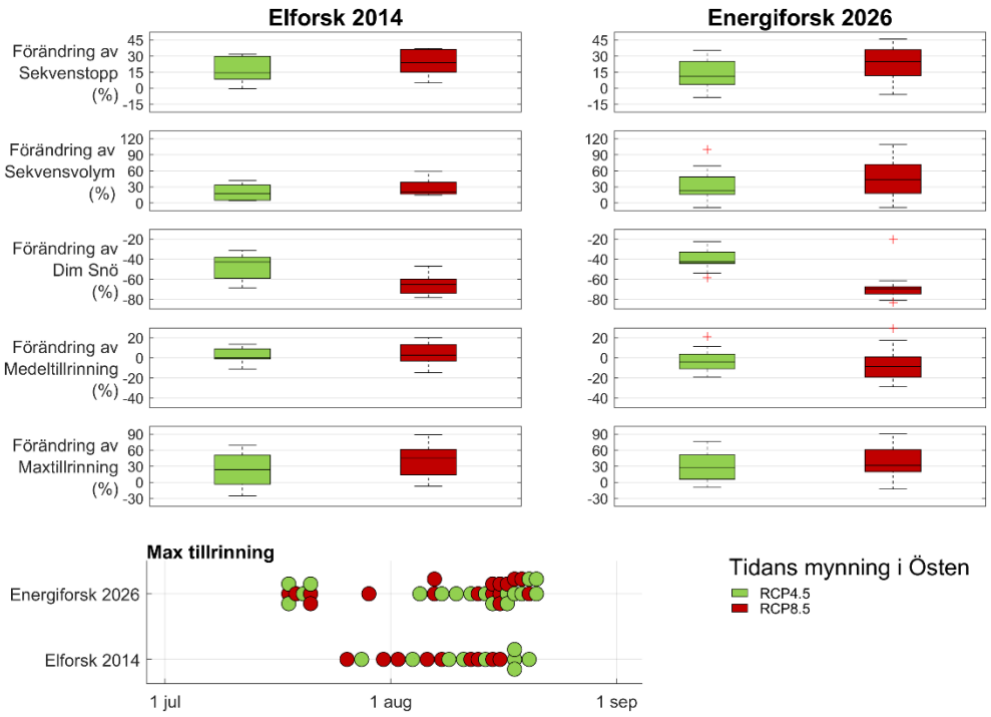
Tidans mynning i sjön Östen

Tidan uppströms mynningen i sjön Östen ligger huvudsakligen i Region 4 (85 %), med mindre del i Region 3 (15 %). Maxtillrinningen ökar i båda tillämpningarna, med mer uttalade extremvärden i denna studie (se figur 14 och tabell 14).

Medeltillrinningen visar små förändringar i den tidigare tillämpningen enligt Elforsk-rapporten 2014, men en tydligare minskning i denna studie. Dimensionerande snömagasin minskar i båda tillämpningarna i ungefär samma grad. Det dimensionerande tillfället inträffar under sommaren.

Tabell 14. Max-, median-, percentil- och minvärden för procentuell förändring i Beräkningsmetod I-tillrinning för Tidans mynning i Östen (avrinningsområdets yta: ca 1300 km²) enligt denna studie och Elforsk-rapporten 2014 under framtidsperioden 2077–2096.

	RCP 4.5					RCP 8.5				
	Min (%)	Perc 25 (%)	Perc 50 (%)	Perc 75 (%)	Max (%)	Min (%)	Perc 25 (%)	Perc 50 (%)	Perc 75 (%)	Max (%)
Energi-forsk 2026	-10	6	28	51	77	-13	20	31	52	242
Elforsk 2014	-25	-2	24	48	69	-7	16	46	54	89



Figur 14. Procentuell förändring för Tidans mynning i Östen av maxvärde i nederbördssekvensen, sekvensvolym, dimensionerande snömagasin, medeltillrinning samt maximal tillrinning vid dimensioneringstillfället i slutet av seklet. Figuren jämför resultaten från en tidigare tillämpning enligt Elforsk-rapporten 2014 med resultaten från denna studie. Tidpunkt för dimensionerande vattenstånd och tillrinning vid slutet av seklet visas i den nedre delen av figuren. Numeriska värden för maximal tillrinning redovisas i Tabell 14.

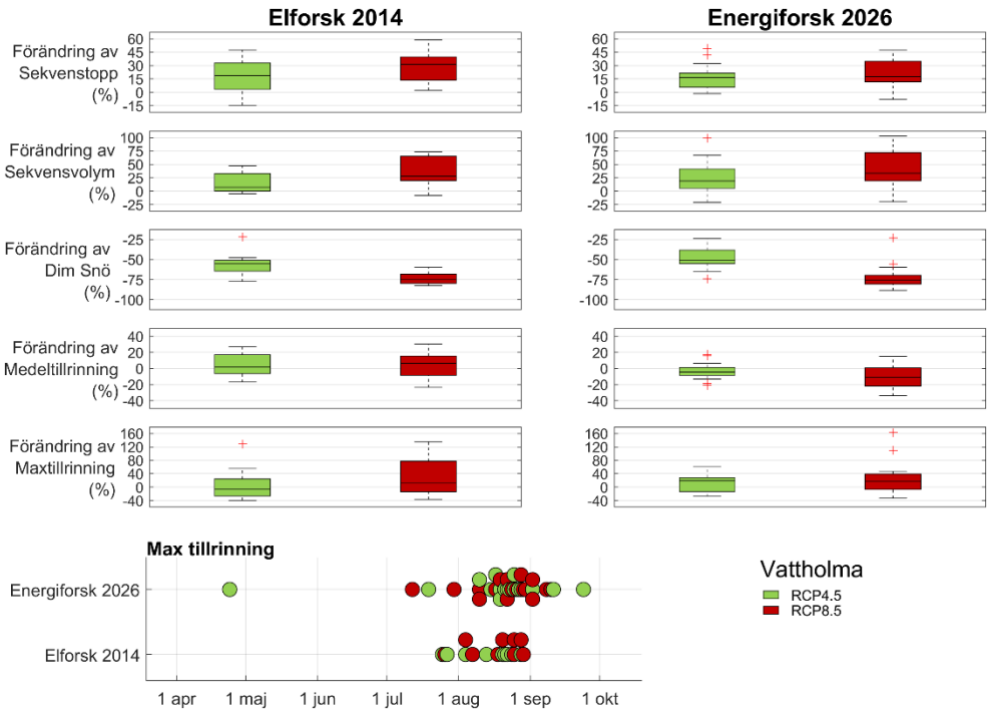
Vattholma i Fyrisån

Vattholma ligger helt i Region 4. Maxtillrinningen uppvisar små förändringar i den tidigare tillämpningen enligt Elforsk-rapporten 2014 under RCP4.5 men en tydlig ökning under RCP8.5, medan den i denna studie ökar något i båda RCP-scenarierna med mer uttalade extremvärden (se figur 15 och tabell 15).

Medeltillrinningen visar små förändringar i den tidigare tillämpningen men minskar i denna studie. Dimensionerande snömagasin minskar i båda tillämpningarna. Det dimensionerande tillfället inträffar under sommaren och i vissa fall under hösten.

Tabell 15. Max-, median-, percentil- och minvärden för procentuell förändring i Beräkningsmetod I-tillrinning för Vattholma i Fyrisån (avrinningsområdets yta: ca 292 km²) enligt denna studie och Elforsk-rapporten 2014 under framtidsperioden 2077–2096.

	RCP 4.5					RCP 8.5				
	Min (%)	**Perc 25 (%)**	**Perc 50 (%)**	**Perc 75 (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**Perc 25 (%)**	**Perc 50 (%)**	**Perc 75 (%)**	**Max (%)**
Energi-forsk 2026	-28	-13	19	28	61	-33	-6	18	37	163
Elforsk 2014	-40	-25	-6	14	129	-37	-11	13	60	136



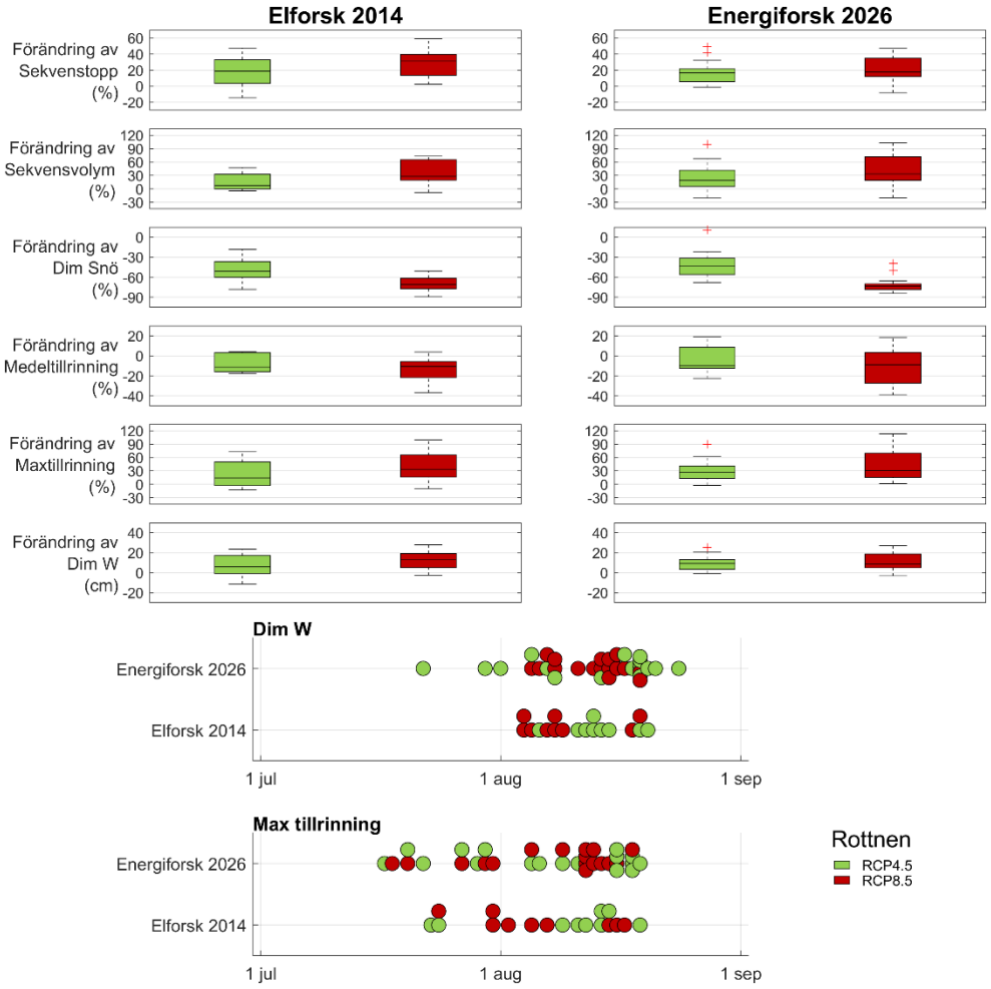
Figur 15. Procentuell förändring för Vattholma av maxvärde i nederbördssekvensen, sekvensvolym, dimensionerande snömagasin, medeltillrinning samt maximal tillrinning vid dimensioneringstillfället i slutet av seklet. Figuren jämför resultaten från en tidigare tillämpning enligt Elforsk-rapporten 2014 med resultaten från denna studie. Tidpunkt för dimensionerande vattenstånd och tillrinning vid slutet av seklet visas i den nedre delen av figuren. Numeriska värden för maximal tillrinning redovisas i Tabell 15.

Rottnen i Ronnebyån

Rottnen ligger helt i Region 4. Maxtillrinningen och dimensionerande vattenstånd ökar i båda tillämpningarna, med mer uttalade extremvärden i denna studie (se figur 16 och tabell 16). Medeltillrinningen minskar i båda tillämpningarna. Dimensionerande snömagasin minskar i liknande grad i båda tillämpningarna. Det dimensionerande tillfället inträffar under sommaren.

Tabell 16. Max-, median-, percentil- och minvärden för procentuell förändring i Beräkningsmetod I-tillrinning för Rottnen i Ronnebyån (avrinningsområdets yta: ca 250 km²) enligt denna studie och Elforsk-rapporten 2014 under framtidsperioden 2077–2096.

	RCP 4.5					RCP 8.5				
	Min (%)	**Perc 25 (%)**	**Perc 50 (%)**	**Perc 75 (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**Perc 25 (%)**	**Perc 50 (%)**	**Perc 75 (%)**	**Max (%)**
Energi-forsk 2026	-3	14	27	39	90	2	16	31	66	207
Elforsk 2014	-13	-3	14	49	73	-10	18	34	57	100



Figur 16. Procentuell förändring för Rottnen i Ronnebyån av maxvärde i nederbördssekvensen, sekvensvolym, dimensionerande snömagasin, medeltillrinning, maximal tillrinning vid dimensioneringstillfället samt dimensionerande vattenstånd i slutet av seklet. Figuren jämför resultaten från en tidigare tillämpning enligt Elforsk-rapporten 2014 med resultaten från denna studie. Tidpunkt för dimensionerande vattenstånd och tillrinning vid slutet av seklet visas i den nedre delen av figuren. Numeriska värden för maximal tillrinning redovisas i Tabell 16.

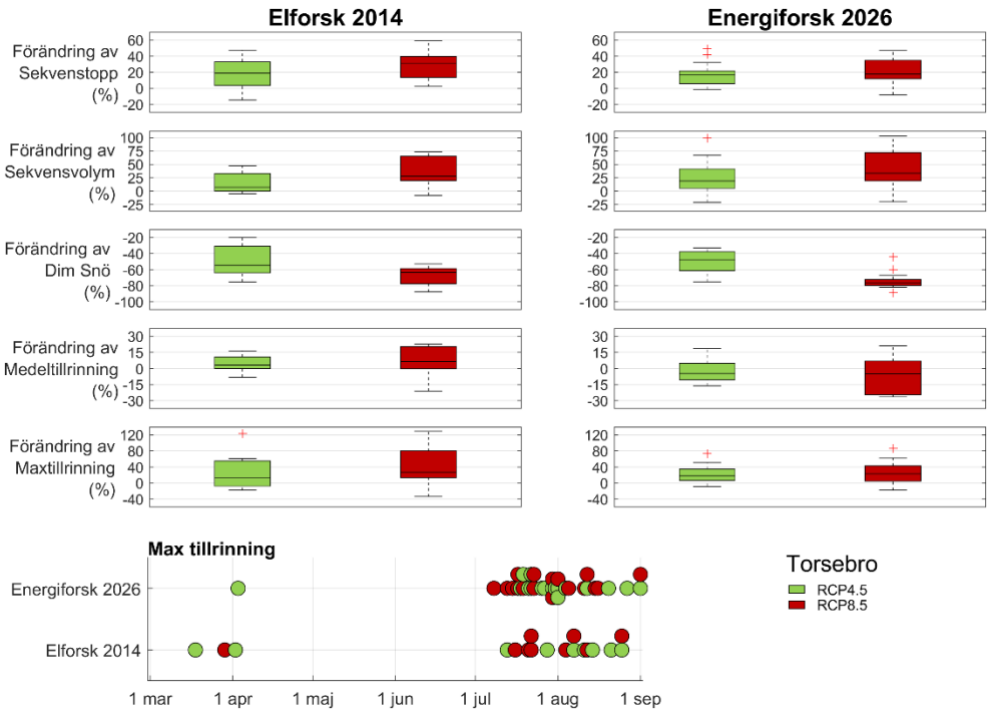
Torsebro i Helge å

Torsebro ligger huvudsakligen i Region 4 (99 %), med en mycket liten del i Region 5 (<1 %). Maxtillrinningen och dimensionerande vattenstånd ökar i båda tillämpningarna, med mer uttalade extremvärden i denna studie (se figur 17 och tabell 17).

Medeltillrinningen ökar något i den tidigare tillämpningen enligt Elforsk-rapporten 2014 men minskar i denna studie. Dimensionerande snömagasin minskar i båda tillämpningarna. Det dimensionerande tillfället inträffar i de flesta fall under sommaren.

Tabell 17. Max-, median-, percentil- och minvärden för procentuell förändring i Beräkningsmetod I-tillrinning för Torsebro i Helge å (avrinningsområdets yta: ca 3700 km²) enligt denna studie och Elforsk-rapporten 2014 under framtidsperioden 2077–2096.

	RCP 4.5					RCP 8.5				
	Min (%)	**Perc 25 (%)**	**Perc 50 (%)**	**Perc 75 (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**Perc 25 (%)**	**Perc 50 (%)**	**Perc 75 (%)**	**Max (%)**
Energi-forsk 2026	-9	7	18	34	74	-18	5	23	40	244
Elforsk 2014	-18	-6	14	53	123	-34	18	27	68	129



Figur 17. Procentuell förändring för Torsebro av maxvärde i nederbördssekvensen, sekvensvolym, dimensionerande snömagasin, medeltillrinning samt maximal tillrinning vid dimensioneringstillfället i slutet av seklet. Figuren jämför resultaten från en tidigare tillämpning enligt Elforsk-rapporten 2014 med resultaten från denna studie. Tidpunkt för dimensionerande vattenstånd och tillrinning vid slutet av seklet visas i den nedre delen av figuren. Numeriska värden för maximal tillrinning redovisas i Tabell 17.

3.2.5 Region 5

De avrinningsområden som här redovisas inom Region 5 uppvisar i huvudsak liknande mönster i klimatkänslighetsanalysen, men med vissa skillnader mellan avrinningsområdena. Nederbörden ökar främst under vinter- och vårmånaderna.

Maxtillrinningen ökar i båda tillämpningarna, med mer uttalade extremvärden i denna studie. Medeltillrinningen uppvisar en tydlig skillnad mellan tillämpningarna: den ökar i den tidigare tillämpningen enligt Elforsk-rapporten (2014), men minskar i denna studie, vilket delvis kan kopplas till den högre årsnederbörden i det klimatdataunderlag som användes i den tidigare tillämpningen.

Dimensionerande snömagasin minskar genomgående i båda tillämpningarna, med en tydligare minskning i denna studie, vilket kan kopplas till något högre vintertemperaturer i det klimatunderlag som användes i denna studie. Det dimensionerande tillfället inträffar för de flesta fall under sommaren.

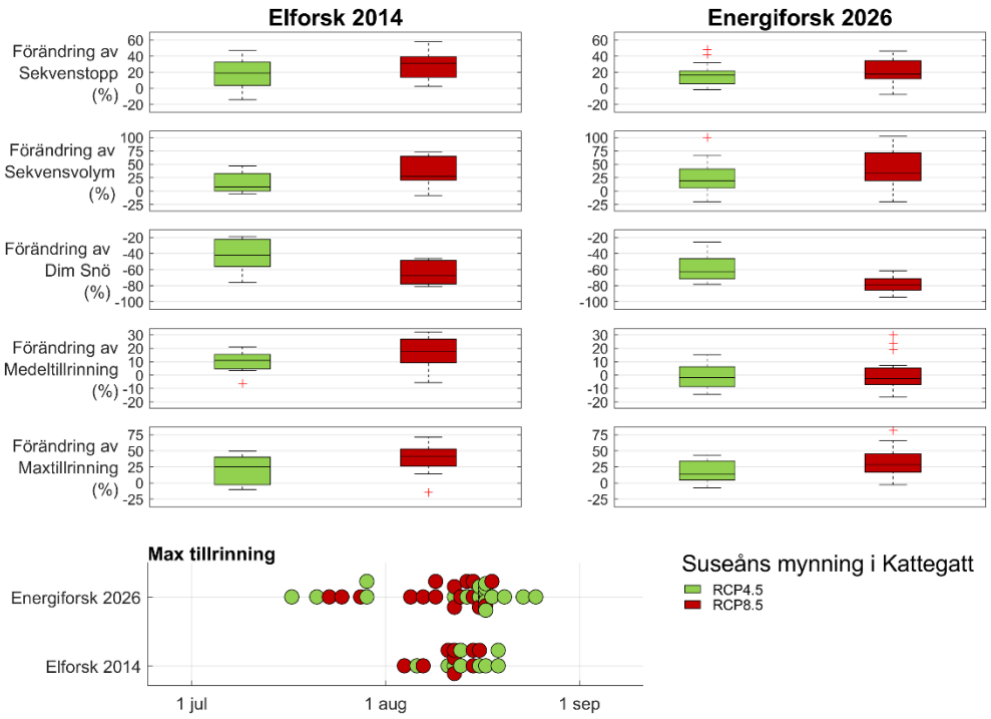
Suseåns mynning i Kattegatt

Suseåns mynning i Kattegatt ligger i Region 4 och 5 (43 % respektive 57 %). Maxtillrinningen ökar i båda tillämpningarna, med mer uttalade extremvärden i denna studie (se figur 18 och tabell 18).

Medeltillrinningen ökar i den tidigare tillämpningen enligt Elforsk-rapporten 2014 men minskar i denna studie. Dimensionerande snömagasin minskar i båda tillämpningarna, med tydligare reduktion i denna studie. Det dimensionerande tillfället inträffar för de flesta fall under sommaren.

Tabell 18. Max-, median-, percentil- och minvärden för procentuell förändring i Beräkningsmetod I-tillrinning för Suseåns mynning i Kattegatt (avrinningsområdets yta: ca 450 km²) enligt denna studie och Elforsk-rapporten 2014 under framtidsperioden 2077–2096.

	RCP 4.5					RCP 8.5				
	Min (%)	Perc 25 (%)	Perc 50 (%)	Perc 75 (%)	Max (%)	Min (%)	Perc 25 (%)	Perc 50 (%)	Perc 75 (%)	Max (%)
Energi-forsk 2026	-8	5	14	32	95	-3	18	28	41	141
Elforsk 2014	-10	-3	25	40	49	-15	30	41	52	71



Figur 18. Procentuell förändring för Suseåns mynning i Kattegatt av maxvärde i nederbördssekvensen, sekvensvolym, dimensionerande snömagasin, medeltillrinning samt maximal tillrinning vid dimensioneringstillfället i slutet av seklet. Figuren jämför resultaten från en tidigare tillämpning enligt Elforsk-rapporten 2014 med resultaten från denna studie. Tidpunkt för dimensionerande vattenstånd och tillrinning vid slutet av seklet visas i den nedre delen av figuren. Numeriska värden för maximal tillrinning redovisas i Tabell 18.

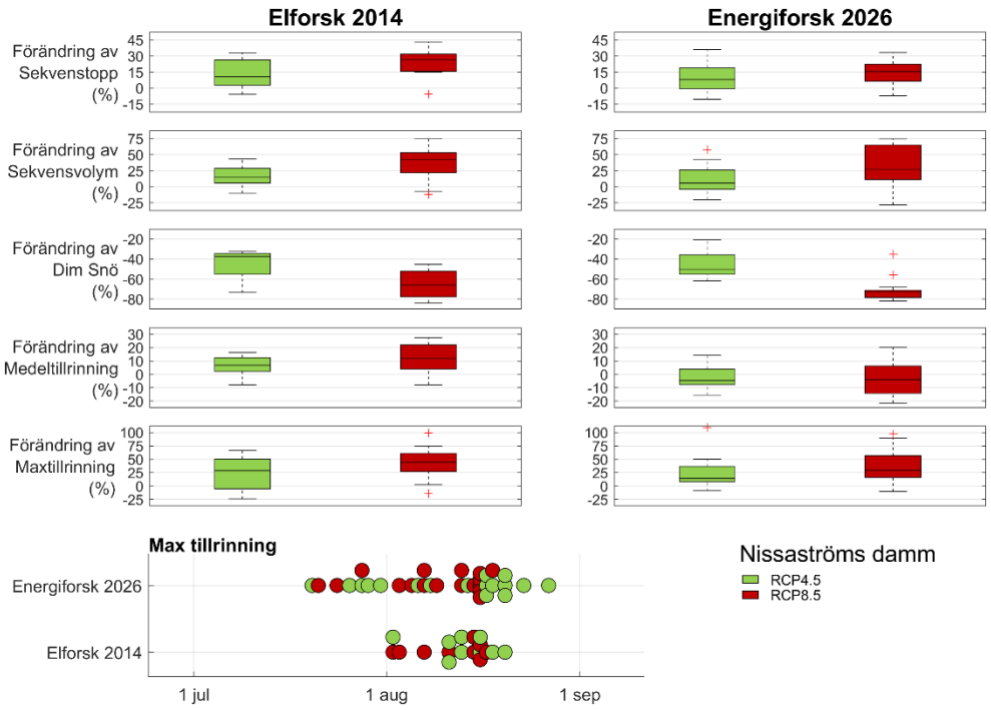
Nissaströms damm

Nissaströms damm ligger huvudsakligen i Region 4 (63 %), med mindre delar i Region 5 (37 %). Maxtillrinningen ökar i båda tillämpningarna, med mer uttalade extremvärden i denna studie (se figur 19 och tabell 19).

Medeltillrinningen ökar i den tidigare tillämpningen enligt Elforsk-rapporten 2014 men minskar i denna studie. Dimensionerande snömagasin minskar i båda tillämpningarna, med tydligare reduktion i denna studie. Det dimensionerande tillfället inträffar under sommaren.

Tabell 19. Max-, median-, percentil- och minvärden för procentuell förändring i Beräkningsmetod I-tillrinning för Nissaström damm i Nissan (avrinningsområdets yta: ca 2450 km²) enligt denna studie och Elforsk-rapporten 2014 under framtidsperioden 2077–2096.

	RCP 4.5					RCP 8.5				
	Min (%)	**Perc 25 (%)**	**Perc 50 (%)**	**Perc 75 (%)**	**Max (%)**	**Min (%)**	**Perc 25 (%)**	**Perc 50 (%)**	**Perc 75 (%)**	**Max (%)**
Energi-forsk 2026	-9	8	14	36	110	-10	17	30	53	187
Elforsk 2014	-24	-4	29	49	67	-14	35	45	56	100



Figur 19. Procentuell förändring för Nissaströms damm av maxvärde i nederbördssekvensen, sekvensvolym, dimensionerande snömagasin, medeltillrinning samt maximal tillrinning vid dimensioneringstillfället i slutet av seklet. Figuren jämför resultaten från en tidigare tillämpning enligt Elforsk-rapporten 2014 med resultaten från denna studie. Tidpunkt för dimensionerande vattenstånd och tillrinning vid slutet av seklet visas i den nedre delen av figuren. Numeriska värden för maximal tillrinning redovisas i Tabell 19.

3.2.6 Sammanfattning av Klimatkänslighetsanalysen

För samtliga avrinningsområden visar båda klimatunderlagen en tydlig ökning av årsmedeltemperaturen och årsnederbörden fram till seklets slut. Temperaturökningen är relativt likartad mellan underlagen, medan större skillnader uppstår i nederbörd.

Säsongsmässigt sker den största temperaturökningen under vintermånaderna i Klimatscenariotjänsten, medan den i det tidigare klimatunderlaget som användes i länsanalyserna sker under sommaren. Den högre vintertemperaturen i det uppdaterade klimatunderlaget kan generellt bidra till minskad snöackumulation och därmed påverka vårflödena.

Maxtillrinning och dimensionerande vattenstånd ökar i de flesta avrinningsområden i både tidigare tillämpningar enligt Elforsk-rapporten 2014 och i denna studie. Skillnader mellan avrinningsområden förekommer dock och speglar de variationer som framgår i regionsammanställningarna. De tydligaste skillnaderna mellan tillämpningarna återfinns i spridning och extremvärden. I denna studie, baserad på klimatunderlag i Klimatscenariotjänsten, uppvisas mer uttalade extremutfall.

Medeltillrinningen uppvisar varierande mönster mellan regionerna, men är generellt något högre i den tidigare tillämpningen, vilket delvis kan förklaras av den högre årsnederbörden i det klimatdataunderlag som användes där.

Dimensionerande snömagasin minskar genomgående i samtliga regioner, med tydligare minskning i denna studie till följd av högre vintertemperaturer.

Det dimensionerande tillfället inträffar huvudsakligen under sommaren, men med viss variation mot sensommar och höst i vissa områden.

4 Diskussion och slutsatser

Denna studie jämför resultat från Beräkningsmetod I baserade på uppdaterade klimatunderlag som finns i Klimatscenariotjänsten med motsvarande resultat från tidigare tillämpningar av den metodik som beskrivs i Elforsk-rapport 2014. De nya beräkningarna genomfördes i två etapper: först en uppdatering av dimensionerande nederbördssekvenser och därefter en klimatkänslighetsanalys av Beräkningsmetod I med HBV-modellen.

Dimensionerande nederbördsekvenser

Resultaten visar att de dimensionerande nederbördssekvenserna generellt ökar i samtliga regioner jämfört med referensperioden, men att förändringen varierar tydligt mellan ensemblens medlemmar. För de flesta av ensemblens medlemmar ligger förändringarna på en relativt begränsad nivå, medan några enskilda medlemmar ger betydligt större ökningar av både toppvärde och volym. Detta illustrerar osäkerheten i framtida extrema nederbördshändelser. Scenarier av typen RCP8.5 ger generellt något högre toppvärden och större volymer än RCP4.5, vilket är förenligt med förväntningen att ett varmare klimat kan ge mer intensiva nederbördshändelser.

Resultaten för toppvärde och totalvolym skiljer sig mellan Elforsk-rapporten 2014 och denna studie, med betydligt större maximala förändringar för båda i denna studie. Dessa skillnader är förväntade och kan förklaras av flera faktorer, såsom skillnader i klimatunderlag, rumslig upplösning, klimatmodeller med varierande processrepresentation samt referensperioder. Även regionernas geografiska utformning kan påverka variationen i resultaten. Region 1 är geografiskt utspridd och består av relativt få gridrutor, vilket kan bidra till den större variationen i resultaten för både toppvärde och volym. Region 5 har också få rutor, vilket kan öka variationen även där.

Elforsk-rapporten 2014 bygger på klimatdata där de dimensionerande nederbördssekvenserna har beräknats med en rumslig upplösning på 50 km, medan resultaten i denna studie baseras på klimatdata i Klimatscenariotjänsten med en upplösning på 12,5 km. Den högre upplösningen ger en mer detaljerad representation av lokala extrema nederbördshändelser, medan den grövre upplösningen i de tidigare klimatdata innebär att extrema lokala händelser i högre grad jämnas ut och därmed ofta underskattas. Detta kan samtidigt leda till större variation mellan olika klimatmodeller, eftersom varje gridruta i högre grad speglar lokala förhållanden. Det större scenariourvalet i det uppdaterade klimatunderlaget i Klimatscenariotjänsten (17 klimatscenarier jämfört med

9 per RCP i tidigare analyser) förstärker denna spridning och ger en bredare bild av möjliga framtida extrema nederbördshändelser. Eftersom analysen bygger på extrema nederbördshändelser framträder inte alltid tydliga trender mellan RCP-scenarier på samma sätt som vid analys av medelvärden.

Klimatkänslighetsanalysen

Analysen av flöden enligt Beräkningsmetod I visar att effekterna av klimatförändringar varierar mellan regioner och mellan olika komponenter, såsom maxtillrinning, medeltillrinning och dimensionerande snömagasin:

- Generellt ökar maxtillrinningen i de flesta områdena i båda tillämpningarna, ofta med större spridning och mer uttalade extremvärden i denna studie.
- Medeltillrinningen uppvisar varierande mönster mellan regionerna och tillämpningarna. I flera fall är medeltillrinningen något högre i den tidigare tillämpningen, vilket kan kopplas till generellt högre årsnederbörd i det klimatunderlag som användes där.
- Dimensionerande snömagasin minskar genomgående i samtliga analyserade avrinningsområden och i båda tillämpningarna. Minskningen är generellt mer uttalad i denna studie, vilket kan kopplas till högre vintertemperaturer i det uppdaterade klimatdataunderlaget. Detta innebär att snösmältningens relativa betydelse för dimensionerande tillrinning i många fall minskar i framtida klimat.
- Tidpunkten för det dimensionerande tillfället ligger i de flesta områden under sommaren, även om viss variation förekommer mellan regioner. Detta tyder på att intensiva nederbördshändelser under den varma delen av året ofta är styrande för de högsta flödena, även om vårflod fortfarande kan vara betydelsefull i vissa fall.

Resultaten visar att denna studie inte nödvändigtvis förändrar riktningen för alla komponenter, men i många fall förstärker variationen och de extrema utfallen, särskilt för maxtillrinning och dimensionerande vattenstånd.

I klimatkänslighetsanalysen påverkas resultaten av en kombination av klimatrelaterade och metodmässiga faktorer, där skillnader i referens-perioder utgör en viktig komponent. Referensperioden i Klimatscenariotjänsten är tio år senare än den som användes i länsanalyserna. En tidigare studie visade att årsmedelnederbörden var upp

till cirka 12 % högre under den senare referensperioden. Detta kan bidra till skillnader i medeltillrinning mellan underlagen. Dimensionerande tillrinning styrs dock i hög grad av kortvariga variationer i nederbördens intensitet och enskilda extrema händelser, snarare än av årsmedelnederbörden.

Sammantaget påverkas den beräknade flödesutvecklingen i ett framtida klimat av ett samspel mellan regionala klimatförändringar, val av klimatunderlag och metodik samt lokala avrinningsområdesförhållanden, såsom topografi, markanvändning och vattenreglering. Dessa faktorer kan samverka på olika sätt och därmed påverka utvecklingen av extrema flöden i enskilda områden.

Metod och begränsningar

Beräkningsmetoder och detaljnivå har utvecklats i samband med framtagandet av det uppdaterade klimatunderlaget. Uppdateringen av de dimensionerande nederbördssekvenserna med de senaste klimatunderlagen säkerställer att analysen baseras på aktuell vetenskaplig kunskap och ligger i linje med nuvarande riktlinjer för klimatanalyser. Detta bidrar till mer tillförlitliga och relevanta underlag för beslutsfattande och planering.

Samtidigt förekommer metodmässiga skillnader som bör beaktas vid tolkning av resultaten, särskilt avseende hur klimatmodellensemble bearbetas och kopplas till den hydrologiska modellen. Det uppdaterade klimatunderlaget i Klimatscenariotjänsten använder den nyare bearbetningskedjan MIdAS, som ersatt den tidigare DBS-metoden. Fokus i denna studie ligger på hur det uppdaterade klimatunderlaget påverkar flödesdimensioneringen, snarare än på en jämförande utvärdering av metodförändringen.

Utöver dessa övergripande skillnader finns även mer specifika begränsningar kopplade till uppdateringen av de dimensionerande nederbördssekvenserna. I ett enstaka scenario översteg den justerade nederbörden för dygn 9 den totala nederbördsvolymen för en region under en framtida tidsperiod. I detta fall sattes nederbörden för övriga dygn till noll för att undvika negativa värden, vilket medförde att ökningen av totalvolymen blev något större än den annars skulle ha varit. Även om detta endast inträffade i ett enstaka scenario med detta scenariourval visar det på ett möjligt behov av fortsatt metodutveckling för hantering av liknande situationer vid framtida uppdateringar av sekvenserna.

Vidare finns även antaganden kopplade till den geografiska indelningen i analysen. Flödeskommittén delade in landet i fem regioner baserat på regionala variationer i nederbördens intensitet och säsongsfördelning. I ett framtida klimat kan dessa regionala mönster förändras, vilket skulle kunna

motivera en justering av regionindelningen. Eftersom en sådan justering sannolikt skulle variera mellan olika klimatscenarier har den inte inkluderats i denna studie (liksom i den tidigare), då detta skulle innebära betydande metodologisk komplexitet.

Inom samma beräkningsram korrigeras nederbördssekvensen beroende på årstid och region. Eftersom även den framtida säsongsfördelningen av nederbörd kan förändras skulle detta kunna motivera en revidering av korrektionen, men detta har inte heller inkluderats av metodmässiga skäl.

En ytterligare begränsning i analysen är att regleringsstrategierna baseras på tidigare tillämpningar för respektive dammanläggning och antas vara giltiga även under framtida klimatförhållanden. I praktiken kan dock regleringsstrategier och operativ drift förändras över tid, exempelvis till följd av uppdaterade säkerhetskrav, klimatrelaterad anpassning, förändrad elmarknad eller förändrade hydrologiska förutsättningar. Resultaten för dimensionerande vattenstånd bygger därmed på antagandet om oförändrad reglering.

Sammantaget visar analysen hur uppdaterade klimatunderlag påverkar resultaten av Beräkningsmetod I. Resultaten belyser därmed betydelsen av klimatdataunderlaget för beräkning av dimensionerande tillrinning och visar samtidigt att förändringarna kan variera mellan avrinningsområden.

5 Referenslista

Andréasson, J., Gardelin, M., Hellström, S.-S. och Bergström, S. *Känslighetsanalys av Flödeskommitténs riktlinjer i ett framtida förändrat klimat*, Elforsk rapport 06:80, 2006.

Andréasson, J., Bergström, S., Gardelin, M., German, J., Gustavsson, H., Hallberg, K. och Rosberg, J. *Dimensionerande flöden för dammanläggningar för ett klimat i förändring - metodutveckling och scenarier,* Elforsk rapport 11:25, 2011a.

Andréasson, J., Bergström, S., Gardelin, M., German, J., Johansson, B., Lindström, G. och Rosberg, J. *Analys av osäkerheter vid beräkning av dimensionerande flöden för dammar i flödes-dimensioneringsklass I*, Elforsk rapport 11:31, 2011b.

Berg, P., Bosshard, T., Yang, W. och Zimmermann, K. "MIdASv0.2.1 – MultI-scale Bias AdjuStment." *Geoscientific Model Development* 15 (2022): 6165–6180. https://doi.org/10.5194/gmd-15-6165-2022

Bergström, S. "The HBV Model — Its Structure and Applications." In V. P. Singh (ed.), *Computer Models of Watershed Hydrology*, 443–476. Water Resources Publications, Highlands Ranch, Colorado, 1992.

Ericsson, A., Johnell, A. och Zábori, J. *Flödesberäkningar för Nissaström*, SMHI Rapport 2021-47, 2021.

Hallberg, K., Andréasson, J., Axén-Mårtensson, J., Bergström, S., Dahné, J., Nylén, L. och Sjökvist, E. *Metodbeskrivning och jämförande studie av dimensionerande flöden för dammanläggningar med två generationer klimatscenarier*, Elforsk-rapport 2014:27, 2014. Tillgänglig: https://energiforsk.se/rapporter/metodbeskrivning-och-jamforande-studie-av-dimensionerande-floden-for-dammanlaggningar-med-tva-generationer-klimatscenarier-2014-27/

Hallberg, K., Johnell, A. och Sjögren, J. *Flödesdimensionering för Gillervattnet och Hötjärnsmagasinet*, SMHI Rapport 2015-63, 2015.

Johansson, B. "Areal Precipitation and Temperature in the Swedish Mountains: An Evaluation from a Hydrological Perspective." *Hydrology Research* 31, nr. 3 (2000): 207–228. https://doi.org/10.2166/nh.2000.0013

Johansson, B., och D. Chen. "The Influence of Wind and Topography on Precipitation Distribution in Sweden: Statistical Analysis and Modelling." *International Journal of Climatology* 23 (2003): 1523–1535. https://doi.org/10.1002/joc.951

Johansson, B., och D. Chen. "Estimation of Areal Precipitation for Runoff Modelling Using Wind Data: A Case Study in Sweden." *Climatic Research* 29 (2005): 53–61. https://doi.org/10.3354/cr029053

Johnell, A., och Elenius, M. *Dammdimensionering för Indalsälven. Delrapport 5 – Känslighetsanalys för förändrat klimat*, SMHI Rapport 2019-63, 2019.

Johnell, A., och Ericsson, A. *Flödesberäkningar för Fyrisån*, SMHI Rapport 2020-85, 2020.

Lindström, G., Johansson, B., Persson, M., Gardelin, M. och Bergström, S. "Development and Test of the Distributed HBV-96 Hydrological Model." *Journal of Hydrology* 201, nr. 1–4 (1997): 272–288. https://doi.org/10.1016/S0022-1694(97)00041-3

Losjö, K., och Johnell, A. *Dammdimensionering för Umeälven. Delrapport 3 – Känslighetsanalys för klimat*, SMHI Rapport 2016-54, 2016.

Losjö, K., Södling, J., Wern, L. och German, J. *Uppföljning av de svenska riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar, Klimatologi* 51, 2019. Tillgänglig här: https://www.smhi.se/publikationer-fran-smhi/sok-publikationer/2019-09-24-uppfoljning-av-de-svenska-riktlinjerna-for-bestamning-av-dimensionerande-floden-for-dammanlaggningar

Reynolds, E., och Orrheim, L. *Flödesberäkningar för Luleälven* (pågående projekt, 2023).

Reynolds, E., och Harbman, U. *Flödesberäkningar för Suseån*, SMHI Rapport 2023-73, 2023.

Reynolds, E., och Berglöv, G. *Flödesberäkningar för Tidan*, SMHI Rapport 2023-74, 2023.

Reynolds, E., Berglöv, G., Zábori, J. och German, J. *Flödesberäkningar för Ronnebyån*, SMHI Rapport 2024-06, 2024.

Saelthun, N. R., Aittoniemi, P., Bergström, S., Einarsson K., Jóhannesson, T., Lindström, G., Ohlsson, P.-E., Thomsen, T., Vehviläinen, B. och Aamodt, K. O. *Climate change impacts on runoff and hydropower in the Nordic Countries*, Slutrapport från projektet *Climate Change and Energy Production*, TemaNord 1998:552. Oslo, 1998.

Sjökvist, E., Mårtensson, J. A., Dahné, J., Köplin, N., Björck, E., Berglöv, G., Nylén, L., Brunell, J. T., Nordborg, D., Hallberg, K., Södling, J. och Clausen, S. B. *Klimatscenarier för Sverige. Bearbetning av RCP-scenarier för meteorologiska och hydrologiska effektstudier*, SMHI Klimatologi nr 15, 2015.

Sjökvist, E., Björck, E., Carlsson, D., Eklund, A., Jacobsson, K., Johnell, A., Södling, J. och Zabori, J. *Jämförelse länsanalyser och scenariotjänst*, SMHI Klimatologi nr 70, 2023.

SMHI. *Klimatscenariotjänsten*. Tillgänglig: https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/klimatscenariotjansten, 2026a

SMHI. *RCP-scenarier*. Tillgänglig: SMHI, https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimatmodeller-och-scenarier/rcp-scenarier, 2026b

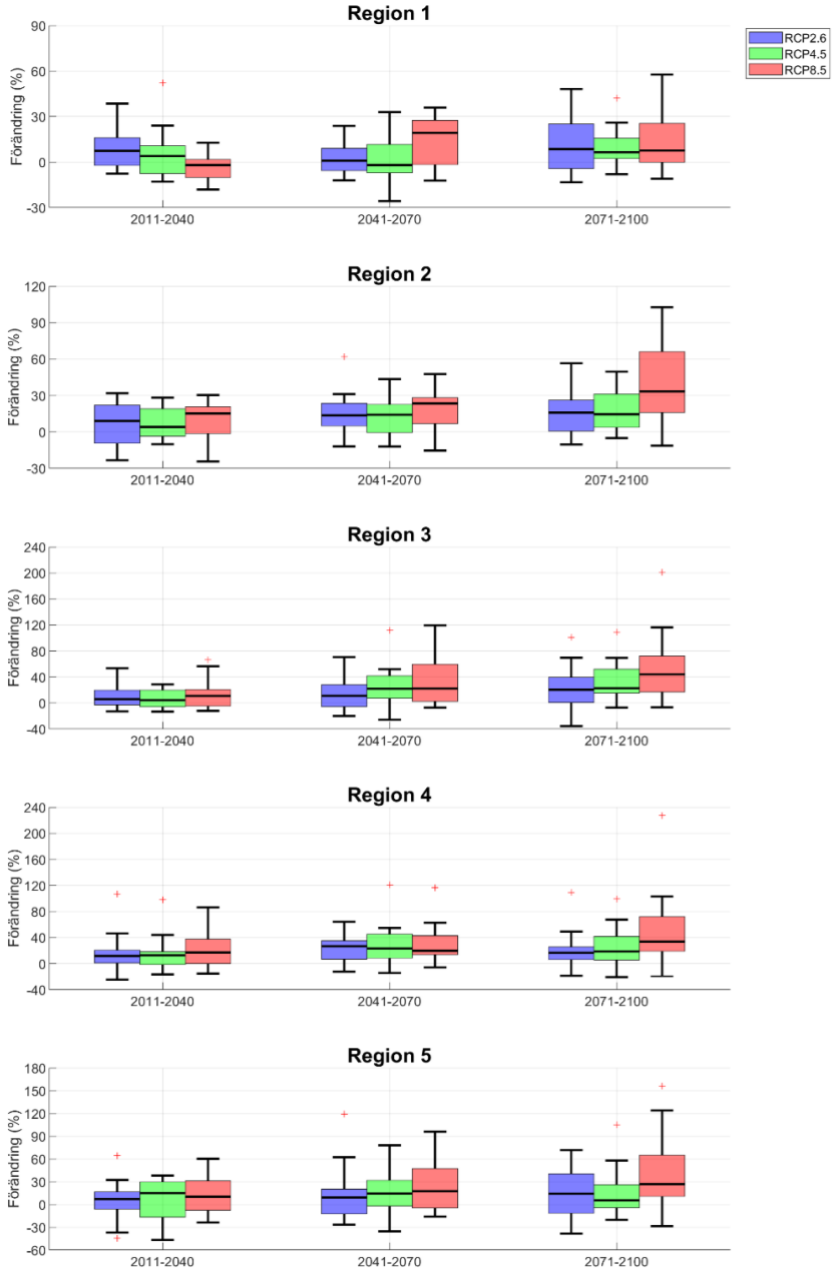
Svenska Kraftnät, Energiföretagen Sverige och SveMin. Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar – Utgåva 2022.

van Vuuren, D. P., Edmonds, J., Kainuma, M., m. fl. "The Representative Concentration Pathways: An Overview." *Climatic Change* 109, 2011. https://doi.org/10.1007/s10584-011-0148-z

Veijalainen, N., och Vehviläinen, B. "The Effect of Climate Change on Design Floods of High Hazard Dams in Finland." *Hydrology Research* 39, nr. 5–6 (2008): 465–477. https://doi.org/10.2166/nh.2008.202

Yang, W., Andréasson, J., Graham, L. P., Olsson, J., Rosberg, J. och Wetterhall, F. "Distribution-based Scaling to Improve Usability of Regional Climate Model Projections for Hydrological Climate Change Impacts Studies." *Hydrology Research* 41, nr. 3–4 (2010): 211–229. https://doi.org/10.2166/nh.2010.004

Bilaga A. Förändringen av toppvärdet och totalvolym i den dimensionerande nederbördssekvensen.



Figur A1. Förändring av maxvärdet i den dimensionerande nederbördssekvensen för perioderna 2011–2040, 2041–2070 och 2071–2100 jämfört med referensperioden 1971–2000, baserad på den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten. Motsvarande värden redovisas i Tabell A1–A9.

Tabell A1. Max-, median-, percentil- och minvärden för förändringen av maxvärdet i den dimensionerande nederbördssekvensen för RCP 2.6 under perioden 2011–2040 enligt denna studie, baserad på den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten.

	Min (%)	Perc 25 (%)	Perc 50 (%)	Perc 75 (%)	Max (%)
Region 1	-8	-2	7	16	39
Region 2	-23	-9	9	21	32
Region 3	-13	-3	6	17	54
Region 4	-25	1	12	19	107
Region 5	-44	-6	7	16	65

Tabell A2. Max-, median-, percentil- och minvärden för förändringen av maxvärdet i den dimensionerande nederbördssekvensen för RCP 4.5 under perioden 2011–2040 enligt denna studie, baserad på den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten.

	Min (%)	Perc 25 (%)	Perc 50 (%)	Perc 75 (%)	Max (%)
Region 1	-13	-7	4	11	52
Region 2	-10	-3	4	18	28
Region 3	-13	-4	4	19	29
Region 4	-17	-1	13	17	98
Region 5	-47	-16	15	29	38

Tabell A3. Max-, median-, percentil- och minvärden för förändringen av maxvärdet i den dimensionerande nederbördssekvensen för RCP 8.5 under perioden 2011–2040 enligt denna studie, baserad på den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten.

	Min (%)	Perc 25 (%)	Perc 50 (%)	Perc 75 (%)	Max (%)
Region 1	-18	-10	-2	0	13
Region 2	-24	-1	15	20	30
Region 3	-12	-4	11	19	66
Region 4	-15	1	17	36	86
Region 5	-24	-7	10	31	60

Tabell A4. Max-, median-, percentil- och minvärden för förändringen av maxvärdet i den dimensionerande nederbördssekvensen för RCP 2.6 under perioden 2041–2070 enligt denna studie, baserad på den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten.

	Min (%)	Perc 25 (%)	Perc 50 (%)	Perc 75 (%)	Max (%)
Region 1	-12	-5	1	8	24
Region 2	-12	5	14	23	62
Region 3	-20	-5	11	27	70
Region 4	-12	9	27	35	64
Region 5	-27	-11	9	20	119

Tabell A5. Max-, median-, percentil- och minvärden för förändringen av maxvärdet i den dimensionerande nederbördssekvensen för RCP 4.5 under perioden 2041–2070 enligt denna studie, baserad på den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten.

	Min (%)	Perc 25 (%)	Perc 50 (%)	Perc 75 (%)	Max (%)
Region 1	-26	-6	-2	10	33
Region 2	-12	1	14	21	43
Region 3	-26	7	22	40	112
Region 4	-14	9	23	44	121
Region 5	-35	1	14	28	78

Tabell A6. Max-, median-, percentil- och minvärden för förändringen av maxvärdet i den dimensionerande nederbördssekvensen för RCP 8.5 under perioden 2041–2070 enligt denna studie, baserad på den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten.

	Min (%)	Perc 25 (%)	Perc 50 (%)	Perc 75 (%)	Max (%)
Region 1	-12	-2	19	27	36
Region 2	-15	7	23	28	48
Region 3	-7	3	22	59	119
Region 4	-6	14	20	42	117
Region 5	-16	-4	18	47	96

Tabell A7. Max-, median-, percentil- och minvärden för förändringen av maxvärdet i den dimensionerande nederbördssekvensen för RCP 2.6 under perioden 2071–2100 enligt denna studie, baserad på den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten.

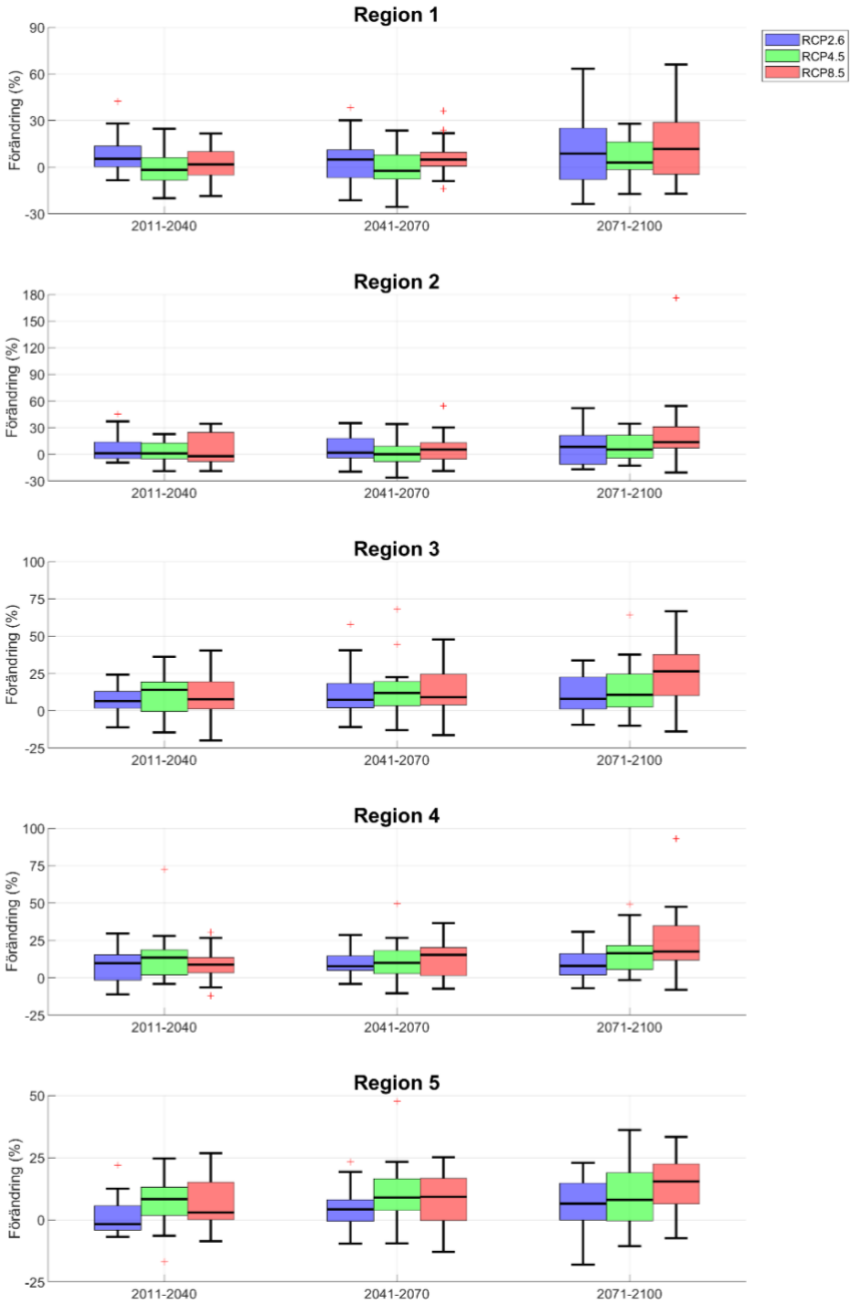
	Min (%)	Perc 25 (%)	Perc 50 (%)	Perc 75 (%)	Max (%)
Region 1	-13	-4	9	22	48
Region 2	-10	2	16	26	56
Region 3	-36	3	20	39	101
Region 4	-18	7	17	24	109
Region 5	-38	-11	14	39	72

Tabell A8. Max-, median-, percentil- och minvärden för förändringen av maxvärdet i den dimensionerande nederbördssekvensen för RCP 4.5 under perioden 2071–2100 enligt denna studie, baserad på den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten.

	Min (%)	Perc 25 (%)	Perc 50 (%)	Perc 75 (%)	Max (%)
Region 1	-8	2	6	16	42
Region 2	-5	5	15	30	50
Region 3	-7	17	23	50	109
Region 4	-21	7	19	41	100
Region 5	-20	-4	6	25	105

Tabell A9. Max-, median-, percentil- och minvärden för förändringen av maxvärdet i den dimensionerande nederbördssekvensen för RCP 8.5 under perioden 2071–2100 enligt denna studie, baserad på den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten.

	Min (%)	Perc 25 (%)	Perc 50 (%)	Perc 75 (%)	Max (%)
Region 1	-11	0	8	25	58
Region 2	-11	17	33	64	103
Region 3	-7	18	44	72	201
Region 4	-20	20	34	68	228
Region 5	-28	12	27	63	156



Figur A2. Förändring avseende volym i den dimensionerande nederbördssekvensen för perioderna 2011–2040, 2041–2070 och 2071–2100 jämfört med referensperioden 1971–2000, baserad på den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten. Motsvarande värden redovisas i Tabell A10–A18.

Tabell A10. Max-, median-, percentil- och minvärden för förändringen av volym i den dimensionerande nederbördssekvensen för RCP 2.6 under perioden 2011–2040 enligt denna studie, baserad på den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten.

	Min (%)	Perc 25 (%)	Perc 50 (%)	Perc 75 (%)	Max (%)
Region 1	-8	1	5	13	42
Region 2	-9	-5	1	13	45
Region 3	-11	2	7	11	24
Region 4	-11	-1	10	14	30
Region 5	-7	-4	-2	5	22

Tabell A11. Max-, median-, percentil- och minvärden för förändringen av volym i den dimensionerande nederbördssekvensen för RCP 4.5 under perioden 2011–2040 enligt denna studie, baserad på den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten.

	Min (%)	Perc 25 (%)	Perc 50 (%)	Perc 75 (%)	Max (%)
Region 1	-20	-8	-2	5	25
Region 2	-19	-4	1	12	23
Region 3	-15	0	14	18	36
Region 4	-4	3	14	19	73
Region 5	-17	3	8	12	25

Tabell A12. Max-, median-, percentil- och minvärden för förändringen av volym i den dimensionerande nederbördssekvensen för RCP 8.5 under perioden 2011–2040 enligt denna studie, baserad på den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten.

	Min (%)	Perc 25 (%)	Perc 50 (%)	Perc 75 (%)	Max (%)
Region 1	-19	-5	2	10	22
Region 2	-19	-7	-2	24	34
Region 3	-20	1	8	19	40
Region 4	-12	4	9	13	30
Region 5	-9	0	3	14	27

Tabell A13. Max-, median-, percentil- och minvärden för förändringen av volym i den dimensionerande nederbördssekvensen för RCP 2.6 under perioden 2041–2070 enligt denna studie, baserad på den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten.

	Min (%)	Perc 25 (%)	Perc 50 (%)	Perc 75 (%)	Max (%)
Region 1	-21	-7	5	10	38
Region 2	-19	-3	2	17	35
Region 3	-11	2	7	18	58
Region 4	-4	5	8	14	29
Region 5	-10	-1	4	8	23

Tabell A14. Max-, median-, percentil- och minvärden för förändringen av volym i den dimensionerande nederbördssekvensen för RCP 4.5 under perioden 2041–2070 enligt denna studie, baserad på den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten.

	Min (%)	Perc 25 (%)	Perc 50 (%)	Perc 75 (%)	Max (%)
Region 1	-25	-7	-2	7	24
Region 2	-26	-7	0	9	34
Region 3	-13	4	12	19	68
Region 4	-10	4	10	18	50
Region 5	-9	4	9	15	48

Tabell A15. Max-, median-, percentil- och minvärden för förändringen av volym i den dimensionerande nederbördssekvensen för RCP 8.5 under perioden 2041–2070 enligt denna studie, baserad på den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten.

	Min (%)	Perc 25 (%)	Perc 50 (%)	Perc 75 (%)	Max (%)
Region 1	-14	1	5	8	36
Region 2	-19	-5	5	12	55
Region 3	-16	5	9	23	101
Region 4	-7	2	15	19	37
Region 5	-13	0	9	16	25

Tabell A16. Max-, median-, percentil- och minvärden för förändringen av volym i den dimensionerande nederbördssekvensen för RCP 2.6 under perioden 2071–2100 enligt denna studie, baserad på den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten.

	Min (%)	Perc 25 (%)	Perc 50 (%)	Perc 75 (%)	Max (%)
Region 1	-24	-7	9	25	63
Region 2	-17	-10	8	19	52
Region 3	-9	1	8	22	34
Region 4	-7	2	8	16	31
Region 5	-18	0	6	15	23

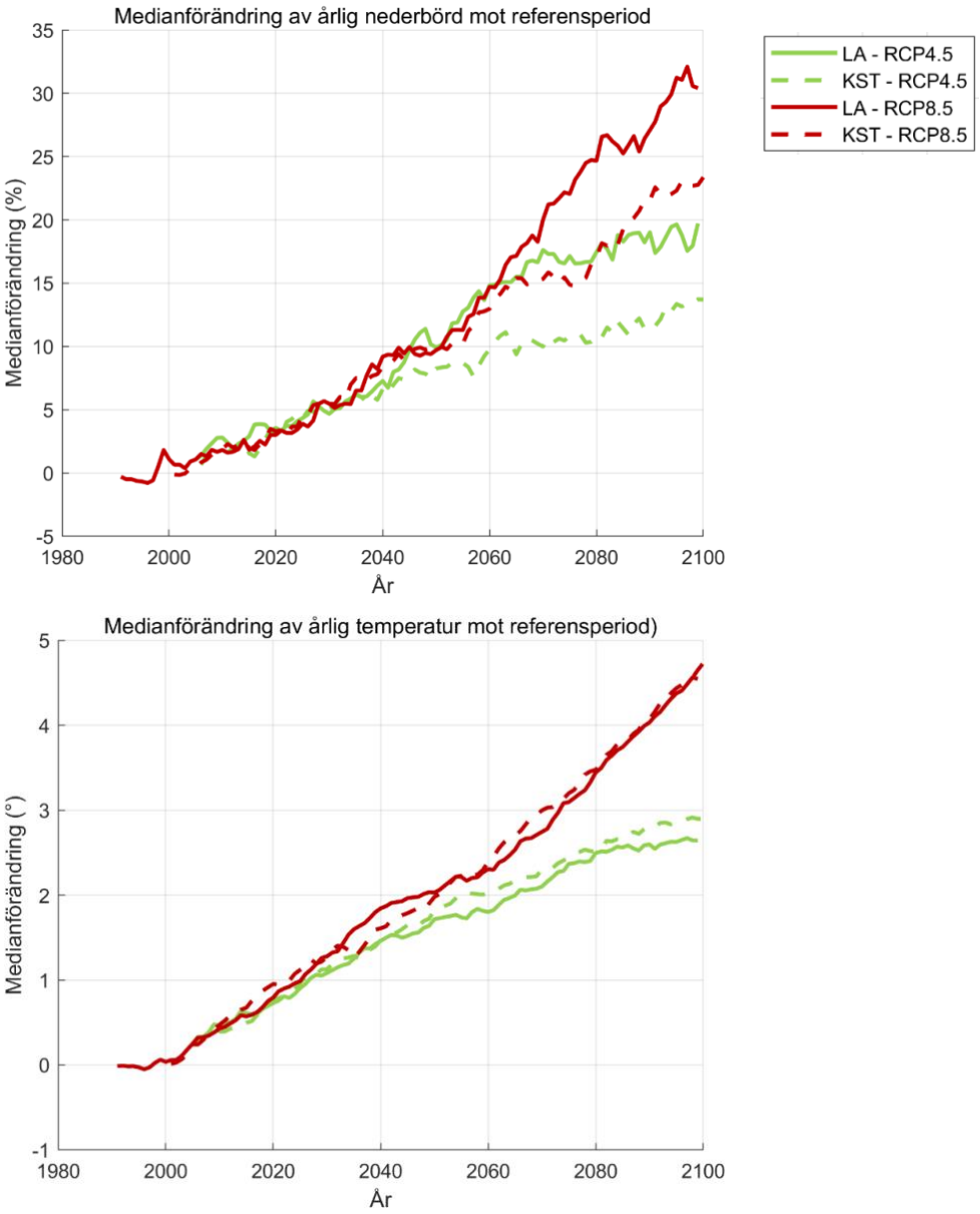
Tabell A17. Max-, median-, percentil- och minvärden för förändringen av volym i den dimensionerande nederbördssekvensen för RCP 4.5 under perioden 2071–2100 enligt denna studie, baserad på den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten.

	Min (%)	Perc 25 (%)	Perc 50 (%)	Perc 75 (%)	Max (%)
Region 1	-17	-1	3	16	28
Region 2	-13	-3	5	20	34
Region 3	-10	3	11	24	64
Region 4	-1	7	16	21	49
Region 5	-11	1	8	18	36

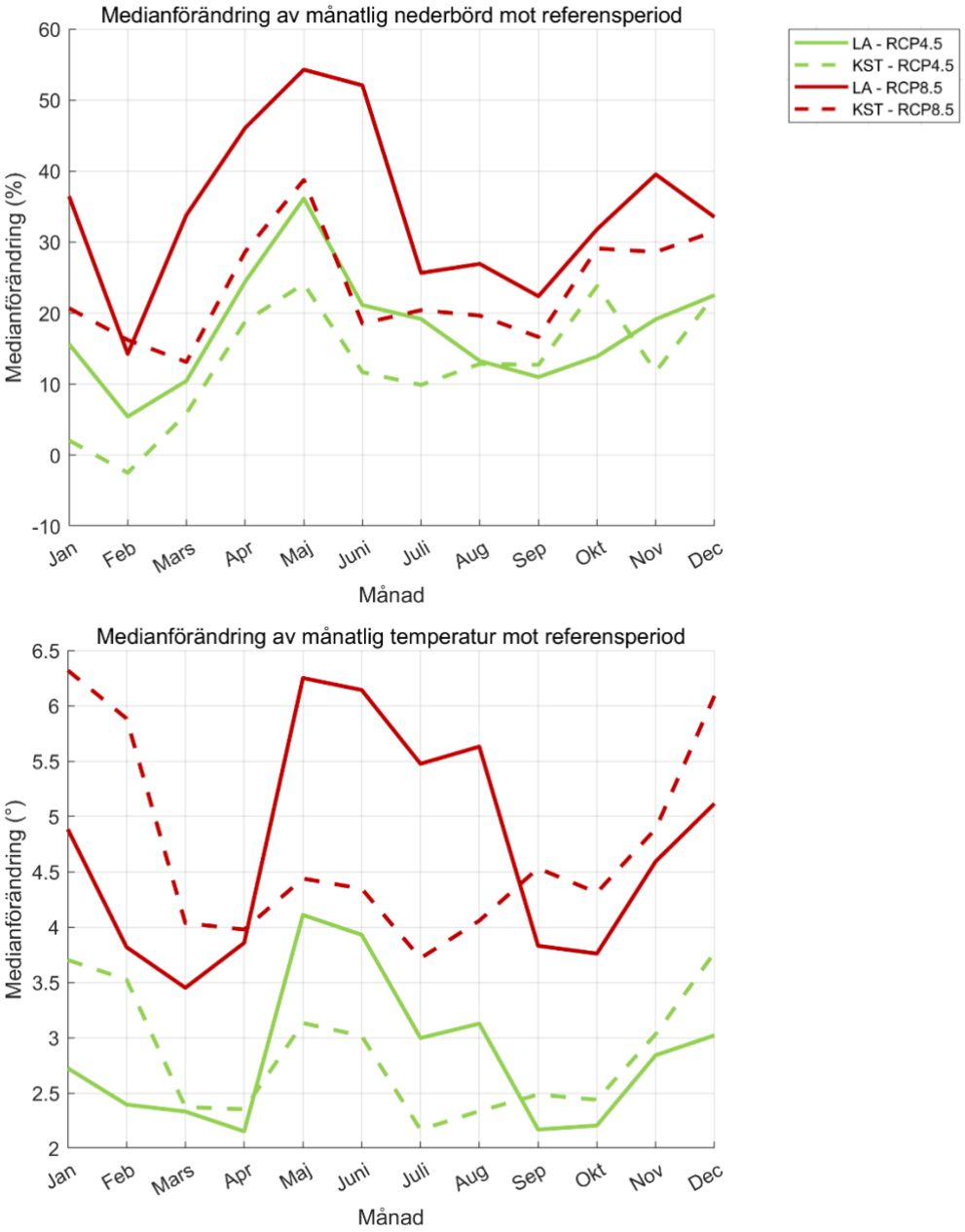
Tabell A18. Max-, median-, percentil- och minvärden för förändringen av volym i den dimensionerande nederbördssekvensen för RCP 8.5 under perioden 2071–2100 enligt denna studie, baserad på den hydrologiska ensemblen i Klimatscenariotjänsten.

	Min (%)	Perc 25 (%)	Perc 50 (%)	Perc 75 (%)	Max (%)
Region 1	-17	-4	12	27	66
Region 2	-21	9	14	28	176
Region 3	-14	11	26	35	67
Region 4	-8	12	18	34	93
Region 5	-7	7	15	22	33

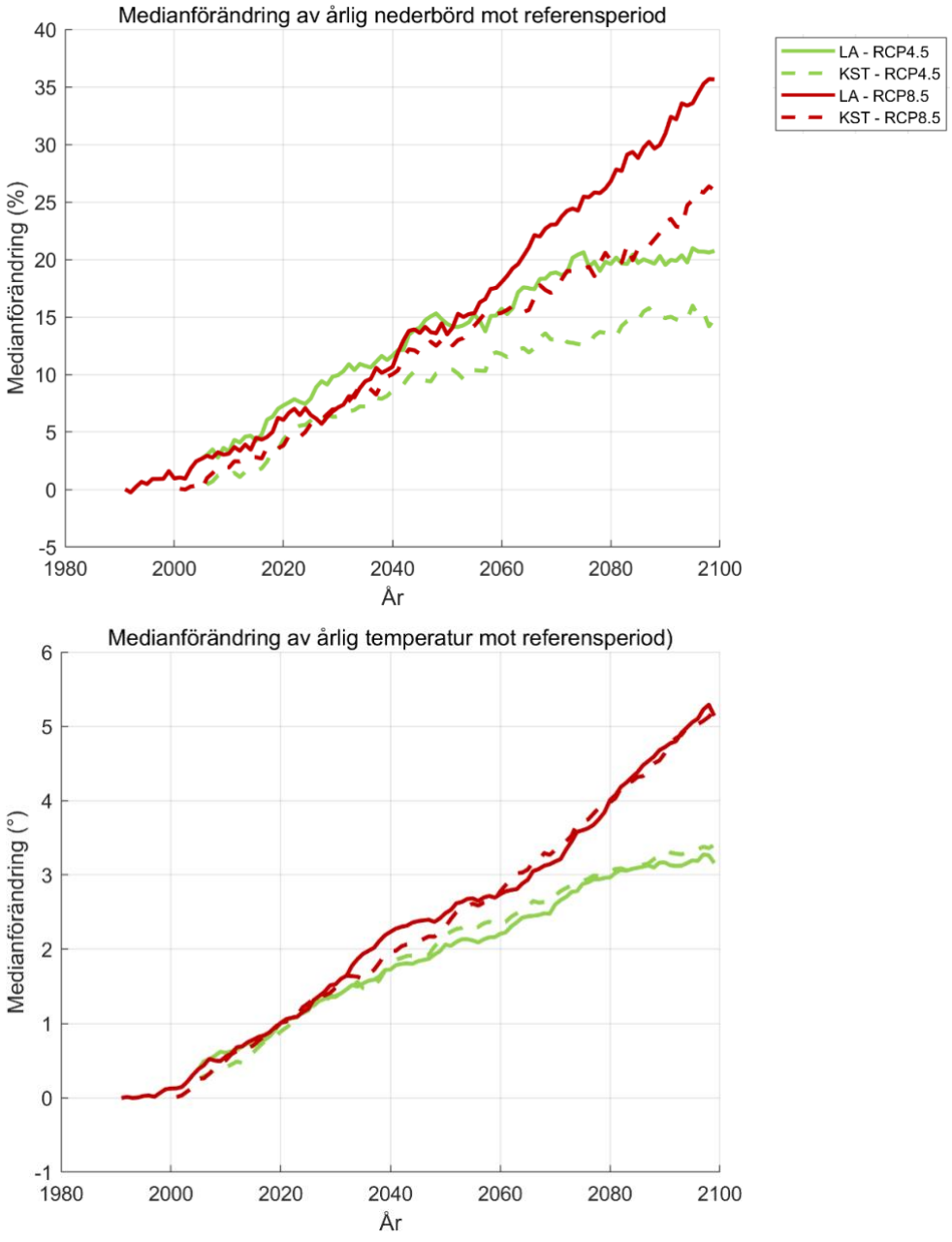
Bilaga B. Års- och månadsvisa förändringar i nederbörd och temperatur.



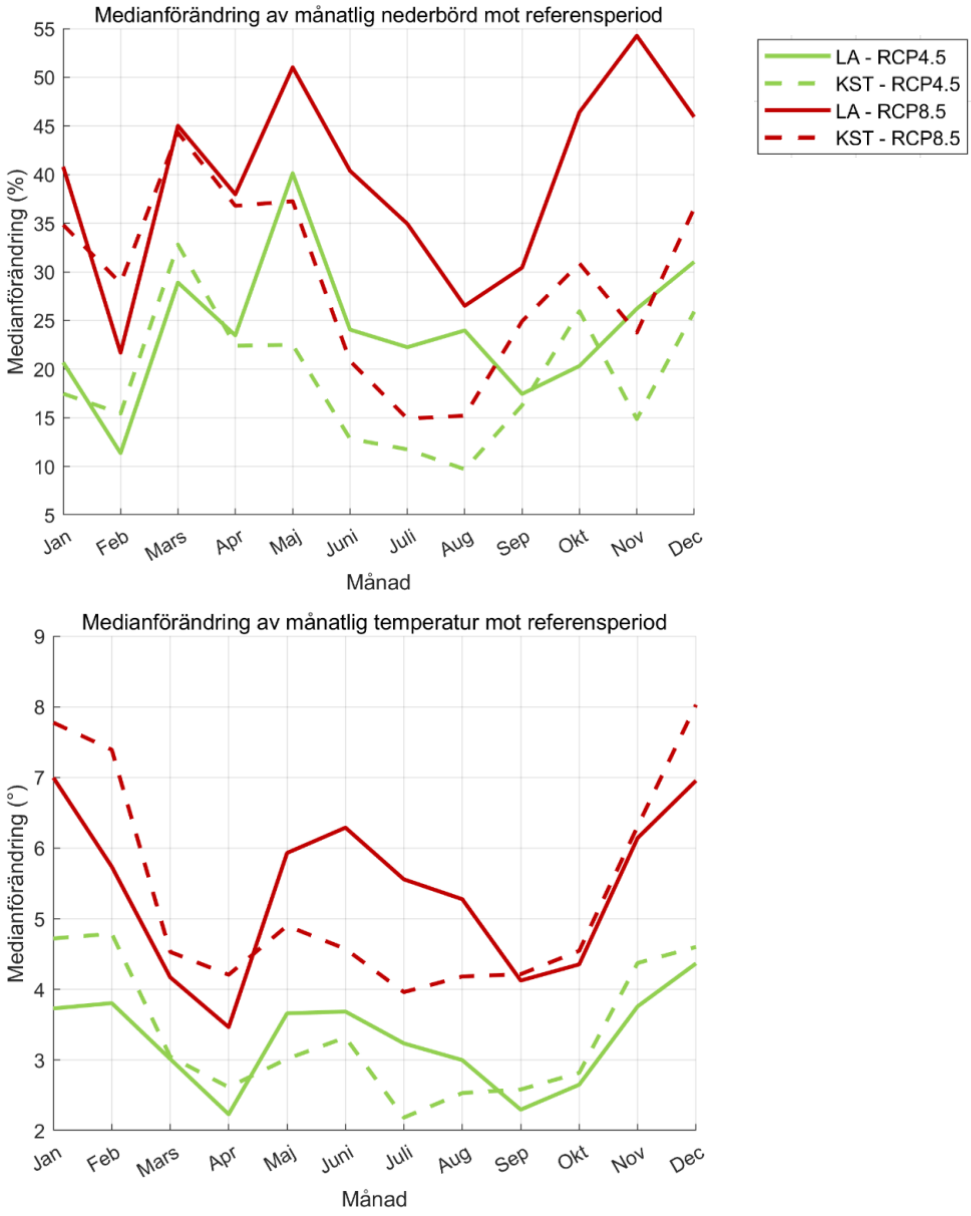
Figur B1. Beräknad utveckling av årsnederbörd och årstemperatur i Kallsjöns avrinningsområde i Indalsälven för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. Referensperioden är 1971–2000 för KST och 1961–1990 för LA. Förändringen beräknas som ett 30-årigt rullande medel (1972–2100 för KST och 1962–2100 för LA). Medianen är beräknad separat för varje RCP och för respektive klimatdataunderlag.



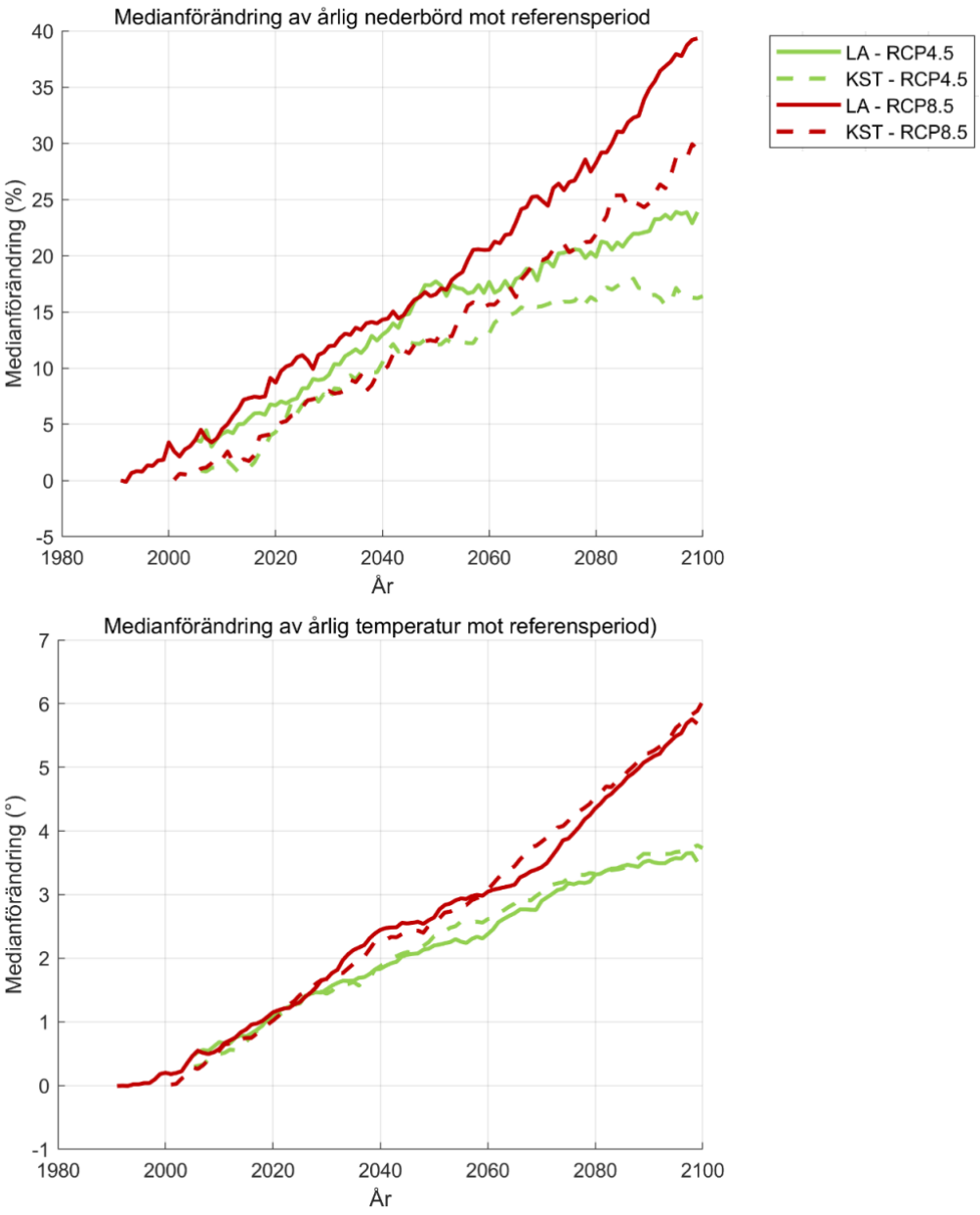
Figur B2. Beräknad utveckling av månadsnederbörd och månadstemperatur i Kallsjöns avrinningsområde i Indalsälven för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. Referensperioden är 1971–2000 för KST och 1961–1990 för LA, och framtidsperioden är 2071–2100. För varje månad beräknades medelvärde över åren i referens- och framtidsperioden, därefter procentuell förändring för varje scenario. Medianen av procentuella förändringar beräknades separat för varje RCP och klimatdata.



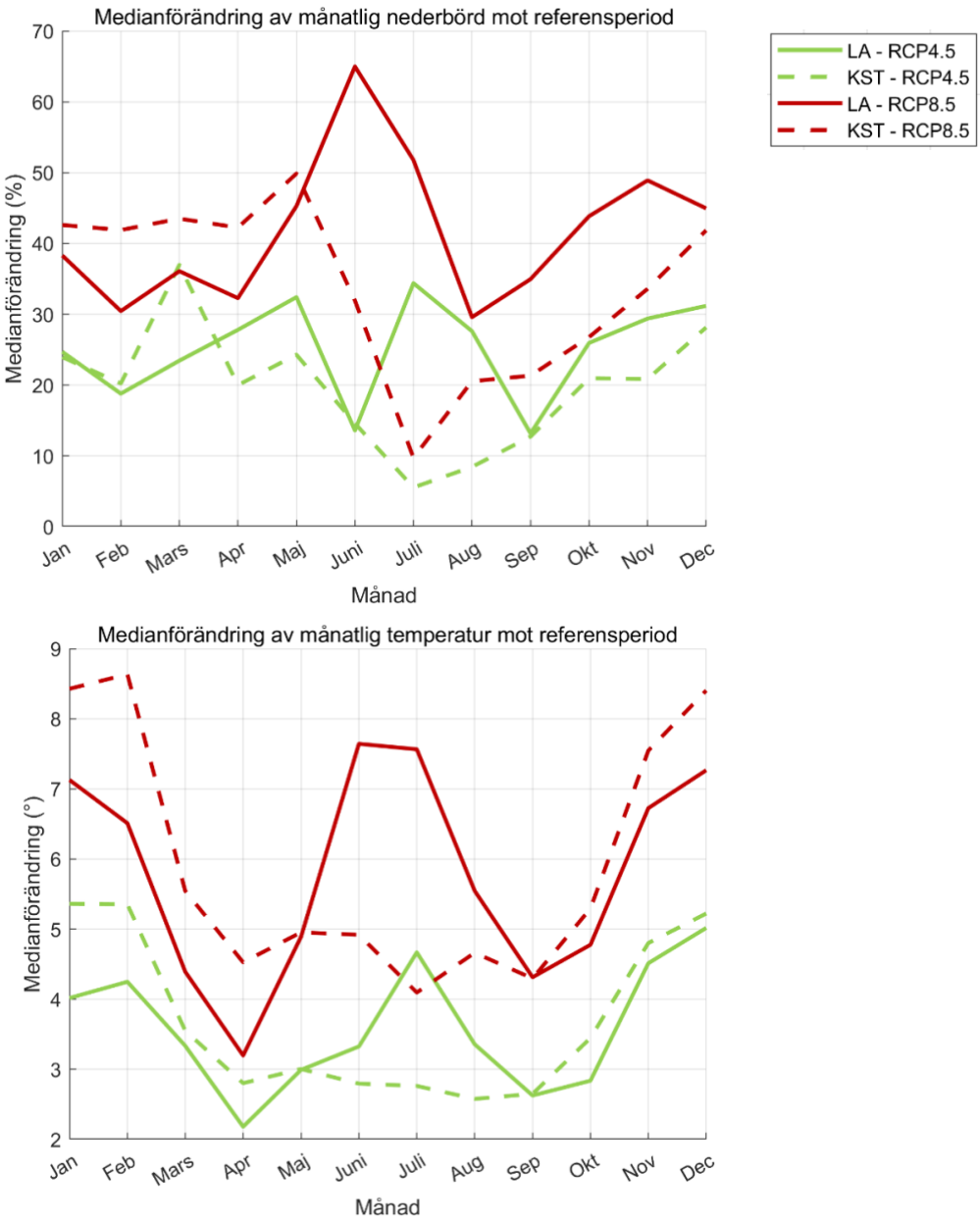
Figur B3. Beräknad utveckling av årsnederbörd och årstemperatur i Storumans avrinningsområde i Indalsälven för olika klimatdataunderlag, för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. Referensperioden är 1971–2000 för KST och 1961–1990 för LA. Förändringen beräknas som ett 30-årigt rullande medel (1972–2100 för KST och 1962–2100 för LA). Medianen är beräknad separat för varje RCP och för respektive klimatdataunderlag.



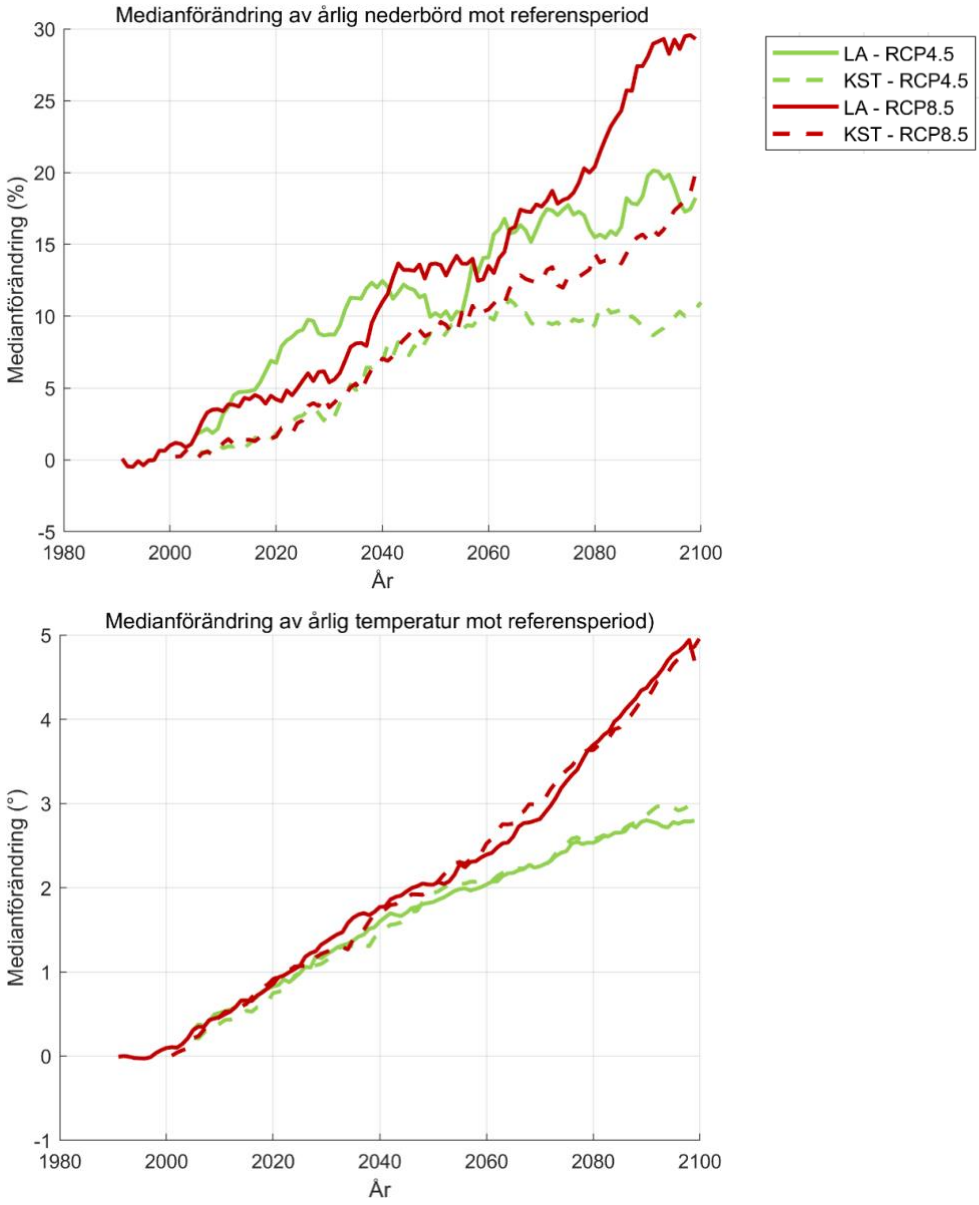
Figur B4. Beräknad utveckling av månadsnederbörd och månadstemperatur i Storumans avrinningsområde i Umeälven för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. För varje månad beräknades medelvärde över åren i referens- och framtidsperioden, därefter procentuell förändring för varje scenario. Medianen av procentuella förändringar beräknades separat för varje RCP och klimatdata.



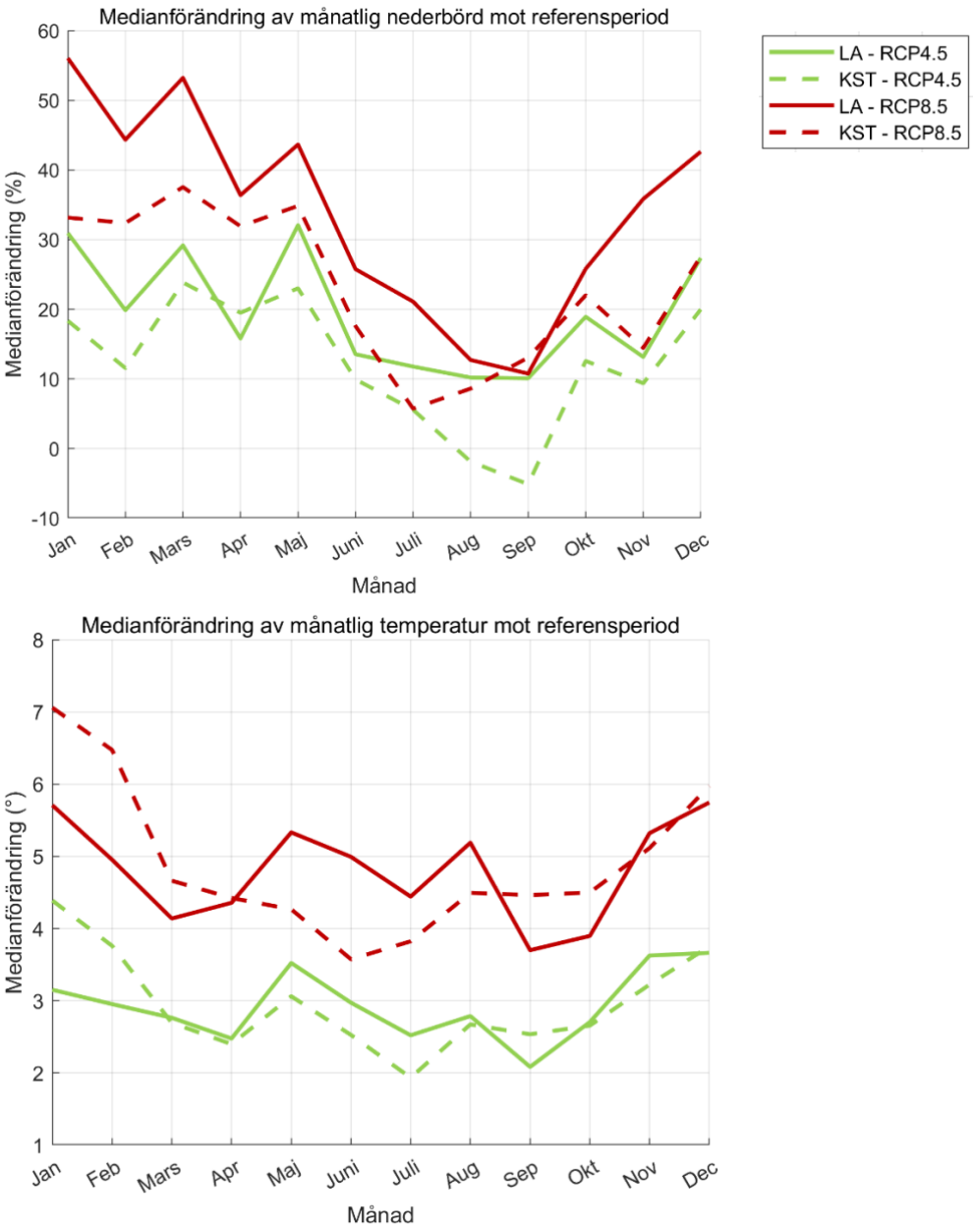
Figur B5. Beräknad utveckling av årsnederbörd och årstemperatur i Seitevares avrinningsområde i Luleälven för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. Referensperioden är 1971–2000 för KST och 1961–1990 för LA. Förändringen beräknas som ett 30-årigt rullande medel (1972–2100 för KST och 1962–2100 för LA). Medianen är beräknad separat för varje RCP och för respektive klimatdataunderlag.



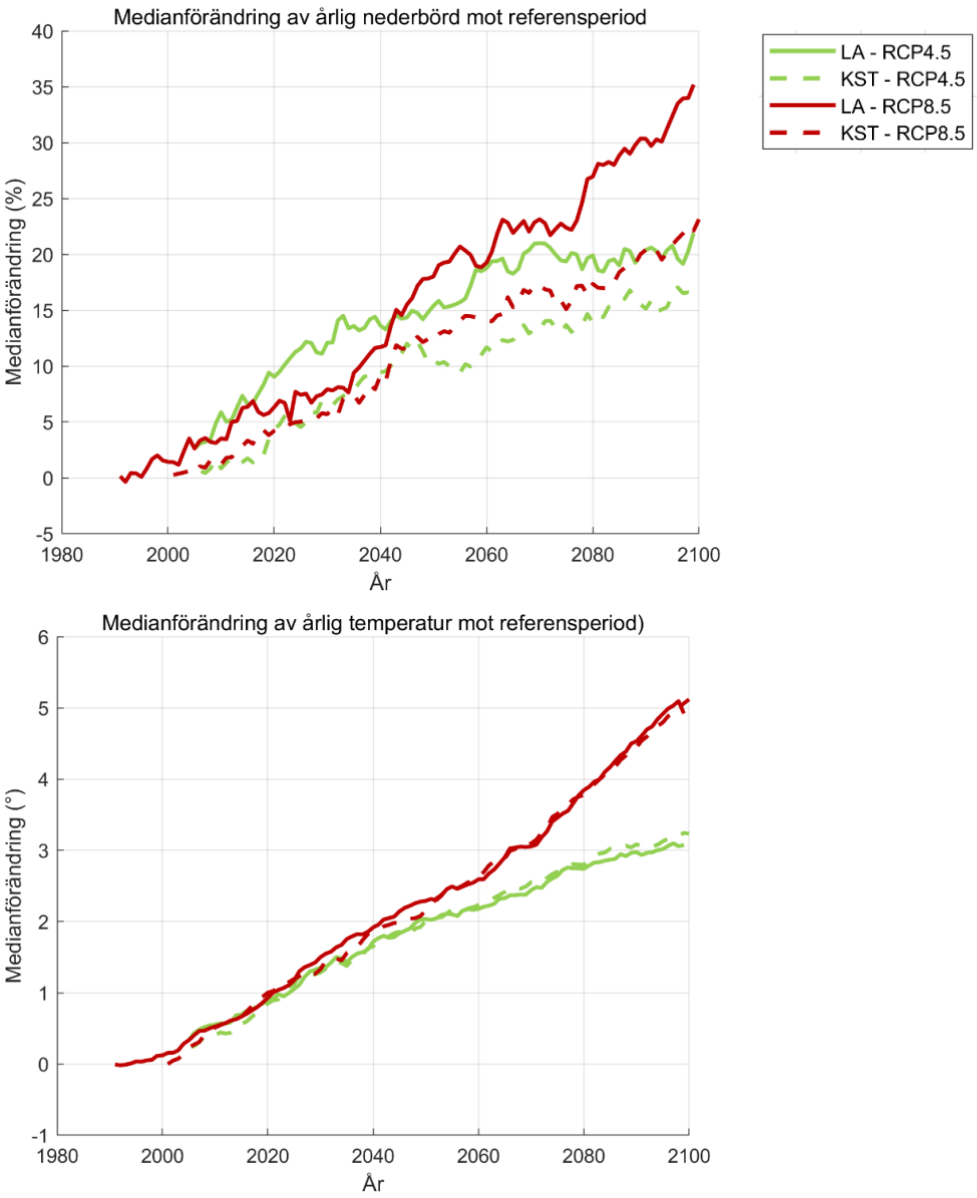
Figur B6. Beräknad utveckling av månadsnederbörd och månadstemperatur i Seitevares avrinningsområde i Luleälven för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. Referensperioden är 1971–2000 för KST och 1961–1990 för LA, och framtidsperioden är 2071–2100. För varje månad beräknades medelvärde över åren i referens- och framtidsperioden, därefter procentuell förändring för varje scenario. Medianen av procentuella förändringar beräknades separat för varje RCP och klimatdata.



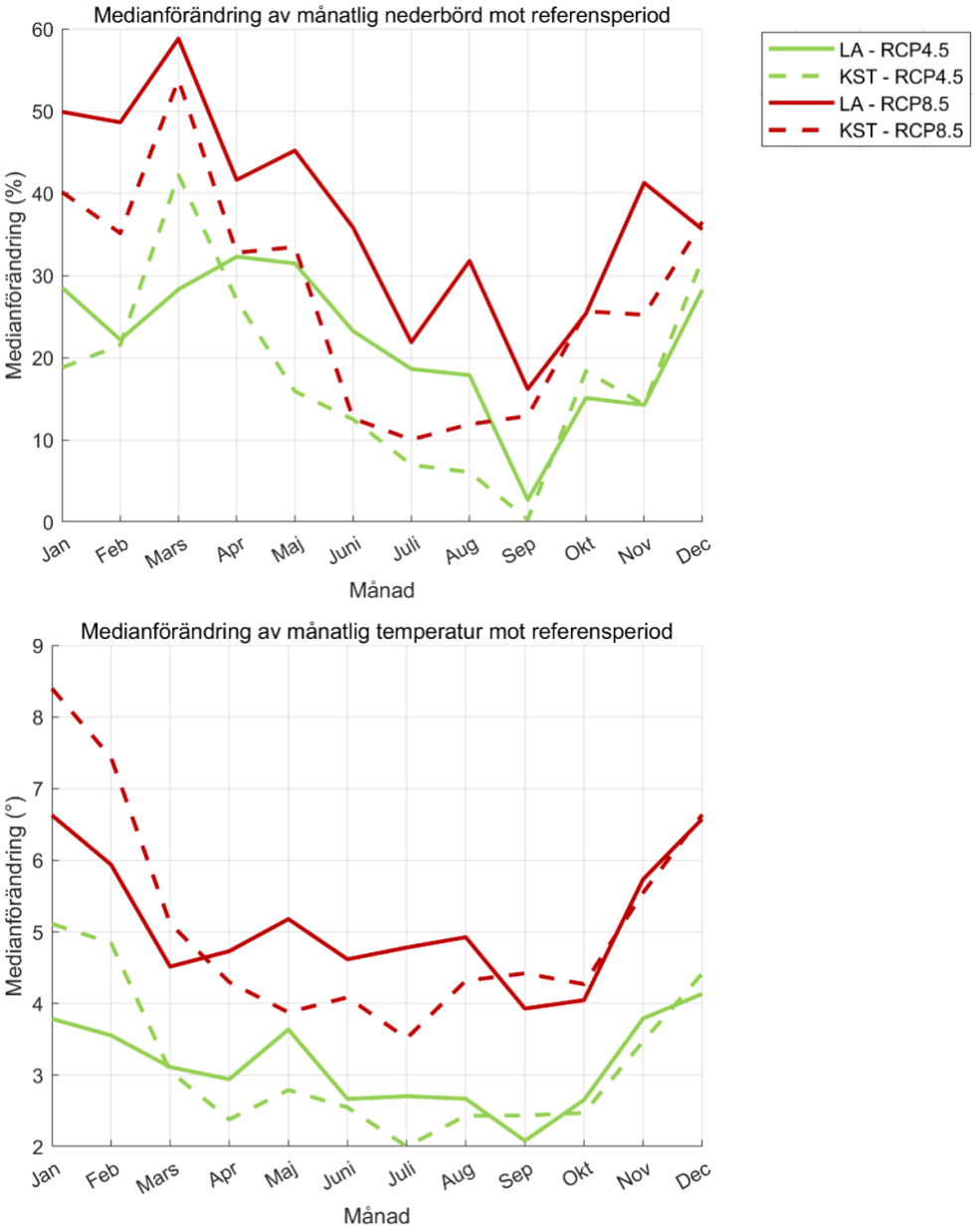
Figur B7. Beräknad utveckling av årsnederbörd och årstemperatur i Höljesdammen i Klarälven för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. Referensperioden är 1971–2000 för KST och 1961–1990 för LA. Förändringen beräknas som ett 30-årigt rullande medel (1972–2100 för KST och 1962–2100 för LA). Medianen är beräknad separat för varje RCP och för respektive klimatdataunderlag.



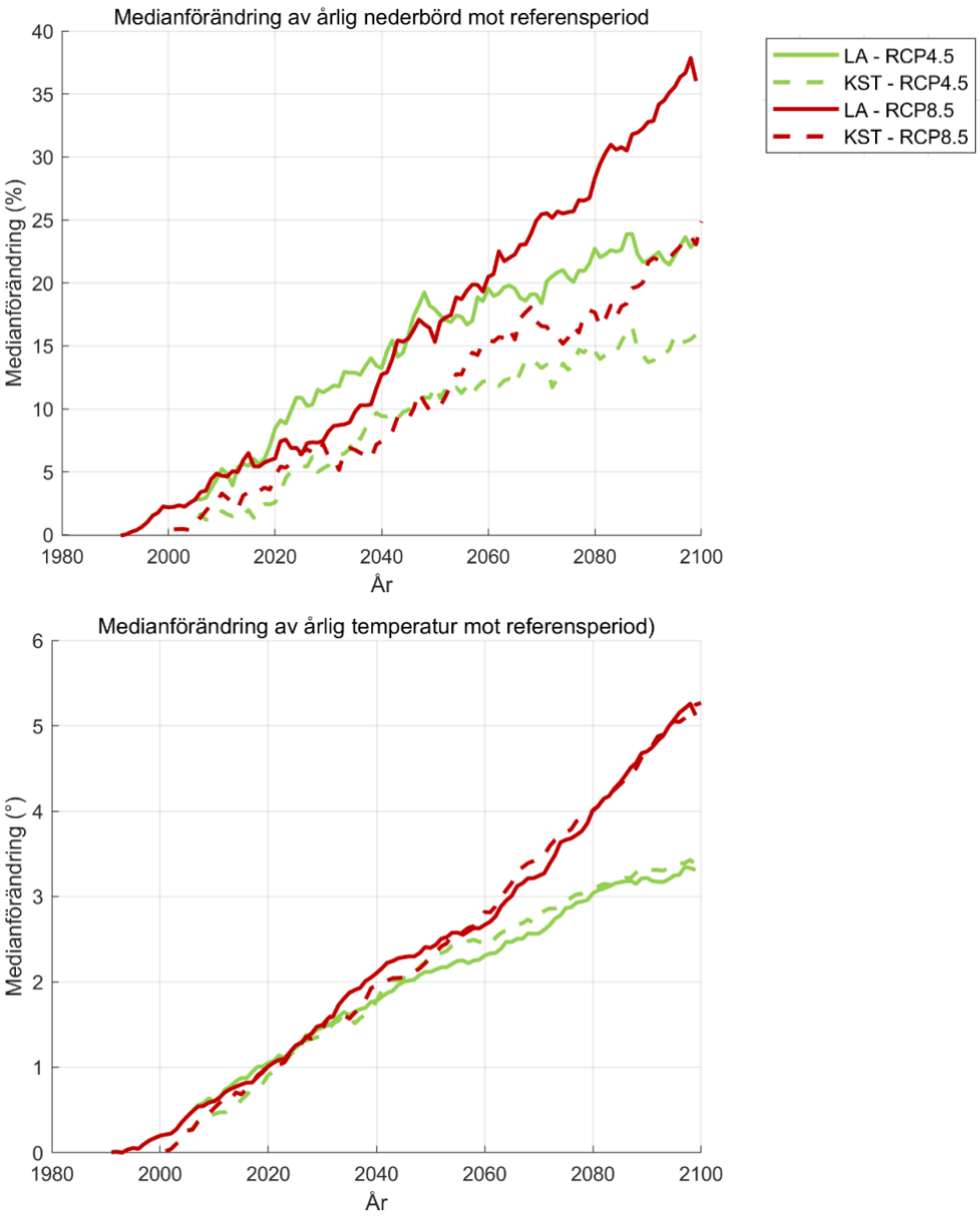
Figur B8. Beräknad utveckling av månadsnederbörd och månadstemperatur i Höljesdammen i Klarälven för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. Referensperioden är 1971–2000 för KST och 1961–1990 för LA, och framtidsperioden är 2071–2100. För varje månad beräknades medelvärde över åren i referens- och framtidsperioden, därefter procentuell förändring för varje scenario. Medianen av procentuella förändringar beräknades separat för varje RCP och klimatdata.



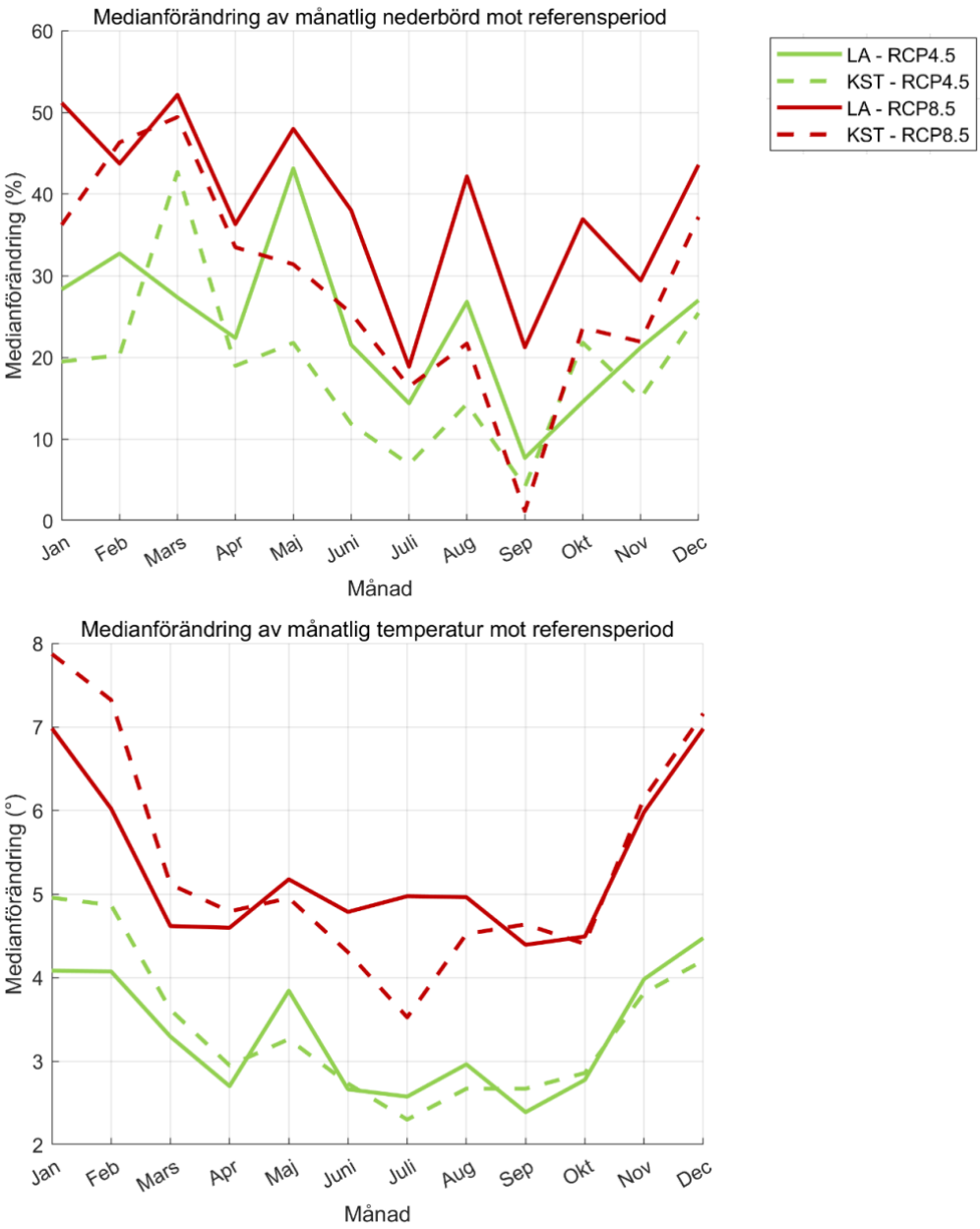
Figur B9. Beräknad utveckling av årsnederbörd och årstemperatur i Torpshammar i Ljungan för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. Referensperioden är 1971–2000 för KST och 1961–1990 för LA. Förändringen beräknas som ett 30-årigt rullande medel (1972–2100 för KST och 1962–2100 för LA). Medianen är beräknad separat för varje RCP och för respektive klimatdataunderlag.



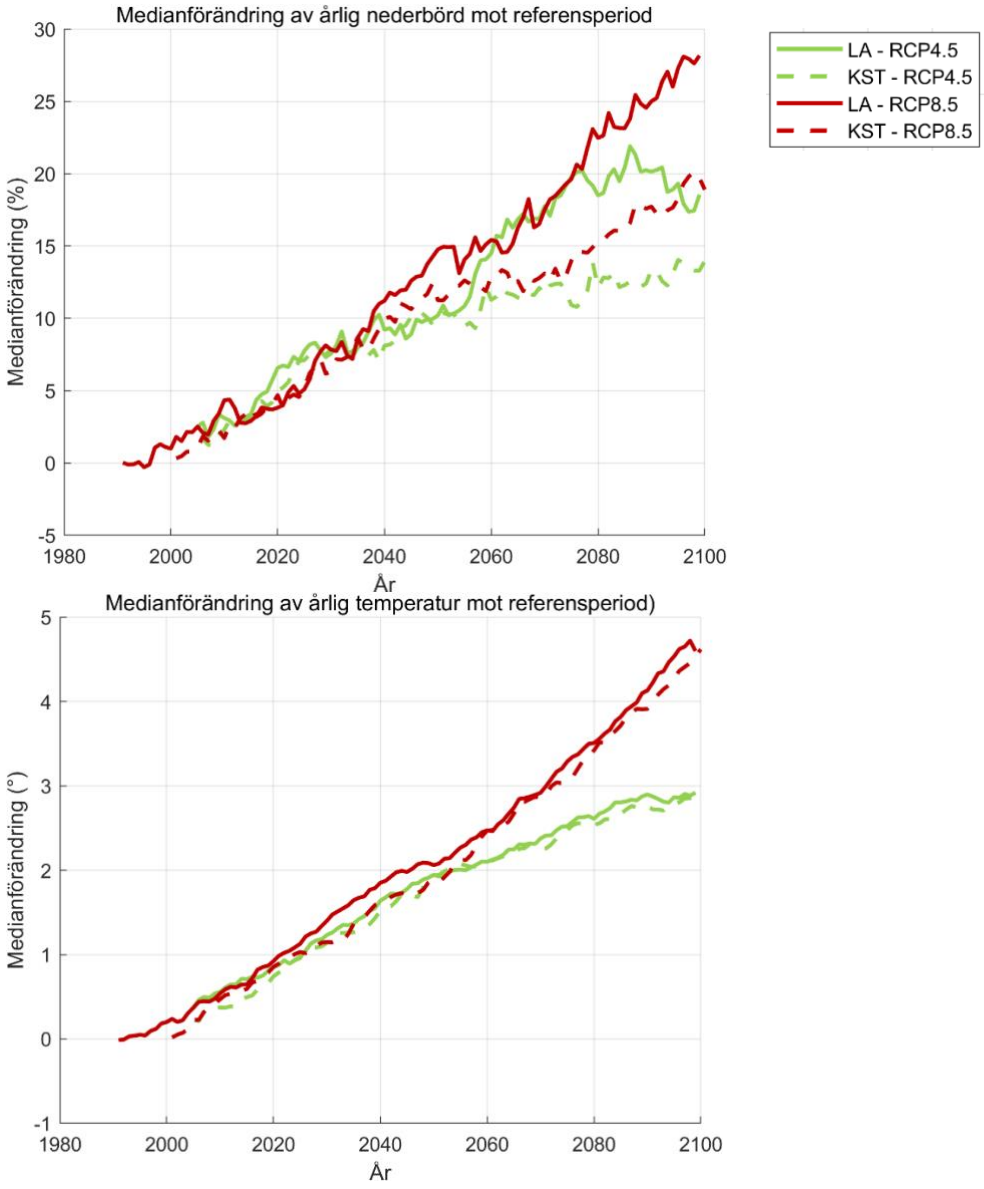
Figur B10. Beräknad utveckling av månadsnederbörd och månadstemperatur i Torpshammar i Ljungan för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. Referensperioden är 1971–2000 för KST och 1961–1990 för LA, och framtidsperioden är 2071–2100. För varje månad beräknades medelvärde över åren i referens- och framtidsperioden, därefter procentuell förändring för varje scenario. Medianen av procentuella förändringar beräknades separat för varje RCP och klimatdata.



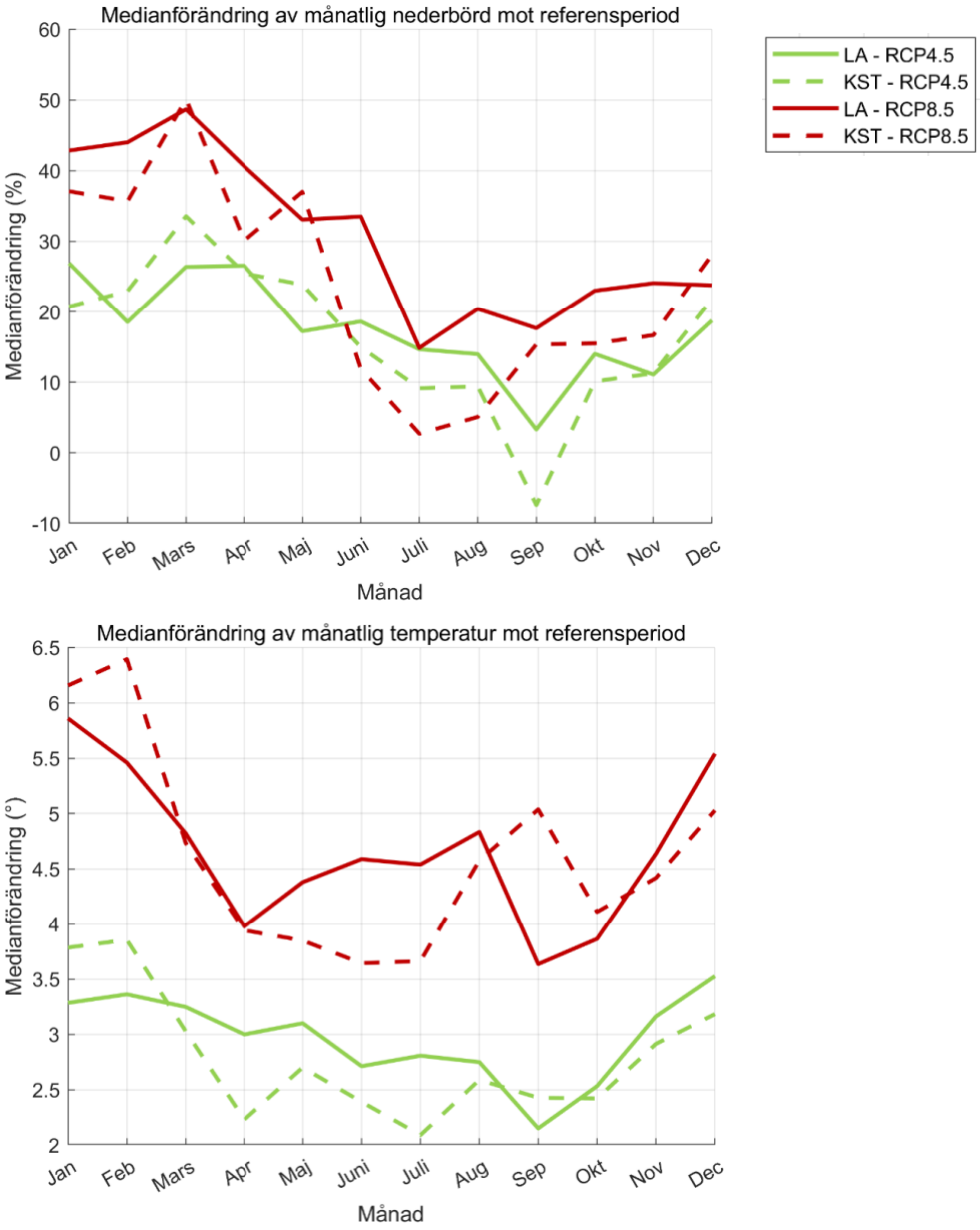
Figur B11. Beräknad utveckling av årsnederbörd och årstemperatur i Gillervattnet i Skellefteälven för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. Referensperioden är 1971–2000 för KST och 1961–1990 för LA. Förändringen beräknas som ett 30-årigt rullande medel (1972–2100 för KST och 1962–2100 för LA). Medianen är beräknad separat för varje RCP och för respektive klimatdataunderlag.



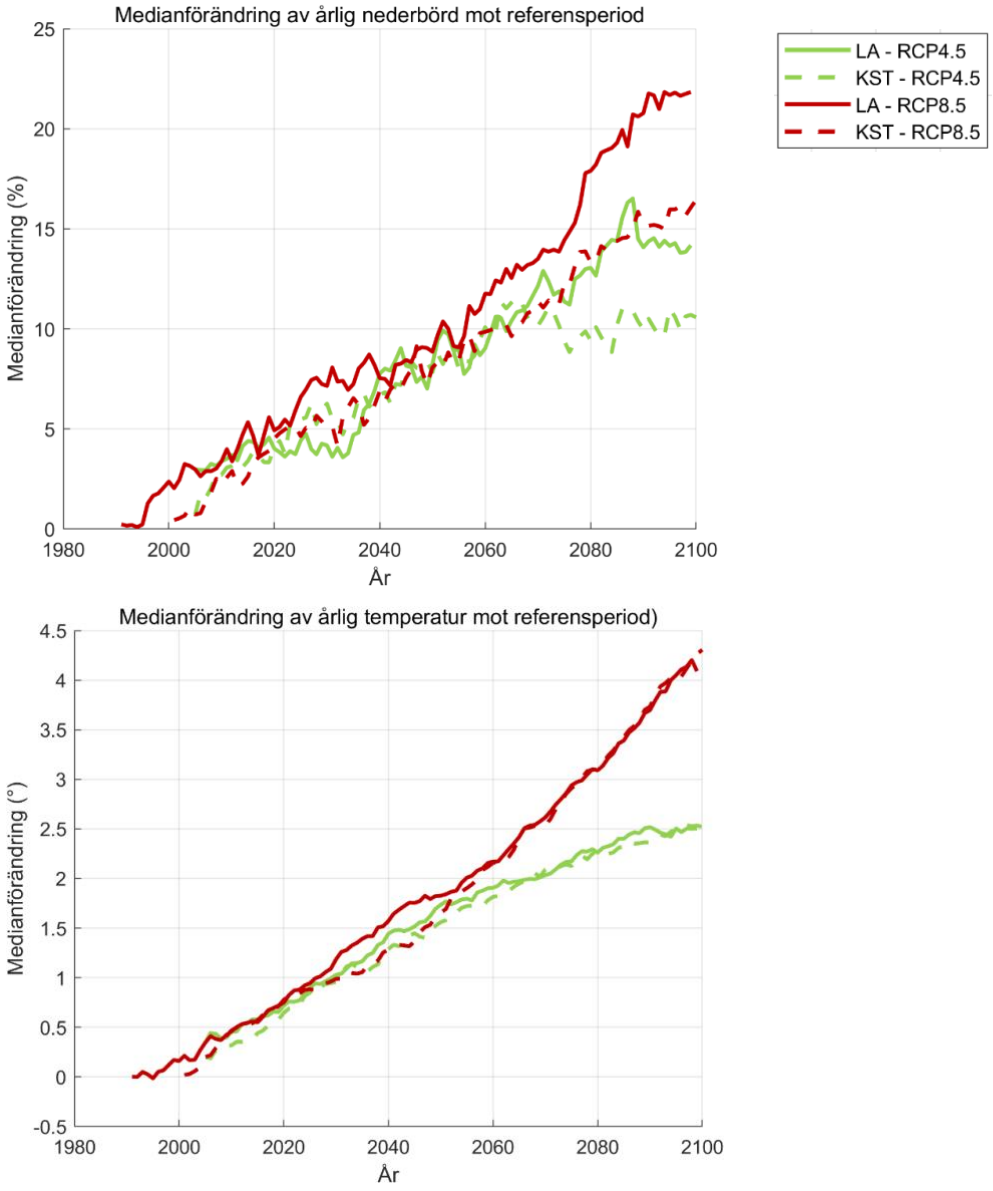
Figur B12. Beräknad utveckling av månadsnederbörd och månadstemperatur i Gillervattnet i Skellefteälven för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. Referensperioden är 1971–2000 för KST och 1961–1990 för LA, och framtidsperioden är 2071–2100. För varje månad beräknades medelvärde över åren i referens- och framtidsperioden, därefter procentuell förändring för varje scenario. Medianen av procentuella förändringar beräknades separat för varje RCP och klimatdata.



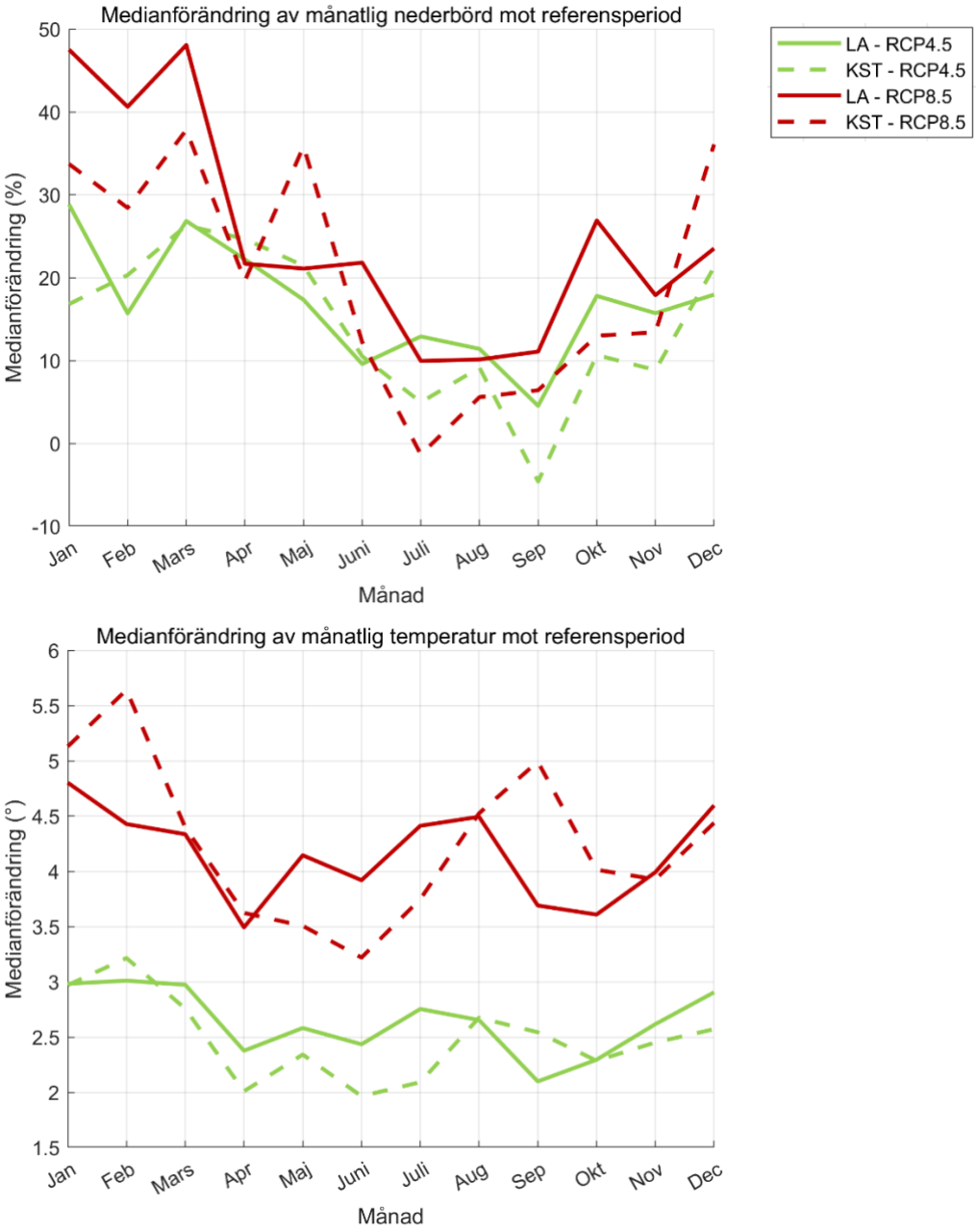
Figur B13. Beräknad utveckling av årsnederbörd och årstemperatur i Gruvsjön i Dalälven för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. Referensperioden är 1971–2000 för KST och 1961–1990 för LA. Förändringen beräknas som ett 30-årigt rullande medel (1972–2100 för KST och 1962–2100 för LA). Medianen är beräknad separat för varje RCP och för respektive klimatdataunderlag.



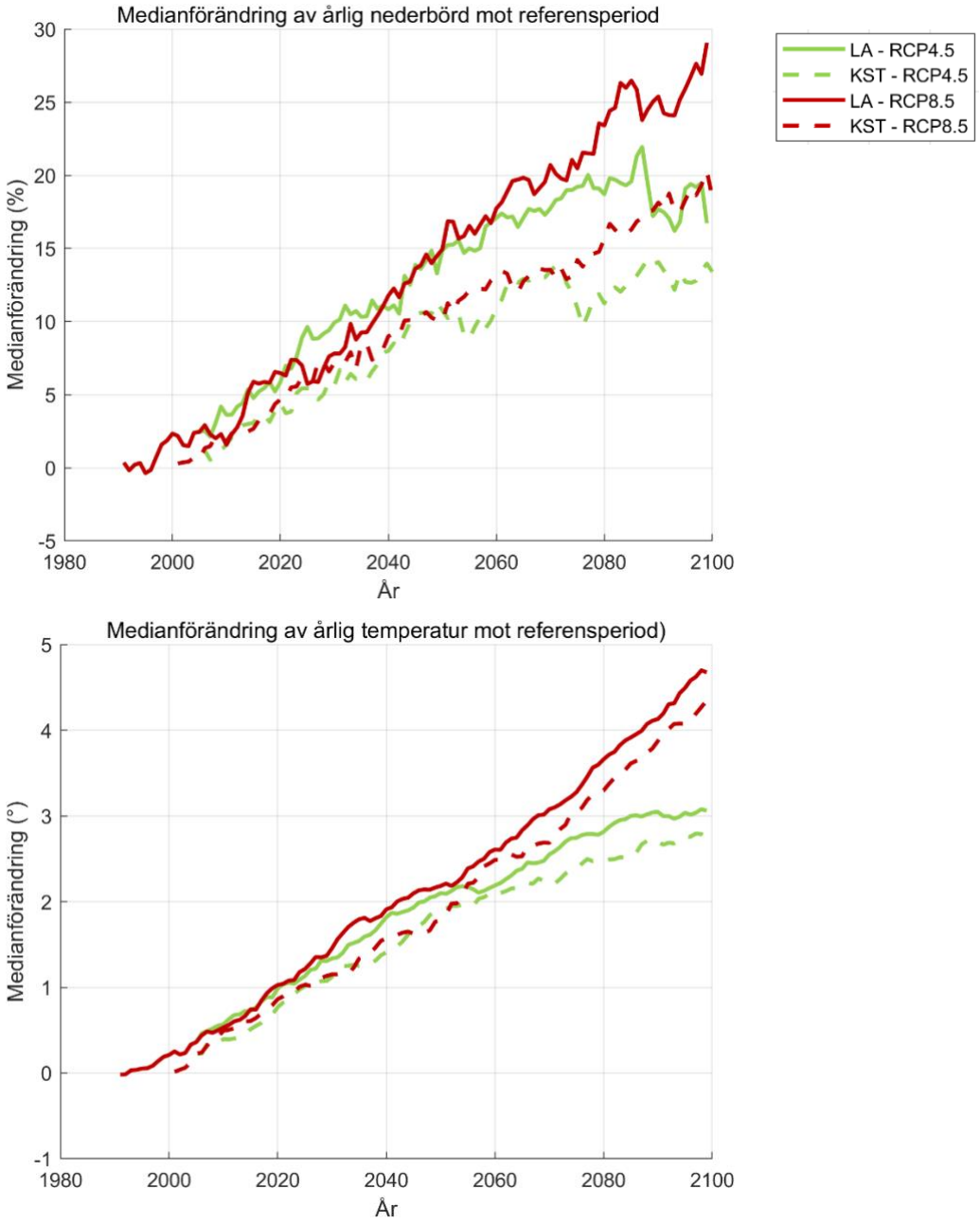
Figur B14. Beräknad utveckling av månadsnederbörd och månadstemperatur i Gruvsjön i Dalälven för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. Referensperioden är 1971–2000 för KST och 1961–1990 för LA, och framtidsperioden är 2071–2100. För varje månad beräknades medelvärde över åren i referens- och framtidsperioden, därefter procentuell förändring för varje scenario. Medianen av procentuella förändringar beräknades separat för varje RCP och klimatdata.



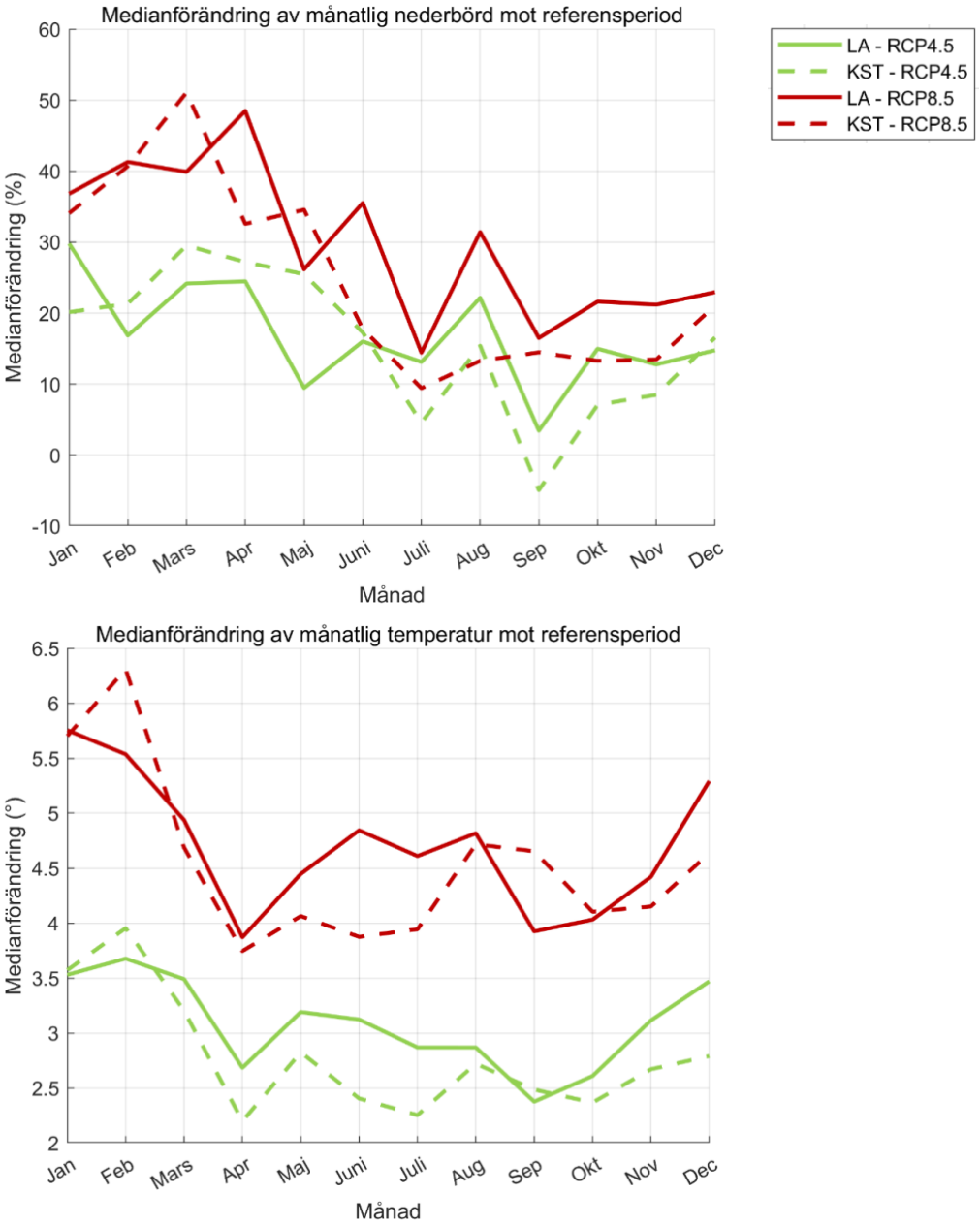
Figur B15. Beräknad utveckling av årsnederbörd och årstemperatur i Tidans mynning i Östen för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. Referensperioden är 1971–2000 för KST och 1961–1990 för LA. Förändringen beräknas som ett 30-årigt rullande medel (1972–2100 för KST och 1962–2100 för LA). Medianen är beräknad separat för varje RCP och för respektive klimatdataunderlag.



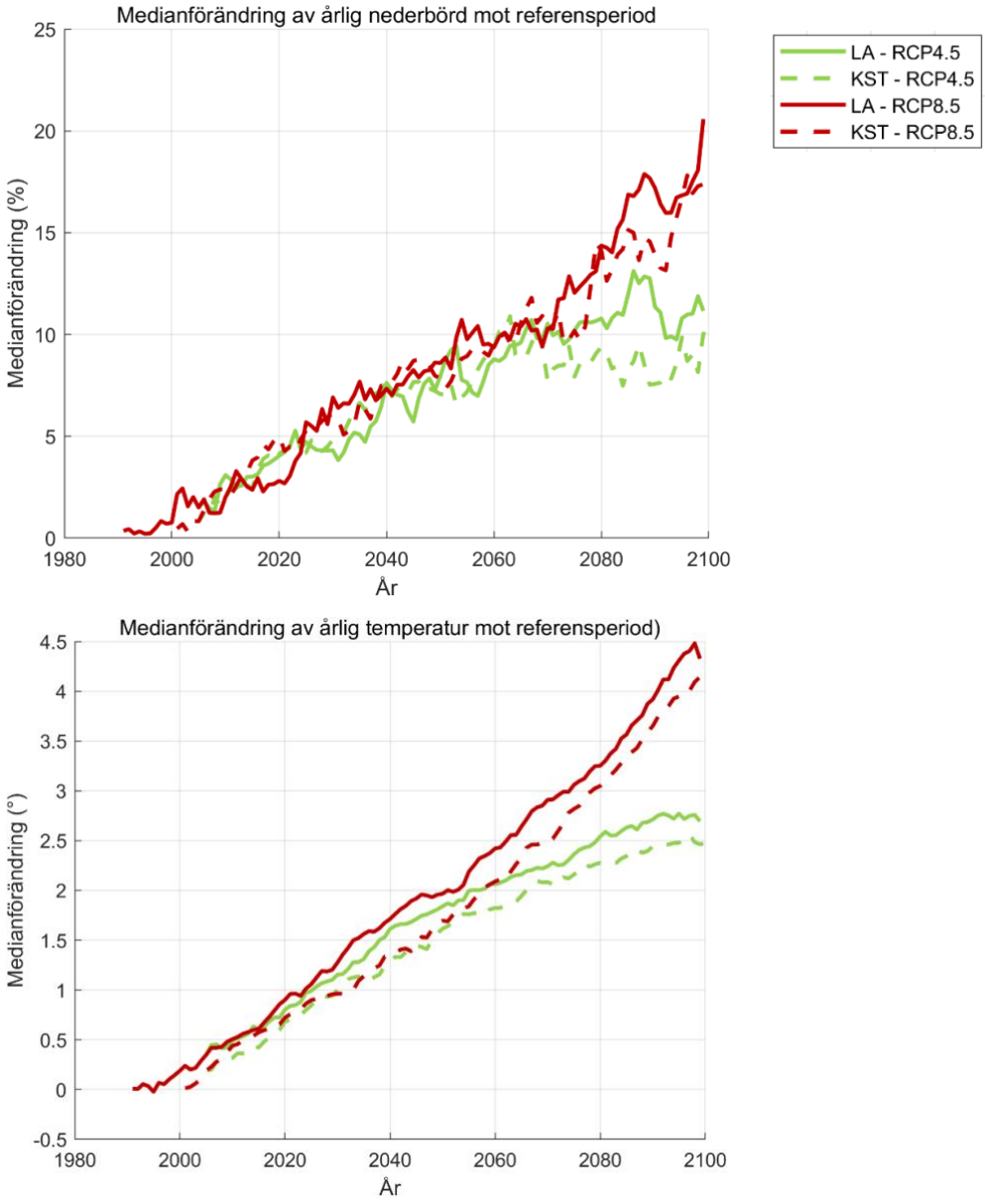
Figur B16. Beräknad utveckling av månadsnederbörd och månadstemperatur i Tidans mynning i Östen för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. Referensperioden är 1971–2000 för KST och 1961–1990 för LA, och framtidsperioden är 2071–2100. För varje månad beräknades medelvärde över åren i referens- och framtidsperioden, därefter procentuell förändring för varje scenario. Medianen av procentuella förändringar beräknades separat för varje RCP och klimatdata.



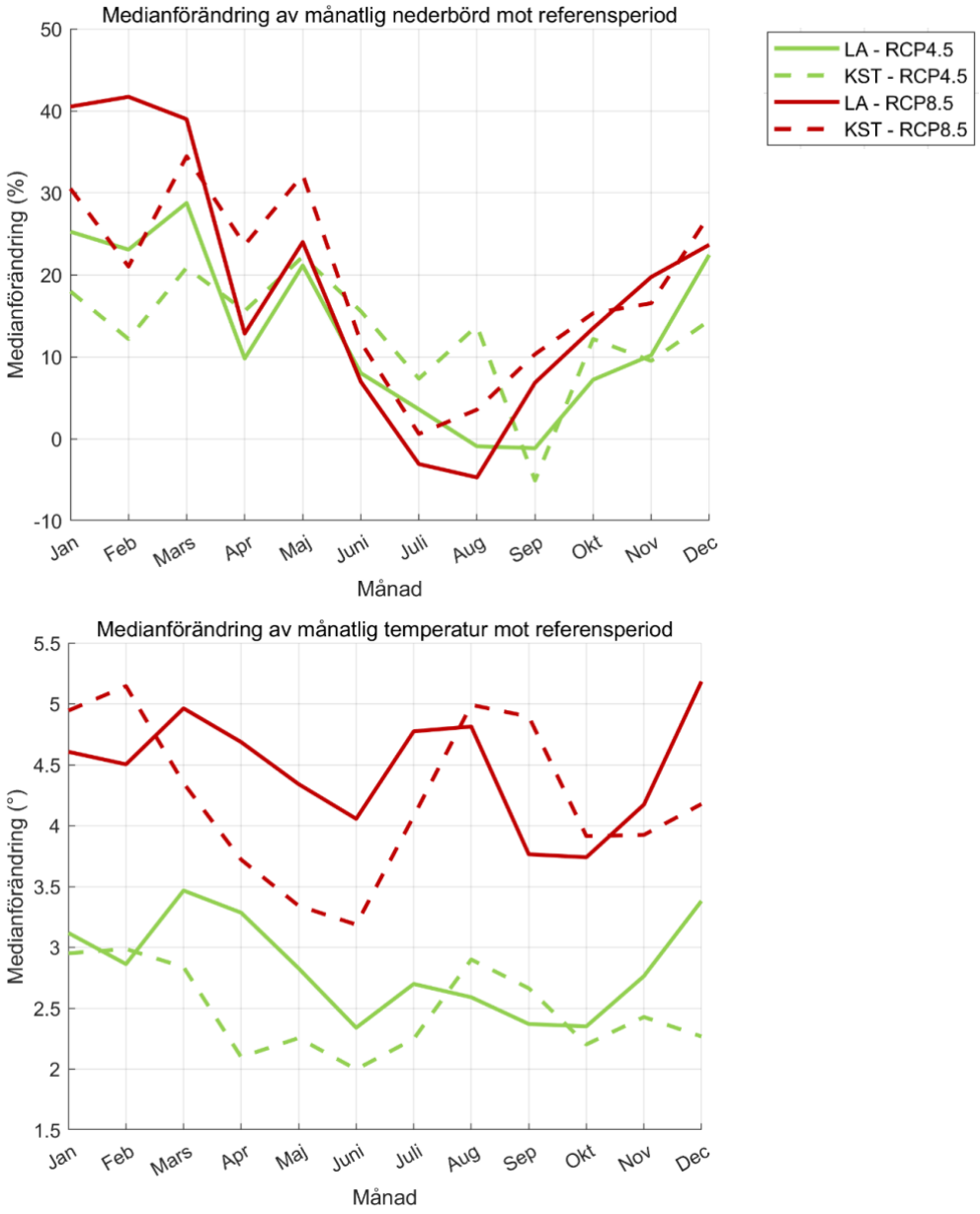
Figur B17. Beräknad utveckling av årsnederbörd och årstemperatur i Vattholma i Fyrisån för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. Referensperioden är 1971–2000 för KST och 1961–1990 för LA. Förändringen beräknas som ett 30-årigt rullande medel (1972–2100 för KST och 1962–2100 för LA). Medianen är beräknad separat för varje RCP och för respektive klimatdataunderlag.



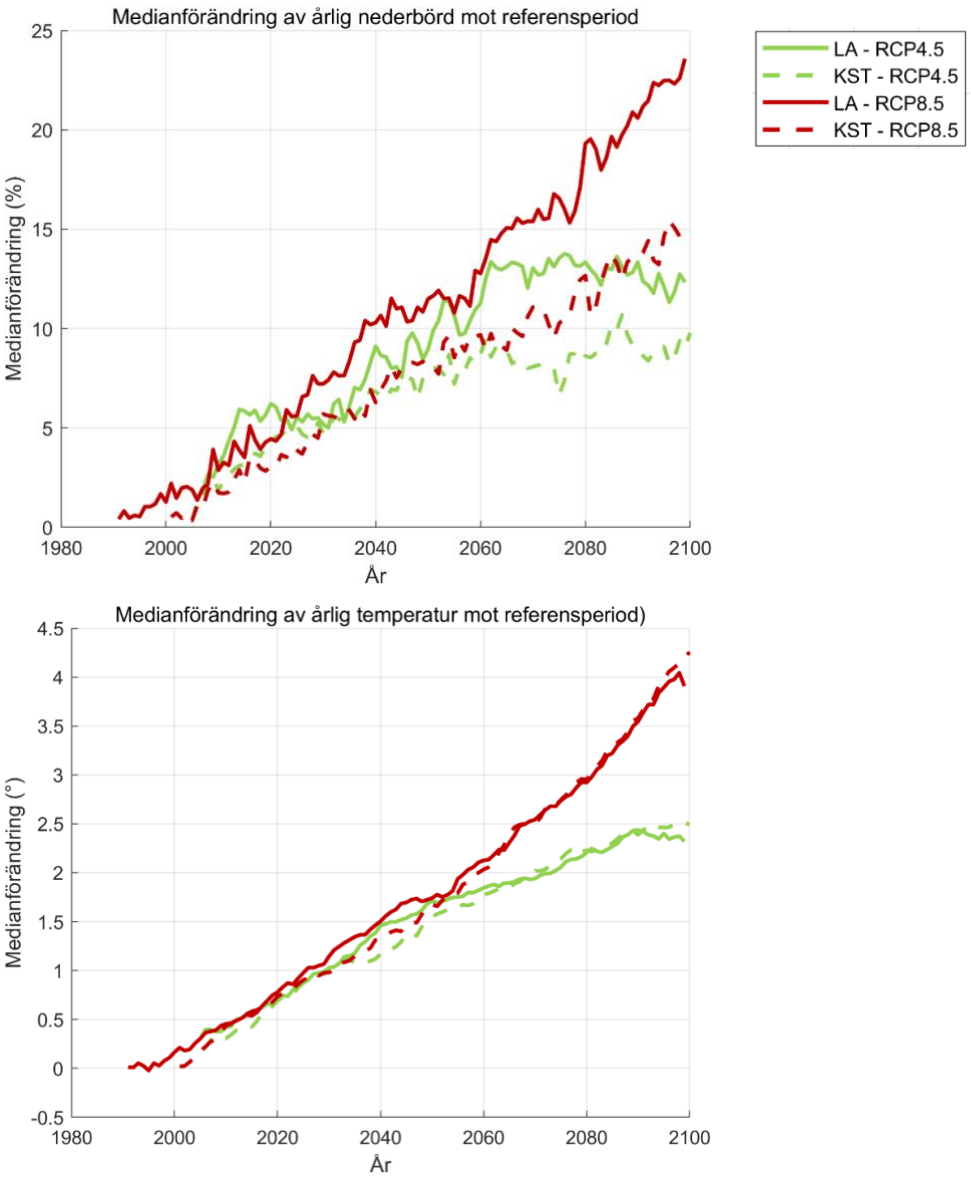
Figur B18. Beräknad utveckling av månadsnederbörd och månadstemperatur i Vattholma i Fyrisån för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. Referensperioden är 1971–2000 för KST och 1961–1990 för LA, och framtidsperioden är 2071–2100. För varje månad beräknades medelvärde över åren i referens- och framtidsperioden, därefter procentuell förändring för varje scenario. Medianen av procentuella förändringar beräknades separat för varje RCP och klimatdata.



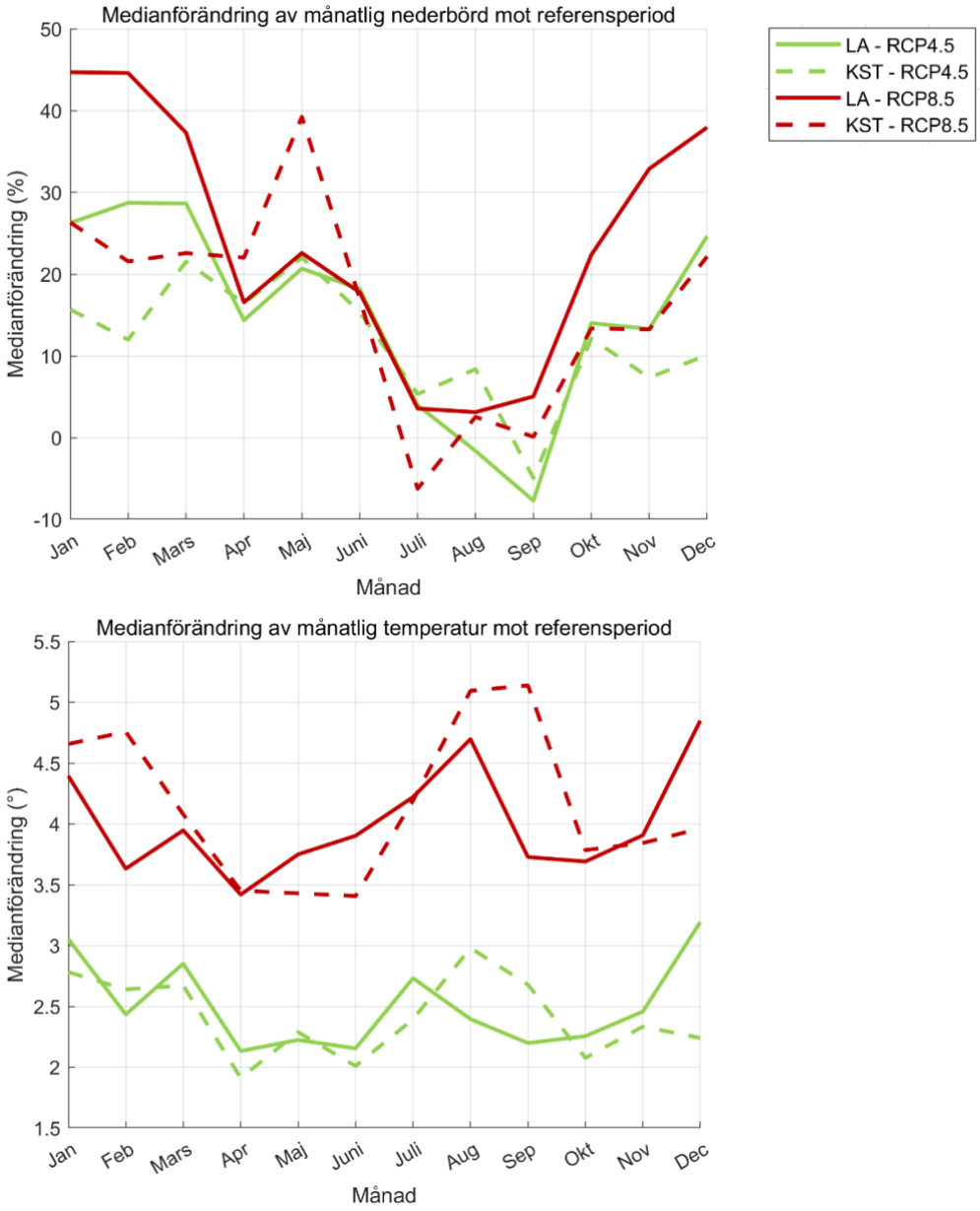
Figur B19. Beräknad utveckling av årsnederbörd och årstemperatur i Rottnen i Ronnebyån för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. Referensperioden är 1971–2000 för KST och 1961–1990 för LA. Förändringen beräknas som ett 30-årigt rullande medel (1972–2100 för KST och 1962–2100 för LA). Medianen är beräknad separat för varje RCP och för respektive klimatdataunderlag.



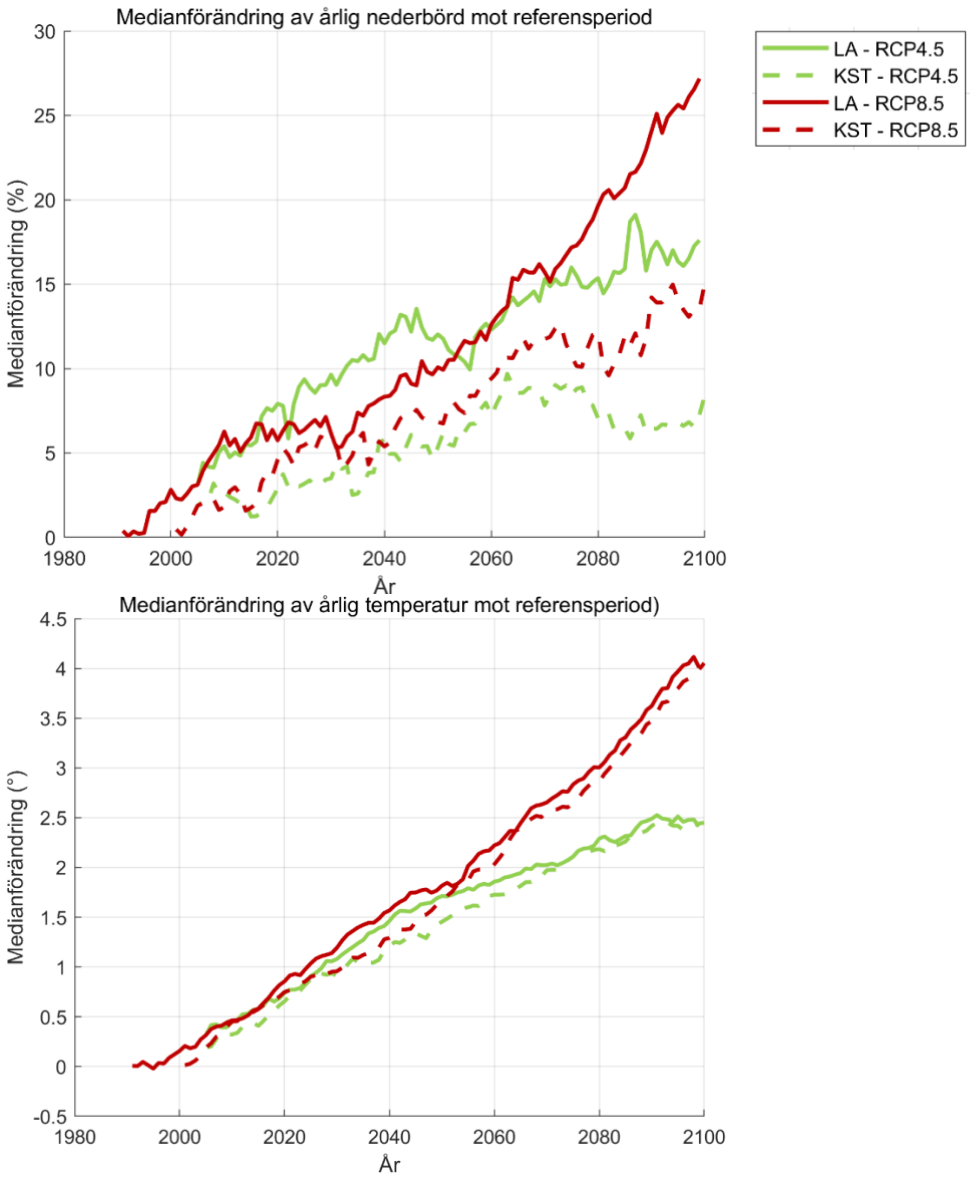
Figur B20. Beräknad utveckling av månadsnederbörd och månadstemperatur i Rottnen i Ronnebyån för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. Referensperioden är 1971–2000 för KST och 1961–1990 för LA, och framtidsperioden är 2071–2100. För varje månad beräknades medelvärde över åren i referens- och framtidsperioden, därefter procentuell förändring för varje scenario. Medianen av procentuella förändringar beräknades separat för varje RCP och klimatdata.



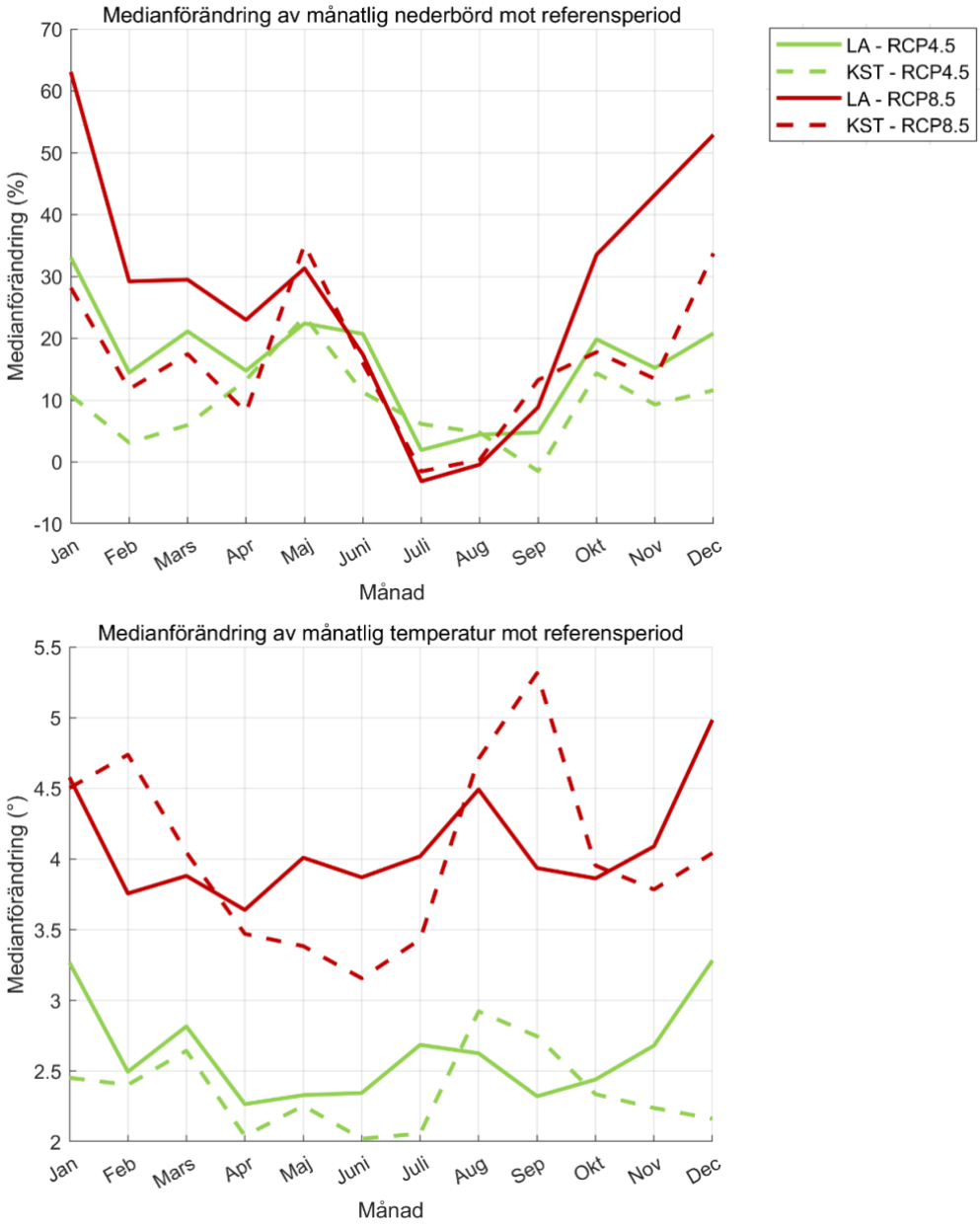
Figur B21. Beräknad utveckling av årsnederbörd och årstemperatur i Torsebro i Helge å för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. Referensperioden är 1971–2000 för KST och 1961–1990 för LA. Förändringen beräknas som ett 30-årigt rullande medel (1972–2100 för KST och 1962–2100 för LA). Medianen är beräknad separat för varje RCP och för respektive klimatdataunderlag.



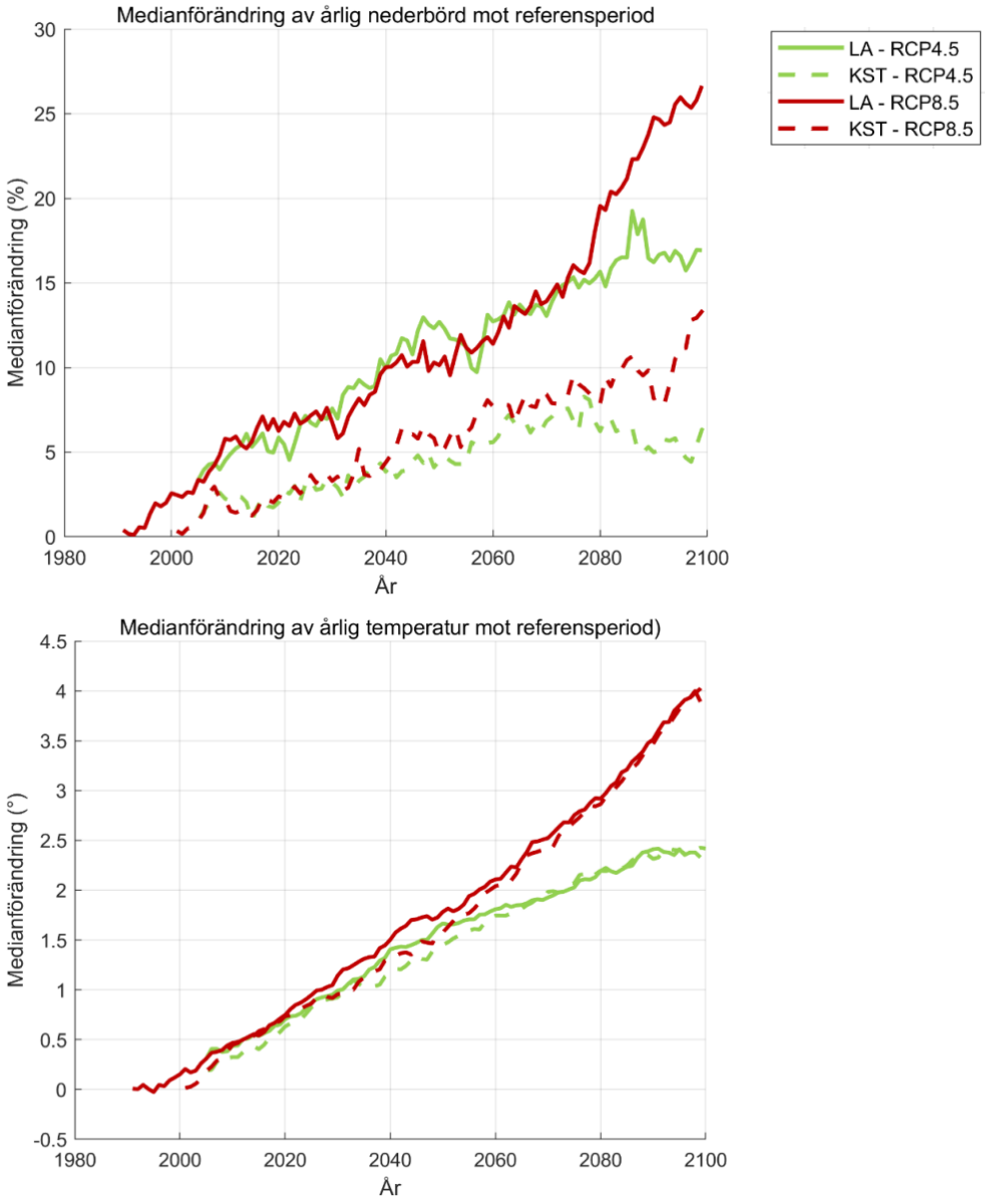
Figur B22. Beräknad utveckling av månadsnederbörd och månadstemperatur i Torsebro i Helge å för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. Referensperioden är 1971–2000 för KST och 1961–1990 för LA, och framtidsperioden är 2071–2100. För varje månad beräknades medelvärde över åren i referens- och framtidsperioden, därefter procentuell förändring för varje scenario. Medianen av procentuella förändringar beräknades separat för varje RCP och klimatdata.



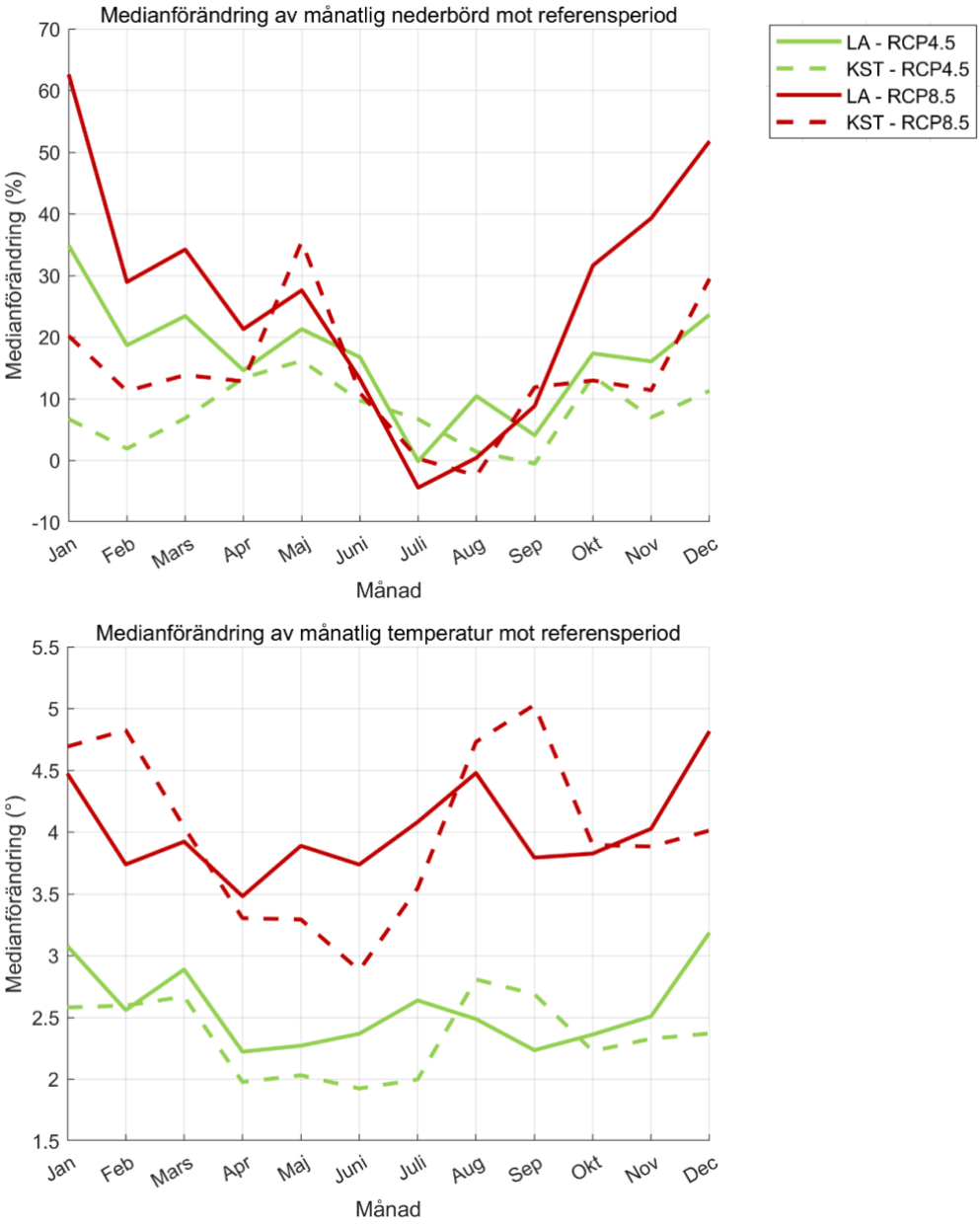
Figur B23. Beräknad utveckling av årsnederbörd och årstemperatur i Suseåns mynning i Kattegatt för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. Referensperioden är 1971–2000 för KST och 1961–1990 för LA. Förändringen beräknas som ett 30-årigt rullande medel (1972–2100 för KST och 1962–2100 för LA). Medianen är beräknad separat för varje RCP och för respektive klimatdataunderlag.



Figur B24. Beräknad utveckling av månadsnederbörd och månadstemperatur i Suseåns mynning i Kattegatt för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. Referensperioden är 1971–2000 för KST och 1961–1990 för LA, och framtidsperioden är 2071–2100. För varje månad beräknades medelvärde över åren i referens- och framtidsperioden, därefter procentuell förändring för varje scenario. Medianen av procentuella förändringar beräknades separat för varje RCP och klimatdata.



Figur B25. Beräknad utveckling av årsnederbörd och årstemperatur i Nissaströms dammen för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. Referensperioden är 1971–2000 för KST och 1961–1990 för LA. Förändringen beräknas som ett 30-årigt rullande medel (1972–2100 för KST och 1962–2100 för LA). Medianen är beräknad separat för varje RCP och för respektive klimatdataunderlag.



Figur B26. Beräknad utveckling av månadsnederbörd och månadstemperatur i Nissaströms dammen för olika klimatdataunderlag, där KST avser det uppdaterade klimatdataunderlaget tillgängligt via Klimatscenariotjänsten och LA avser det klimatdataunderlag som tidigare använts i länsanalyserna. Referensperioden är 1971–2000 för KST och 1961–1990 för LA, och framtidsperioden är 2071–2100. För varje månad beräknades medelvärde över åren i referens- och framtidsperioden, därefter procentuell förändring för varje scenario. Medianen av procentuella förändringar beräknades separat för varje RCP och klimatdata.

DIMENSIONERANDE FLÖDEN FÖR DAMMANLÄGGNINGAR

Denna studie uppdaterar klimatkänslighetsanalysen av dimensionerande flöden enligt Beräkningsmetod I med det uppdaterade klimatunderlaget i SMHIs Klimatscenariotjänst. De nya klimatdata har högre rumslig upplösning, vilket ger en mer detaljerad representation av extrema nederbördssekvenser i Sverige.

Resultaten visar generellt ökade dimensionerande nederbördssekvenser samt högre maxtillrinning i flera områden, medan snömagasinens betydelse för extrema flöden minskar i framtida klimat. Samtidigt ökar variationen mellan ensemblens medlemmar, vilket tydliggör osäkerheter i resultaten.

Studien ger ett uppdaterat underlag för analyser av dammsäkerhet och vattenresurser och visar på betydelsen av att använda aktuella klimatdata vid analys av framtida extrema flöden. Jämförelsen med tidigare tillämpningar bidrar samtidigt till att belysa hur uppdaterade klimatunderlag påverkar resultaten av Beräkningsmetod I.

Ett nytt steg i energiforskningen

Forskningsföretaget Energiforsk initierar, samordnar och bedriver forskning och analys inom energiområdet samt sprider kunskap för att bidra till ett robust och hållbart energisystem. Energiforsk är ett politiskt neutralt och icke vinstutdelande aktiebolag som ägs av branschorganisationerna Energiföretagen Sverige och Energigas Sverige, det statliga affärsverket Svenska kraftnät, samt gas- och energiföretaget Nordion Energi. Läs mer på energiforsk.se.

Energiforsk