

Klimatanalys för Örebro län

Modellering av temperatur, nederbörd och vattenflöden i ett framtida klimat.



Bildkälla: Örebro stadsarkiv



Omslagsfoto: Karlslund (Svartån) 1977, Fotograf Lillevi Richardtson, Örebro Stadsarkiv.

Bakgrundskartor: Copyright Lantmäteriet 2011. Ur GSD-produkter ärende 106-2004/188 TT

Beställnings-
adress: Länsstyrelsen i Örebro län, Vattenenheten, 701 86 Örebro
Telefon 019-19 30 00
www.lansstyrelsen.se/orebro

Kontakt-
person: Daniel Bergdahl, Länsstyrelsen i Örebro län
Telefon: 019-19 39 75,
E-post: daniel.bergdahl@lansstyrelsen.se



Författare:

**Kristoffer Hallberg,
Dan Eklund,
Björn Stensen**

Uppdragsgivare:

Länsstyrelsen Örebro Län

Rapportnr:

2011-25

Granskningsdatum:

2011-03-31

Granskare:

Johan Andréasson

Dnr:

2010/2232/203

Version:

1.0

Regional klimatanalys Örebro län

Uppdragstagare

**SMHI
601 76 Norrköping**

Projektansvarig

**Kristoffer Hallberg
Tel: 011-495 85 90
E-post: Kristoffer.Hallberg@smhi.se**

Uppdragsgivare

**Länsstyrelsen Örebro Län
Stortorget 22
701 86 ÖREBRO**

Kontaktperson

**Daniel Bergdahl
Länsstyrelsen i Örebro län
Stortorget 22
701 86 ÖREBRO
Tel: 019-19 39 75
E-post: Daniel.Bergdahl@lansstyrelsen.se**

Distribution

Klassificering

(x) Allmän

Nyckelord

Regional klimatanalys, klimatscenarier, hydrologi

Övrigt

Sammanfattning

Länsstyrelsen i Örebro län har uppdragit åt Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI) att genomföra en regional klimatanalys för länet. Arbetet baseras på observationer och analyser från SMHI tillsammans med klimatscenarier från den internationella klimatforskningen. Beräkningar av framtida klimatparametrar omfattar i första hand perioden fram till år 2100. För att ge en bild av de osäkerheter som råder om framtidens klimat har ett flertal olika klimatscenarier utnyttjats. Scenarierna representerar en god bredd av den internationella forskningens resultat och är betydligt mer omfattande än det begränsade antal scenarier som fanns tillgängliga när Klimat- och sårbarhetsutredningen lade fram sitt slutbetänkande hösten 2007.

Följande huvudsakliga slutsatser dras i rapporten:

- Årsmedeltemperaturen ökar enligt klimatscenarierna under det innevarande seklet, men spridningen mellan olika klimatscenarier är stor. Temperaturökningen är störst under vinterperioden men framträder under alla årstider. Förändringen av årsmedeltemperaturen ligger i medeltal på ca 4-5 °C mot slutet av seklet.
- Årsmedelnederbörden ökar enligt klimatscenarierna under det innevarande seklet, men spridningen mellan olika klimatscenarier är stor. Nederbörden väntas öka mest under vinterperioden. Förändringen av årsmedelnederbörden förväntas öka med i medeltal 10-20 % mot slutet av seklet.
- Vattenföringens säsongsvariation förändras enligt klimatscenarierna i riktning mot en flödesregim med högre flöden under höst och vinter. Vårflodens storlek tenderar att minska. Lokalt kan vattenbrist uppstå under torra somrar.
- Medelvattenföringen förändras inte nämnvärt i merparten av de vattendrag som rinner genom länet. Hjälmarens påverkas av ökad sjöavdunstning vilket i framtiden kan medföra lägre medelvattenföring i Eskilstunaån, Hjälmarens huvudsakliga utlopp.
- 100-årsflödet minskar i de norra delarna av Gullspångsälvens, Svartälvens, Dyltaåns och Arbogaåns avrinningsområden. I området kring Hjälmarens, Väneren och Vättern tyder resultaten istället på oförändrade eller ökande 100-årsflöden i små vattendrag.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING	1
2	BAKGRUND	1
3	METOD	2
3.1	Omfattning.....	2
3.2	Geografiskt område	2
3.3	Referensperiod.....	3
3.4	Extremhändelser	3
3.5	Variation och osäkerhet	4
3.6	Modeller för klimatberäkningar	5
3.7	Skalering av klimatdata för effektstudier	7
3.8	Utsläppsscenarier	8
3.9	Klimatscenarier	9
3.10	Nyttjade klimatscenarier.....	10
4	NUVARANDE KLIMAT	12
4.1	Allmän karakteristik.....	12
4.2	Temperatur	12
4.3	Nederbörd.....	13
4.4	Vattenföring.....	16
4.5	Översvämning kring sjöar och vattendrag.....	19
5	RESULTAT AV KLIMATANALYS.....	19
5.1	Temperatur	19
5.2	Nederbörd.....	23
5.3	Vattenföring.....	26
5.4	Översvämning kring sjöar och vattendrag.....	44
6	DISKUSSION OCH SLUTSATSER.....	44
7	REFERENSER.....	45
	Bilaga 1	
	Bilaga 2	
	Bilaga 3	

1 Inledning

I samband med den regionala klimatanpassningen i Örebro län finns ett behov av att klargöra i vilken riktning klimatet förändras samt att uppskatta storleken av eventuella trender. Länsstyrelsen i Örebro län har uppdragit åt Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI) att genomföra en sådan analys samt att även beskriva dagens förhållanden utförligt. Syftet är att tillhandahålla beslutsunderlag för långsiktig planering och anpassning av samhällets nyckelfunktioner ur ett klimatperspektiv.

Sammanställningen redovisar en stor mängd data och beräkningar som syftar till att ge en översiktlig bild av klimatförhållandena i Örebro län såväl under dagens klimatförhållanden som i framtidens klimat. Arbetet är baserat på observationer och analyser från SMHI samt klimatscenarier från den internationella klimatforskningen. Framtidsberäkningarna avser i första hand tidsperioden fram till år 2100. Beräkningar av framtida klimat har tidigare genomförts i bland annat den statliga Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU, 2007a). För dessa analyser användes sex klimatscenarier framtagna av SMHI (se beskrivning av dessa i avsnitt 3.9). Ett delbetänkande berörde översvämningsproblematik där höga flödens bakomliggande faktorer såsom exempelvis extrem nederbörd och intensiv snösmältning identifierades (SOU, 2006). Underlag till detta delbetänkande levererades av SMHI (Bergström, m.fl., 2006). Klimat- och sårbarhetsutredningen sammanställde även riskerna för naturolyckor i ett förändrat klimat (SOU, 2007b).

Föreliggande rapport har utarbetats vid SMHIs avdelning för miljö och säkerhet. Synpunkter på innehållet och utformningen har lämnats av representanter vid Länsstyrelsen i Örebro län.

2 Bakgrund

Planering i långa tidsperspektiv baseras med fördel på ett underlag som tar hänsyn till de osäkerheter som ofrånkomligen finns i alla förutsägelser om framtiden. Ett sätt att ta hänsyn till framtida utvecklingsmöjligheter är att arbeta med så kallade scenarier som beskriver framtiden på olika sätt. Inom det internationella forskningssamhället görs stora ansträngningar för att beräkna och skatta ett framtida klimat.

I Örebro län finns en mängd verksamheter och infrastruktur som direkt eller indirekt i hög grad påverkas av temperatur och nederbördsförhållanden. Det finns således starka skäl för aktörer inom statlig och kommunal förvaltning, jordbruk, skogbruk, infrastruktur och inom energisektorn att följa utvecklingen inom klimatområdet. Extremhändelser såsom t.ex. översvämningskatastrofer med stor omfattning har inträffat i närtid (1977, 2000) och utökad kunskap inom klimatområdet kan bidra till lämpliga anpassningsåtgärder och robust samhällsplanering sett i ett långt perspektiv.

Dynamiken hos och förekomsten av vatten kommer att förändras om ett förändrat klimat innebär väsentliga skillnader i årstidernas karaktär, speciellt med avseende på temperatur och nederbörd. Säsongsvariationen i vattenföring drivs till stor del av nederbördsmonster och lagring av vatten i landskapet i form av snö och i sjöar. Örebro län upplever i dagens klimat längre köldperioder vintertid. Betydande mängder vatten lagras då i form av snö som under en relativt kort period smälter när temperaturen stiger under vår och försommar. I ett klimat med högre temperatur kan denna säsongsvariation förändras och bli mindre accentuerad, samtidigt som höga flöden kan uppträda vintertid. Intensiva skyfall uppträder idag främst sommartid och orsakar ibland översvämningskatastrofer, speciellt för vattensystem som inte dimensionerats för extrema flöden såsom exempelvis kombinerade dag- och spillvattensystem samt dränage i anslutning till infrastruktur. I ett framtida varmare klimat med ökad konvektiv nederbörd kan riskerna för skyfall komma att öka.

Inom det EU-finansierade projektet ENSEMBLES (van der Linden m.fl., 2009) har ett system utvecklats för beräkning av klimatförändringar baserat på Europeiska globala och regionala klimatmodellerna med hög upplösning. Idag finns fler klimatscenarier tillgängliga än tidigare för analys av temperatur, nederbörd och klimatpåverkade flöden. En stor samling klimatscenarier ger bättre möjligheter att behandla de osäkerheter som är nära förknippade med frågeställningen.

3 Metod

3.1 Omfattning

Denna utredning omfattar en klimatologisk beskrivning av nuvarande klimat i länet samt en analys av olika klimatscenarier som enligt rådande kunskapsläge beskriver en trolig utveckling fram till slutet av seklet. Nuvarande klimat redovisas med uppmätt data där så är möjligt, medan förutsägelser om framtiden av naturliga skäl baseras på modellberäkningar.

Långtidsmedelvärden av temperatur och nederbörd redovisas från ett urval av representativa mätstationer under perioden 1961-1990. För analyser av temperaturen och nederbörd i framtiden används en ensemble av 16 st klimatscenarier till år 2050 och 12 st klimatscenarier till år 2098. De regionala klimatscenarierna som används härstammar ifrån EU-projektet ENSEMBLES samt från Rosby Centre, SMHIs klimatforskningsenhet.

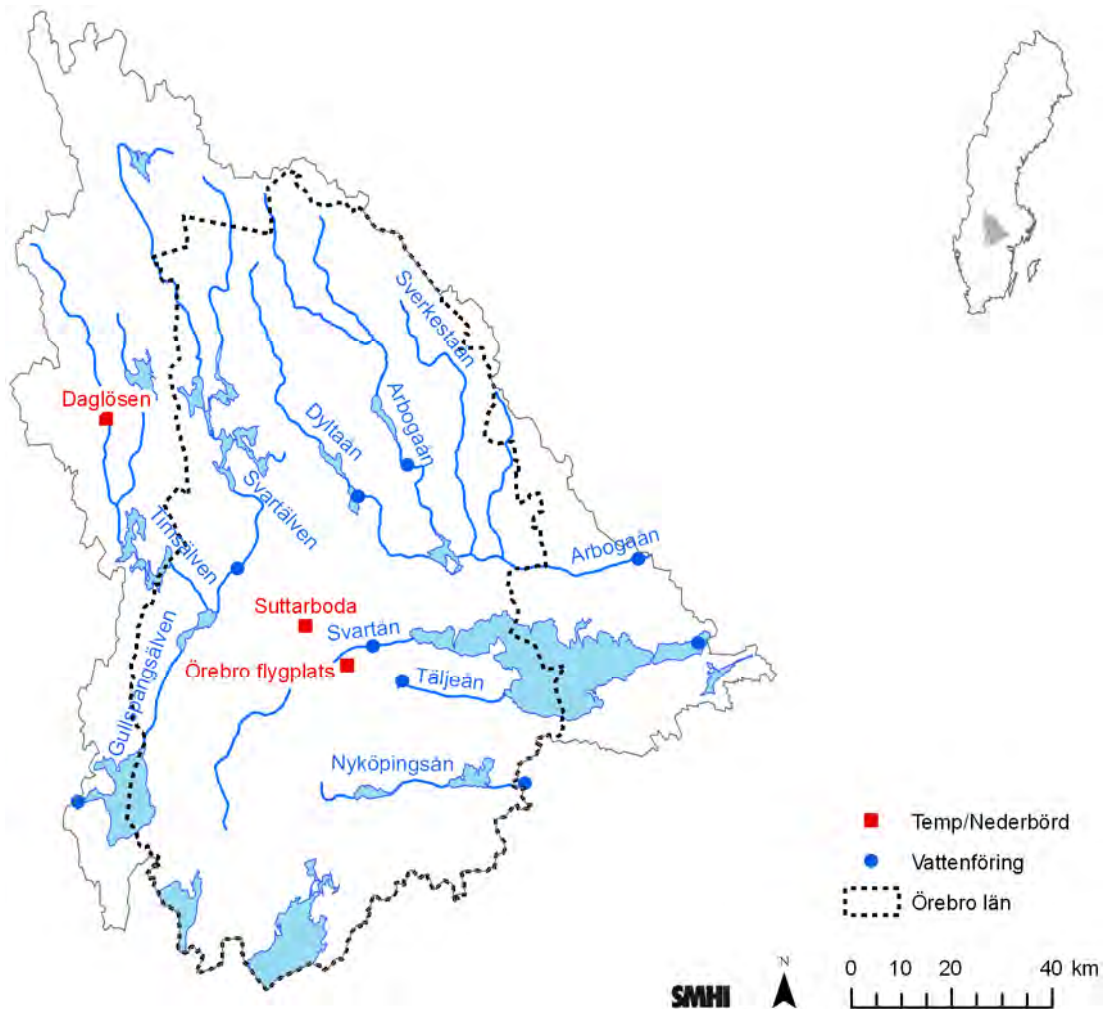
Vattenföring redovisas detaljerat för nio beräkningspunkter i Arbogaån, Svartån, Eskilstunaån, Täljeån samt Gullspångsälven. Karakteristiska värden baserat på mätningar redovisas. För analyser av vattenföringskaraktär i framtiden används simulerad temperatur och nederbörd enligt ovan som drivdata till en hydrologisk modell ur vilken vattenföringsserier erhålls. Trender inom medelvattenföring, säsongvariation och extremvärden (hundraårsflöden) för ensemblen presenteras som diagram. Olika geografiska områden har olika flödesrespons och den rumsliga variationen presenteras i kartformat för åren 2050 (analysperiod 2021-2050) och 2098 (analysperiod 2069-2098). Kartorna kan ge värdefulla indikationer av områden där hundraårsflöden i ett framtida klimat förväntas skilja sig mycket från dagens.

Översvämning kan ske till följd av flera olika processer och det är viktigt att hålla isär olika typer av problem. Det gäller lokala översvämningar på grund av skyfall, problem med höga flöden i vattendrag samt situationer med flera samverkande faktorer. Tidigare har översiktliga översvämningsskarteringar gjorts på uppdrag av MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (tidigare Räddningsverket), för Arbogaån, Gullspångsälven, Svartån-Hjälmaren-Eskilstunaån samt Nyköpingsån (Räddningsverket 1999; 2001; 2002a; 2002b). Dessa utredningar har främst fokuserat på översvämningar till följd av höga flöden.

För såväl framtidsscenarier som dagens förhållanden har vattendragen simulerats utan regleringar vilket ger vattenföringskaraktär som svarar mot ett naturligt vattendrag. Denna ansats fungerar väl både för medelvattenföring och för extremvattenföring, som i liten grad påverkas av regleringarna. Framtida förändring i säsongvariation och förändring av extremflöden i länet (se Avsnitt 5.3), kan med fördel jämföras med dagens situation för att bedöma huruvida risken för översvämningar förändras. Inom ramen för detta uppdrag har inga nya hydrauliska beräkningar (egentligen beräkningar av vattennivåer) utförts för de flöden som presenteras i avsnitt 5.3. Översvämning kan också ske till följd av intensiva skyfall, främst sommartid. Skyfall behandlas i avsnitt 4.3. Vid dessa tillfällen påverkas främst urbana områden där t.ex. dagvattensystem inte förmår leda bort vattenmängderna.

3.2 Geografiskt område

Denna rapport behandlar förhållandena i de avrinningsområden som i huvudsak påverkar Örebro län. Området omfattar Örebro län tillsammans med Arbogaåns och Gullspångsälvens avrinningsområden, se Figur 3-1. Svartån och Täljeån mynnar båda i Hjälmaren och ingår i Eskilstunaåns avrinningsområde. Totalt täcker analysen en yta av ca 15000 km² som är beläget 20-560 m ö.h.



Figur 3-1. Örebro län samt Arbogaåns- och Gullspångsälvens avrinningsområden.

För nederbörd och temperatur presenteras data för länet i utvalda punkter och i kartformat. Analyser gällande vattenföring presenteras i utvalda punkter, såväl som i kartformat.

3.3 Referensperiod

I klimatstudier jämförs aktuella värden med medelvärden för en längre period, en referensperiod. I enlighet med internationell praxis används i denna rapport företrädesvis den så kallade standardnormalperioden 1961-1990 som referensperiod. Denna standardnormalperiod kommer att användas fram till år 2021 då en ny 30-årsperiod, 1991-2020, är fullbordad. Referensperiod för olika undersökta parametrar i denna utredning kan avvika med ett par år beroende på datatillgång och modellernas insvängningsperiod.

3.4 Extremhändelser

Begreppen återkomsttid, risk och sannolikhet är centrala i samband med diskussioner om översvämningsrisker, men terminologin skapar ibland missförstånd. Med en händelses återkomsttid menas att händelsen i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under denna tid. Infrastruktur med lång livslängd exponeras för denna risk under lång tid och således är den ackumulerade sannolikheten avsevärd. Sannolikheten för exempelvis ett 100-års flöde är 1 på 100 för varje enskilt år. För ett objekt med en beräknad livslängd på 100 år och som är anpassat för att klara en 100-årsnivå, är den ackumulerade sannolikheten för översvämning med nivåer över 100-årsnivå under denna period

63 %. Detta är ett skäl till att man för riskobjekt såsom t. ex. större dammar ofta sätter gränsen vid, eller t.o.m. bortom, flöden med en återkomsttid på 10 000 år. Sannolikheten för en 10 000-års händelse under 100 års exponering uppgår till ca 1 %. Tabell 3-1 visar sambandet mellan återkomsttid, exponerad tid och sannolikhet i procent. Sannolikheter under 1 % redovisas ej.

Tabell 3-1. Sambandet mellan återkomsttid, exponerad tid och sannolikhet i procent.

Åter- komst- tid (år)	Sannolikhet under 1 år	Sannolikhet under 5 år	Sannolikhet under 10 år	Sannolikhet under 20 år	Sannolikhet under 50 år	Sannolikhet under 100 år
2	50	97	100	100	100	100
5	20	67	89	99	100	100
10	10	41	65	88	99	100
25	4	18	34	56	87	98
50	2	10	18	33	64	87
100	1	5	10	18	39	63
1000			1	2	5	10
10 000						1

Beräkningen av 100-årsflödets storlek görs med en statistisk beräkning, sk frekvensanalys, baserad på vattenföringens årliga maxvärden från en tidsserie. Genomgående har Gumbel-fördelningen använts, även kallad Extreme Value Type I. Resultat från en frekvensanalys måste tolkas med försiktighet. Dessa är i högsta grad beroende på mätseriens längd vilket gör att exempelvis ett 100-årsflöde ofta ändras i takt med att nya data flyter in. Beräkningarna försvaras speciellt om dataserierna är korta eller om de är påverkade av regleringar i vattendraget. För att underlätta tolkningen i ett klimatperspektiv används i denna utredning samma längd på tidsserien som längden av en standardperiod, dvs 30 år.

100-årsflöden har beräknats för löpande 30-årsperioder efter 1963-1992 (t.ex. 1964-1993, 1965-1994 o.s.v.) för samtliga klimatscenarier. 100-årsflödet beräknat för perioden 1963-1992 utgör referensvärdet med vilket beräknade 100-årsflöden för övriga 30-årsperioder jämförs med. Förändringen av storleken på 100-årsflödet uttrycks i procent.

3.5 Variation och osäkerhet

Det är viktigt vid tolkning av resultat från analyser av förändringar i ett framtida klimat att ursprunget till de variationer och osäkerheter som förekommer tydligt framgår och även hur denna variation kan bidra med information. Tolkningen av rapportens grafer bör koncentreras till långsiktiga trender snarare än till absoluta värden. Där det är tillämpligt presenteras spridningsmått i form av percentiler för att indikera spridningen i resultat mellan olika klimatmodeller. I denna rapport används 25:e resp. 75:e percentilen, vilket betyder att i princip all data förutom de fyra lägsta samt de fyra högsta scenarierna innefattas i datamängden när 16 st scenarier används. Därmed fås en uppfattning av klimatsceniernas spridning, men de extremaste resultaten bortses från. Detta underlättar tolkningen då det ger en mer samlad bild av den tänkbara framtidsutvecklingen.

Metoden som använts karakteriseras av att använda flera möjliga klimatscenarier, en så kallad *ensemble*, och bearbeta resultatet statistiskt. Syftet är att öka kvalitén i analysen och identifiera trender som är generella mellan olika scenarier. För att utnyttja fördelarna med ensembleanalys bör det finnas ett visst mått av variation. Speciellt gäller detta klimatsimuleringar där det är önskvärt att täcka in ett stort antal möjliga och olika scenarier som kan medföra mycket olika effekter. Hydrologisk respons som uppträder i flera olika klimatscenarier bedöms således mer trolig än hydrologisk respons som uppträder sporadiskt

Osäkerheter i den typ av resultat som presenteras i denna analys påverkas av:

- Val av utsläppsscenarier
- Val av global klimatmodell
- Val av regional klimatmodell
- Naturlig variabilitet

Ett utsläppsscenario är ett antagande om hur emissioner av växthusgaser kommer att utvecklas under en framtida tidsperiod. Effekten av olika utsläppsscenarier har störst betydelse för beräkningar bortom år 2050.

Spridningen i resultat kan vara betydande för somliga klimatvariabler delvis beroende på att olika modeller beskriver klimatologiska processer på olika sätt, exempelvis återkopplingen mellan atmosfärisk koncentration av växthusgaser och temperatur.

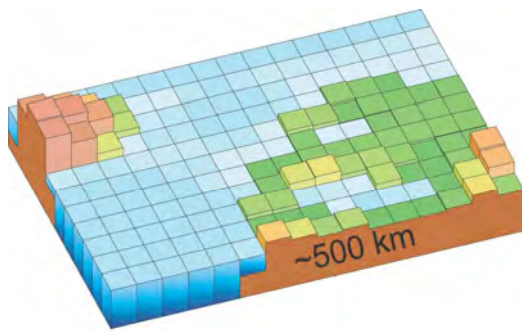
Det ligger i frågeställningens natur att det är svårt att på förhand definiera ett mått på responsen för ökade emissioner av växthusgaser, då detta är en effekt som modellerna syftar till att studera. Således är tillgången till flera olika klimatmodeller en stor fördel. Trender i respons som observeras i flertalet klimatmodeller och för flertalet utsläppsscenarier är således att betrakta som mer robust eftersom samma resultat uppnåts från olika oberoende förutsättningar. Om resultaten från olika modeller och utsläppsscenarier är mycket olika är osäkerheten större.

Det klimat som beskrivs av en klimatmodell kan inte förväntas vara i fas med det verkliga klimatet på kort tidsskala, ett fenomen som benämns naturlig variabilitet. Dock ska en välfungerande klimatmodell beskriva medelvärden och variabilitet med tillräckligt precision, t ex korrekt antal kalla och varma vintrar under en trettioårsperiod. Dessa vintrar kan infalla i en annan sekvens än i det observerade klimatet.

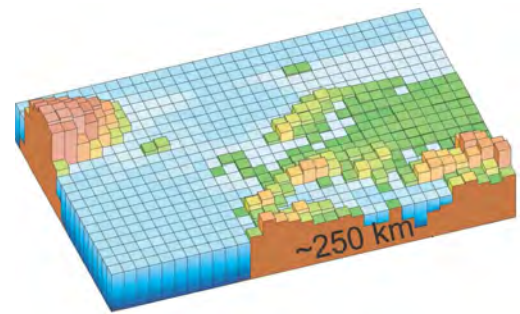
3.6 Modeller för klimatberäkningar

För att få en översiktlig bild av framtida klimat använder man sig av globala klimatmodeller (GCM) som beskriver luftströmmar och väderfenomen översiktligt över hela jorden. Dessa drivs bland annat med antaganden om framtidens utsläpp av växthusgaser, så kallade utsläppsscenarier. Figur 3-2 visar hur upplösningen i de globala klimatmodeller som använts av IPCC utvecklats under de senaste 20 åren.

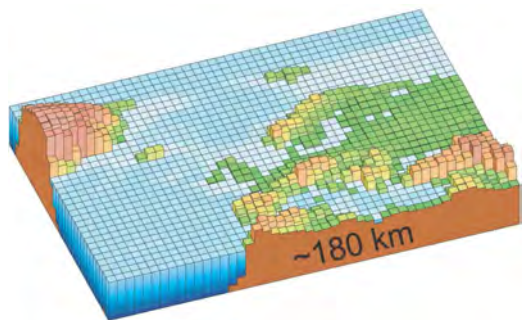
1990



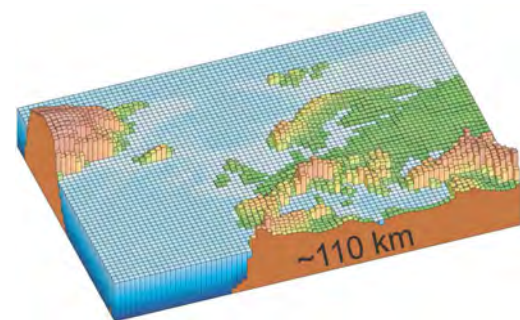
1996



2001

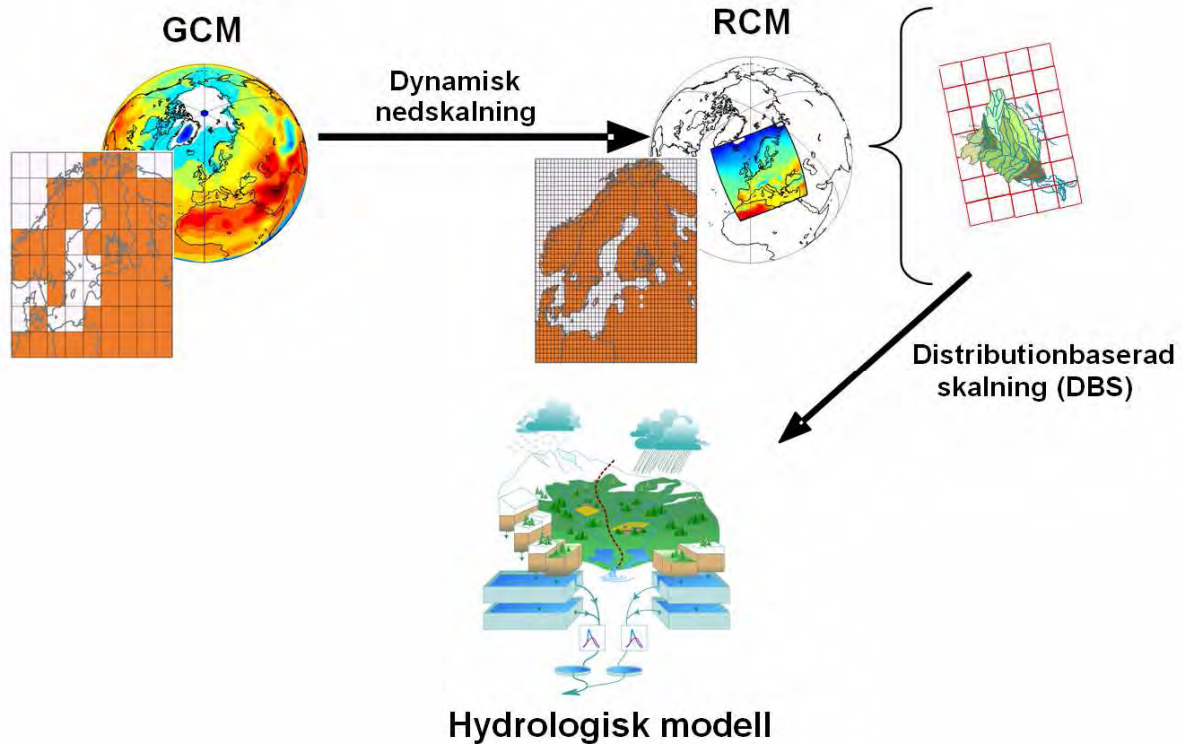


2007



Figur 3-2. Horisontell upplösning i olika generationer av klimatmodeller som använts inom IPCC (modifierad efter IPCC 2007). Vertikal upplösning visas inte i figuren men följer en liknande utveckling mot finare diskretisering.

För mer detaljerade regionala analyser krävs en bättre beskrivning av detaljer som påverkar det regionala klimatet. Därför kopplas de globala klimatberäkningar till regionala klimatmodeller (RCM) med bättre upplösning och beskrivning av detaljer såsom exempelvis Östersjön och den Skandinaviska bergskedjan. Den regionala klimatmodellen drivs av resultat från den globala modellen på ränderna av sitt modellområde. Det gör att valet av global modell får stor betydelse för slutresultatet även regionalt. Regionala klimatmodeller finns bland annat vid forskningsenheten Rossby Centre på SMHIs forskningsavdelning. Figur 3-3 visar hur dataflödet ser ut mellan klimatmodeller på olika skalor och hur indata levereras till en hydrologisk modell där det är möjligt att studera effekter på vattenföring, magasineringen etc.



Figur 3-3. Illustration av dataflödet mellan global- och regional modell samt skalning till hydrologisk modell

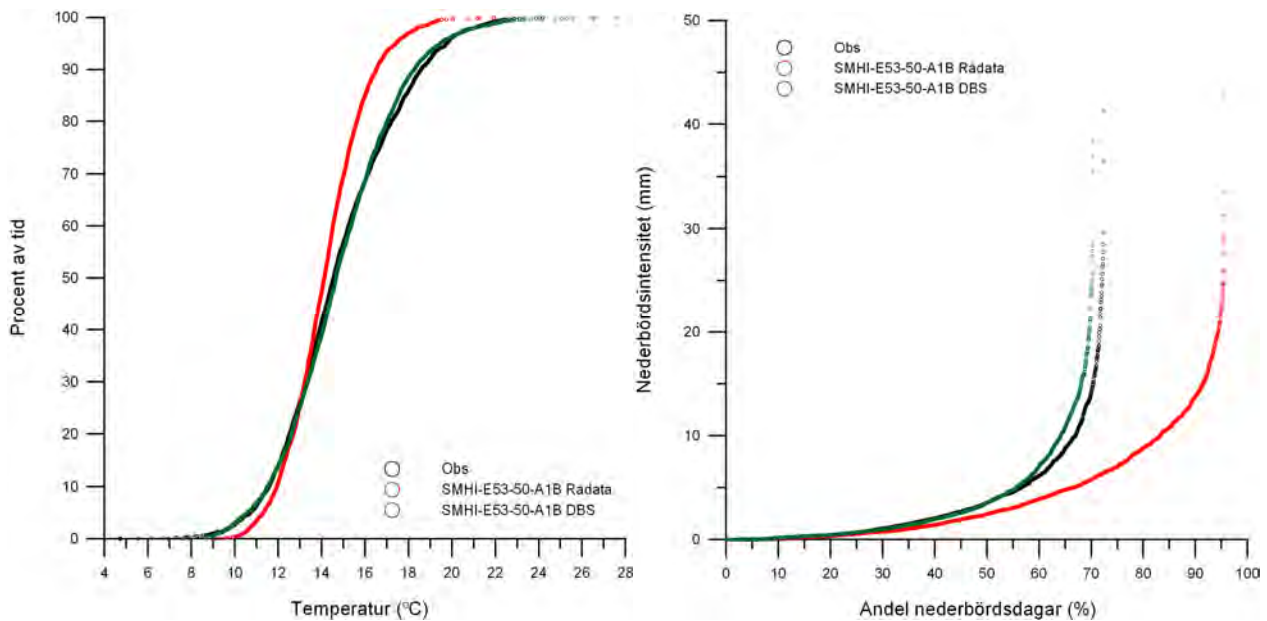
Den hydrologiska modell som används är HBV-modellen, vilket är en konceptuell avrinningsmodell som har utvecklats vid SMHI sedan slutet av 70-talet (Lindström mfl 1997). Modellen byggs upp av rutiner för markfuktighet, snöackumulation och snösmältning, grundvatten och routing (beskrivning av vattnets väg). Indata till modellen är i denna studie hämtas från regionala modeller efter DBS-skalning, som beskrivs i avsnitt 3.7. Analyser med HBV-modellen är gjorda för *oreglerade* förhållanden.

3.7 Skalering av klimatdata för effektstudier

För att använda klimatmodellernas utdata till att studera hydrologiska effekter, krävs ett gränssnitt mellan klimatmodellen och den hydrologiska modellen. Anledningen är att klimatmodellerna inte kan beskriva det nutida klimatet tillräckligt väl för att ge en trovärdig hydrologisk respons, när utdata från klimatmodellen används direkt som indata till en hydrologisk modell.

Under senare år har en ny metod utvecklats som möjliggör en sådan anpassning. Metoden benämns DBS-metoden (Yang m.fl., 2010) och innebär att data från meteorologiska observationer används till att justera klimatmodellens resultat för att ta bort de systematiska felen. De korrigeringsfaktorer som då införs bibehålls vid beräkningen av framtidens klimat, varefter klimatberäkningens utdata direkt kan användas som indata till en hydrologisk modell. Vid användning av DBS-metoden bibehåller man vid övergången till den hydrologiska modellen därmed, förutom förändringar i medelvärden, även de förändringar i klimatets variabilitet som ges av klimatmodellen. Metoden har tidigare använts för hydrologiska modellberäkningar av Andréasson m.fl. (2009).

Figur 3-4 visar exempel på en anpassning med DBS-metoden. Figuren visar rådata i form av temperatur och andel nederbördsdagar och deras nederbördsintensitet från en klimatmodell, samt när dessa rådata anpassats med DBS-metoden. I figuren syns tydligt att anpassningen stämmer väl överens med observerade data. Särskilt viktigt är att den överskattning av antal dagar med nederbörd med en viss intensitet som ges av klimatmodellen korrigeras.



Figur 3-4. Jämförelse mellan rådata från klimatmodeller och data som anpassats med DBS-metoden. Till vänster dygnsmedeltemperatur (procent av tiden som viss dygnsmedeltemperatur underskrids och till höger nederbörd (andel dagar med olika nederbördsintensitet).

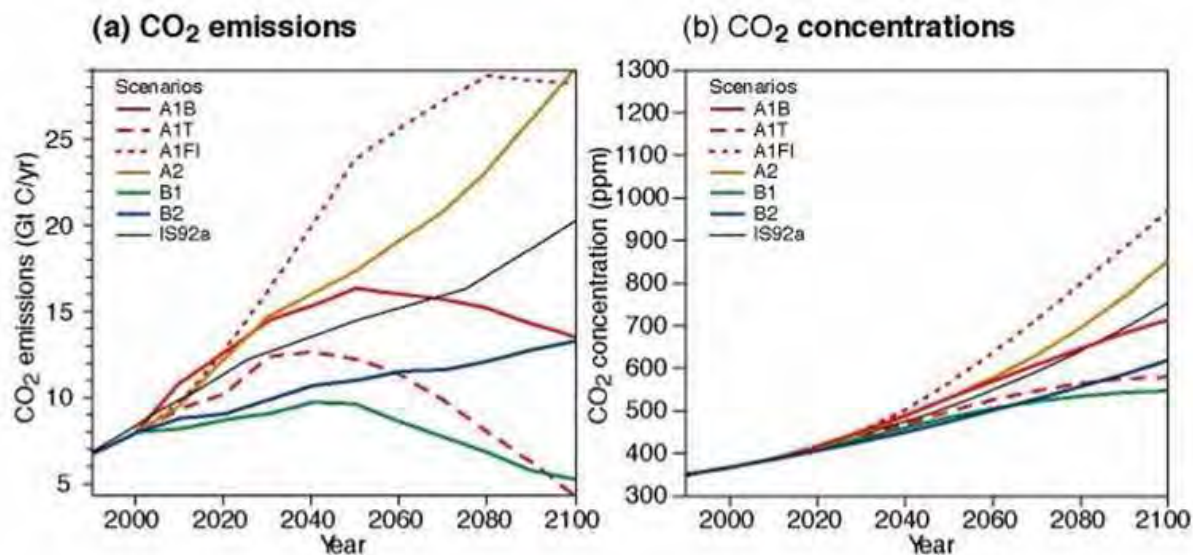
En förutsättning när DBS-metoden används är att resultaten för framtida tidsperioder måste jämföras med historiskt klimat så som detta beskrivs av klimatmodellen och inte av meteorologiska observationer. Metoden innebär också att det inte är möjligt att jämföra individuella dagar eller år med observationsdata.

Anpassning av klimatmodellens data med hjälp av DBS-metoden används i denna studie för nederbörd och lufttemperatur, vilka också är drivvariabler för den hydrologiska modellen.

3.8 Utsläppsscenarioer

För att kunna göra beräkningar på framtida klimat behövs antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser. Vanligtvis används utsläppsscenarioer som utarbetats av FN:s klimatpanel, IPCC. Några exempel visas i Figur 3-5. Dessa bygger på antaganden av världens utveckling fram till år 2100 (Nakićenović m.fl., 2000). I utsläppsscenarioerna görs olika antaganden om jordens folkmängd, ekonomisk tillväxt, teknologisk utveckling m.m. Utifrån dessa antaganden har man sedan uppskattat hur mycket klimatpåverkande gaser och partiklar som kommer att släppas ut. Dessa utsläpp ger upphov till förändringar i atmosfärens sammansättning, som till exempel mängden koldioxid i luften, vilket i sin tur har en inverkan på klimatet.

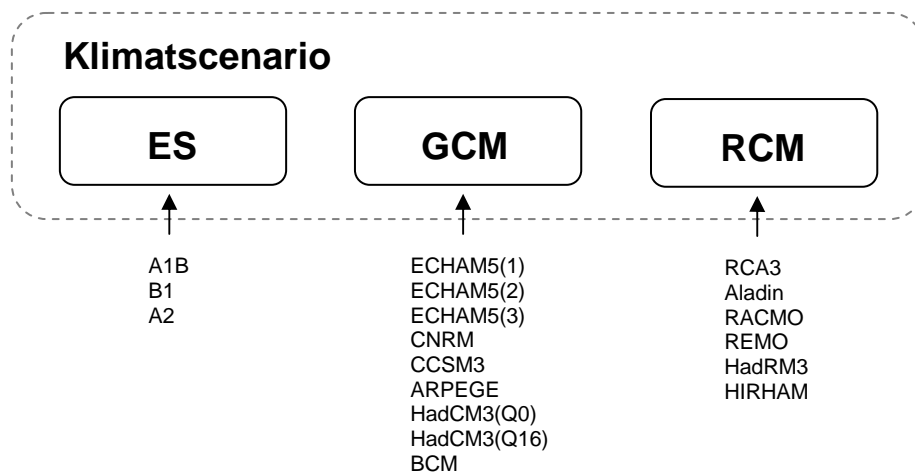
Genom att göra simuleringar i klimatmodellerna med växthusgaskoncentrationer som motsvarar dagens förhållanden respektive för framtida förhållanden får man en bild av den framtida förändringen av klimatet



Figur 3-5. Antagande om framtida utsläpp av CO₂ (a) och resulterande CO₂-koncentrationer (b) enligt olika scenarier (modifierad från IPCC, 2001).

3.9 Klimatscenarier

Ett klimatscenario är en successiv realisering av ett utsläppscenario i en global och regional klimatmodell enligt dataflödet i Figur 3-3. Samma utsläppscenario kan således rendera olika klimatscenarier beroende på vilka globala och regionala modeller som används. De tre komponenterna illustreras i Figur 3-6 där också de möjliga alternativen för utsläppsscenario (ES), Global cirkulationsmodell (GCM) och Regional cirkulationsmodell (RCM) framgår.



Figur 3-6. Ett klimatscenario består av en kombination av utsläppsscenario (ES), global modell (GCM) och regional modell (RCM).

Under flera år användes huvudsakligen sex klimatscenarier för de flesta studier av klimateffekter i Sverige, inklusive av den statliga Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU, 2007a). Dessa sex klimatscenarier bygger på en global klimatmodell från Hadley Centre i England (HadCM3/AM3H) och en från Max-Planck-institutet i Tyskland (ECHAM4/OPYC3). Dessa globala modeller har körts med utsläppsscenario A2 respektive B2 som de beskrivs av Nakićenović m.fl. (2000). I tillägg till detta användes två olika regionala modellversioner. Dessa benämns RCAO och RCA3 och kommer från Rossby Centre vid SMHIs forskningsenhet.

Numera finns det tillgång till ett stort antal regionala klimatscenarier beräknade med nyare globala och regionala klimatmodeller. Det europeiska ENSEMBLESprojektet (van der Linden m.fl, 2009) syftade till att utveckla ett system för samordnade beräkningar av klimatförändringar baserat på ett antal europeiska och några utomeuropeiska globala och regionala klimatmodeller. Rossby Centre deltog i ENSEMBLES-samarbetet med den regionala klimatmodellen RCA3. ENSEMBLES-projektet fokuserade i huvudsak på klimatförändringar i ett tidsperspektiv fram till år 2050, varför en del klimatscenarier bara sträcker sig fram till mitten på seklet. Det utsläppsscenario som huvudsakligen användes inom ENSEMBLES benämns A1B (Nakićenović m.fl, 2000), men ett scenario med kraftigare utsläpp, A2, och ett med lägre utsläpp, B1, användes också.

I Figur 3-5 visas ett antal utsläppsscenarioer, där A1B, A2 och B1 ingår. Ur figuren framgår bland annat att A1B är ett scenario där koldioxidutsläppen till atmosfären beräknas att kulminera runt år 2050. Koldioxiden i atmosfären fortsätter dock enligt detta scenario att stiga även efter 2050. Ur figuren ses även att skillnaden mellan effekten av olika utsläppsscenarioer är liten fram till mitten av seklet för att därefter öka.

3.10 Nyttjade klimatscenarier

















De sammanställningar som gjorts av temperatur, nederbörd och klimatpåverkade flöden (avsnitt 5.1, 5.2 och 5.3) bygger på DBS-skalerade data från klimatscenarierna i Tabell 3-2. och innehåller klimatscenarier från ENSEMBLES-projektet samt några från Rossby Centre vid SMHI. Observera att endast 12 av dessa 16 klimatscenarier sträcker sig ända fram till år 2098. De övriga 4 sträcker sig fram till 2050. Till största delen har utsläppsscenario A1B använts eftersom de flesta modellkörningar inom ENSEMBLES-projektet använt sig av detta, men även A2 och B1 finns representerade.

Den globala klimatmodellen ECHAM5 kommer från Max-Planck-institutet för meteorologi i Tyskland och HadCM3 från Hadley Center i England. Resultat baserade på ECHAM5 finns också från tre simuleringar som har startats från olika initialtillstånd i slutet på 1800-talet, vilka betecknas ECHAM5(1), ECHAM5(2) respektive ECHAM5(3). ECHAM5(3) är den simulering av de tre som har bäst överensstämmelse med faktisk klimatutveckling i Europa under slutet av 1900-talet och har därför pekats ut som huvudalternativ för ENSEMBLES-projektets beräkningar. Denna modell är därför den vanligaste globala klimatmodell som används i denna rapport. Även HadCM3 har använts med två olika initialtillstånd, men då har också modellen varit parametriserad med olika klimatkänslighet. En av dessa simuleringar refereras som Q0 och betraktas som mest trolig. Den version som har högre klimatkänslighet, Q16, ligger dock även den inom vad som klimatforskarna betraktar som rimliga gränser. Övriga använda globala klimatmodeller är ARPEGE från CNRM i Frankrike, BCM från METNO i Norge och den nordamerikanska modellen CCSM3.

Av de regionala klimatmodellerna kommer Aladin ursprungligen från Frankrike, RACMO från Holland, REMO och HIRHAM från Tyskland, HadRM3 från England och RCA3 från SMHI. Som framgår av nationsflaggorna har de regionala modellerna ofta tillämpats av forskare från andra länder än ursprungslandet. En utförlig beskrivning av RCA3 har nyligen publicerats av Samuelsson m.fl. (2011).

De klimatscenarier som använts är de som funnits tillgängliga vid genomförandet, dvs inget aktivt urval av scenarier har gjorts. Allt eftersom fler klimatscenarier blir tillgängliga kan fler fall med höga respektive låga utsläppsscenarioer inkluderas i klimatensemblesimuleringar, på så sätt kan fler tänkbara utvecklingar av klimatet simuleras. En större ensemble ger starkare statistiska mått på hur en framtida utveckling kan se ut. Den idag tillgängliga ensemblen är en stor förbättring mot vad som fanns tillgängligt för bara några år sedan, även om urvalet inte är systematiskt.

Tabell 3-2. Sammanställning av använda klimatscenarier. Nationsflaggorna avser instituten som har genomfört den regionala nedskalningen (RCM). Den globala klimatmodellen (GCM) ECHAM5 kommer från Max Planck Institute i Tyskland, ARPEGE från CNRM i Frankrike, HadCM3 från Hadley Centre i England och BCM från METNO i Norge. CCSM3 är en nordamerikansk modell som körts vid SMHI. Observera att endast 12 av dessa 16 klimatscenarier sträcker sig ända fram till år 2100

Nation	Institut	Scenario	GCM	RCM	Upplösning	Period
	SMHI	A1B	ECHAM5(1)	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	ECHAM5(2)	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	ECHAM5(3)	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	ECHAM5(3)	RCA3	25 km	1961-2100
	SMHI	B1	ECHAM5(1)	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	CNRM	RCA3	50 km	1961-2100
	SMHI	A1B	CCSM3	RCA3	50 km	1961-2100
	CNRM	A1B	ARPEGE	Aladin	25 km	1961-2050
	KNMI	A1B	ECHAM5(3)	RACMO	25 km	1961-2100
	MPI	A1B	ECHAM5(3)	REMO	25 km	1961-2100
	C4I	A2	ECHAM5(3)	RCA3	25 km	1961-2050
	HC	A1B	HadCM3(Q0)	HadRM3	25 km	1961-2100
	C4I	A1B	HadCM3(Q16)	RCA3	25 km	1961-2100
	METNO	A1B	BCM	HIRHAM	25 km	1961-2050
	METNO	A1B	HadCM3(Q0)	HIRHAM	25 km	1961-2050
	DMI	A1B	ECHAM5(3)	HIRHAM	25 km	1961-2100

4 Nuvarande klimat

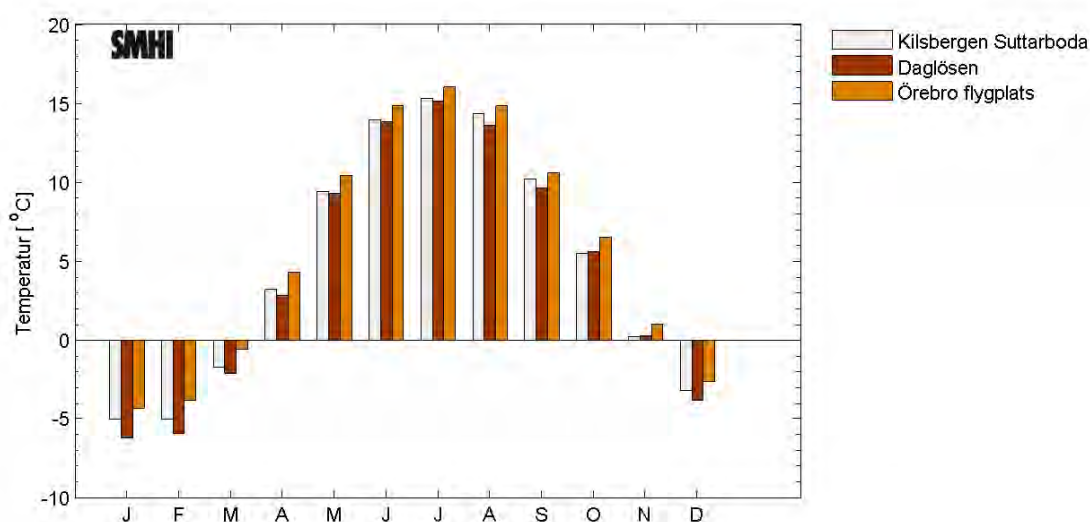
4.1 Allmän karakteristik

Klimatets variationer mellan olika tidsperioder och mellan olika regioner beskrivs ofta med några få viktiga parametrar, i första hand temperatur och nederbörd med hänsyn tagen till rådande vegetationsförhållanden. Enligt allmänna klimatklassningssystem hör Sveriges södra delar, med företrädevis lövskog, till den varmtempererade zonen och de nordligare delarna, med huvudsakligen barrskog, till den kalltempererade zonen. Sverige ligger i det så kallade Västvindsbältet och upplever företrädevis sydvästliga eller västliga vindar. Lågtryck rör sig frekvent på gränsen mellan kalla och varma luftmassor i västvindsbältet och ger ett nederbördsrikt klimat med nederbörd under hela året. Närheten till Atlanten medför ett klimat med milda vintrar i förhållande till latituden.

Örebro län är ett av landets mindre län, men uppvisar ändå en stor variation av olika naturtyper. I de östra och centrala delarna av länet präglas landskapet av uppodlade slättområden medan barrskog dominerar på höjder i sydost (Tylöskog), sydväst (Tiveden) och norr (Kilsbergen). Vattentillgången i länet är relativt stabil och variation mellan olika år är liten. Vattendelaren mellan Östersjön och Västerhavet går i nord-sydlig riktning genom Örebro län, strax öster om Karlskoga och Finnerödja. I merparten av länet leds vattnet österut i vattendrag och sjöar till Östersjön via Norrström (Mälarens totala avrinningsområde), Motala ström eller Nyköpingsån. Vatten i länets västra delar rinner till Västerhavet via Vänern och Göta älv.

4.2 Temperatur

Temperatur är en klimatvariabel som varierar måttligt både i tid och rum. Temperaturen är således relativt likartad över större områden. Orografen har dock ett avgörande inflytande på temperaturen vilket spelar in när lågt och högt belägna områden jämförs med varandra. Detta är anledningen till att det oftast är kallare i länets bergstrakter än i de centralt belägna slätterna. En tumregel är att temperaturen sjunker med ca $0,6\text{ }^{\circ}\text{C} / 100\text{ m}$. I Figur 4-1 redovisas för utvalda stationer månadsvisa långtidsmedelvärden under perioden 1961-1990.

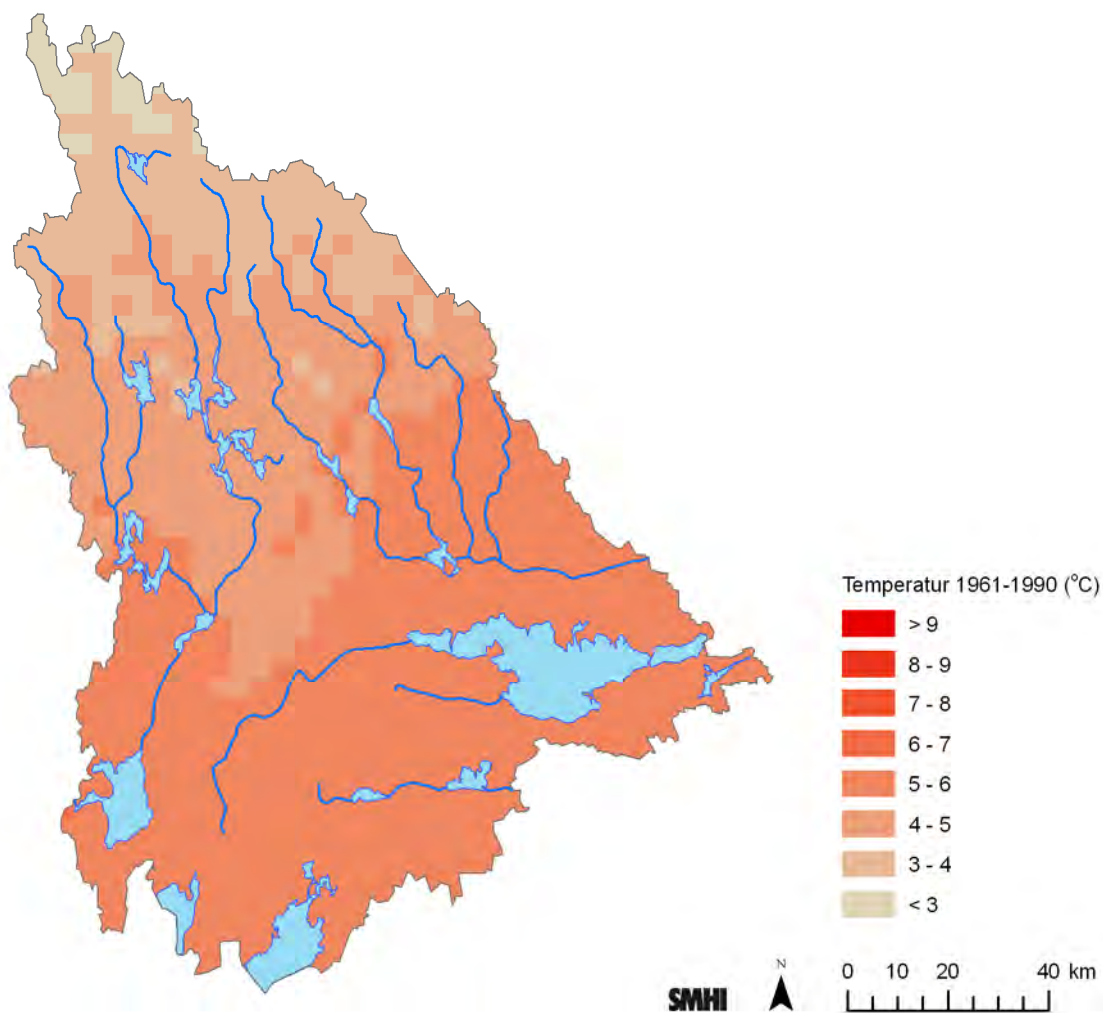


Figur 4-1. Månadsmedeltemperatur 1961-1990 för utvalda klimatstationer.

I Figur 4-2 visas den rumsliga variationen av temperaturen i länet och berörda beräkningsområden under referensperioden 1961 – 1990 med data från PTHBV. SMHIs databas med areellt interpolerad temperatur PTHBV (Johansson, 2000, Johansson och Chen 2003; 2005) innehåller optimalt

interpolerade observationer med en upplösning på 4×4 km från och med 1961. Genom att använda PTHBV kan områden mellan klimatstationer analyseras med hänsyn taget till bland annat topografi.

Årsmedeltemperaturen 1961-1990 för hela området som denna utredning avser är 5,0 °C. Sommartid är medeltemperaturen omkring 14-15 °C och vintertid -2 till -6 °C. Länets högsta uppmätta temperatur, 36,0 °C, uppmättes nära Örebro i Ekeby-Almby den 7 augusti 1975. Länets lägsta uppmätta temperatur -38,5 °C noteras från Askersund den 24 januari 1875.



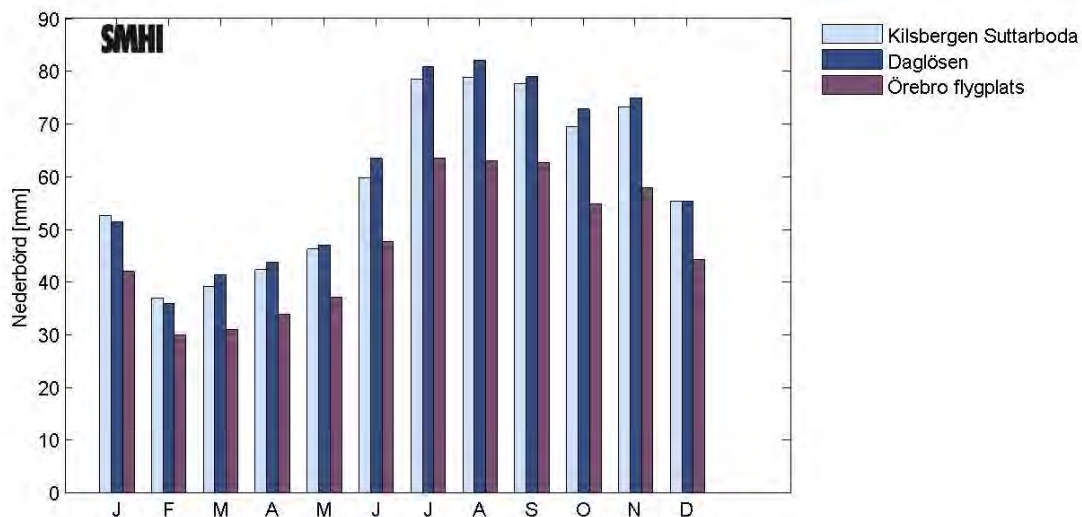
Figur 4-2. Årsmedeltemperatur under referensperioden 1961 – 1990 med data från PTHBV

4.3 Nederbörd

Nederbörd varierar till skillnad från temperaturen avsevärt både i tid och rum. Nederbördens varaktighet och intensitet är nära kopplat till den mekanism som genererar nederbörden. De vanligaste mekanismerna är frontal nederbörd, orografisk nederbörd samt konvektiv nederbörd (Bergström, 1993).

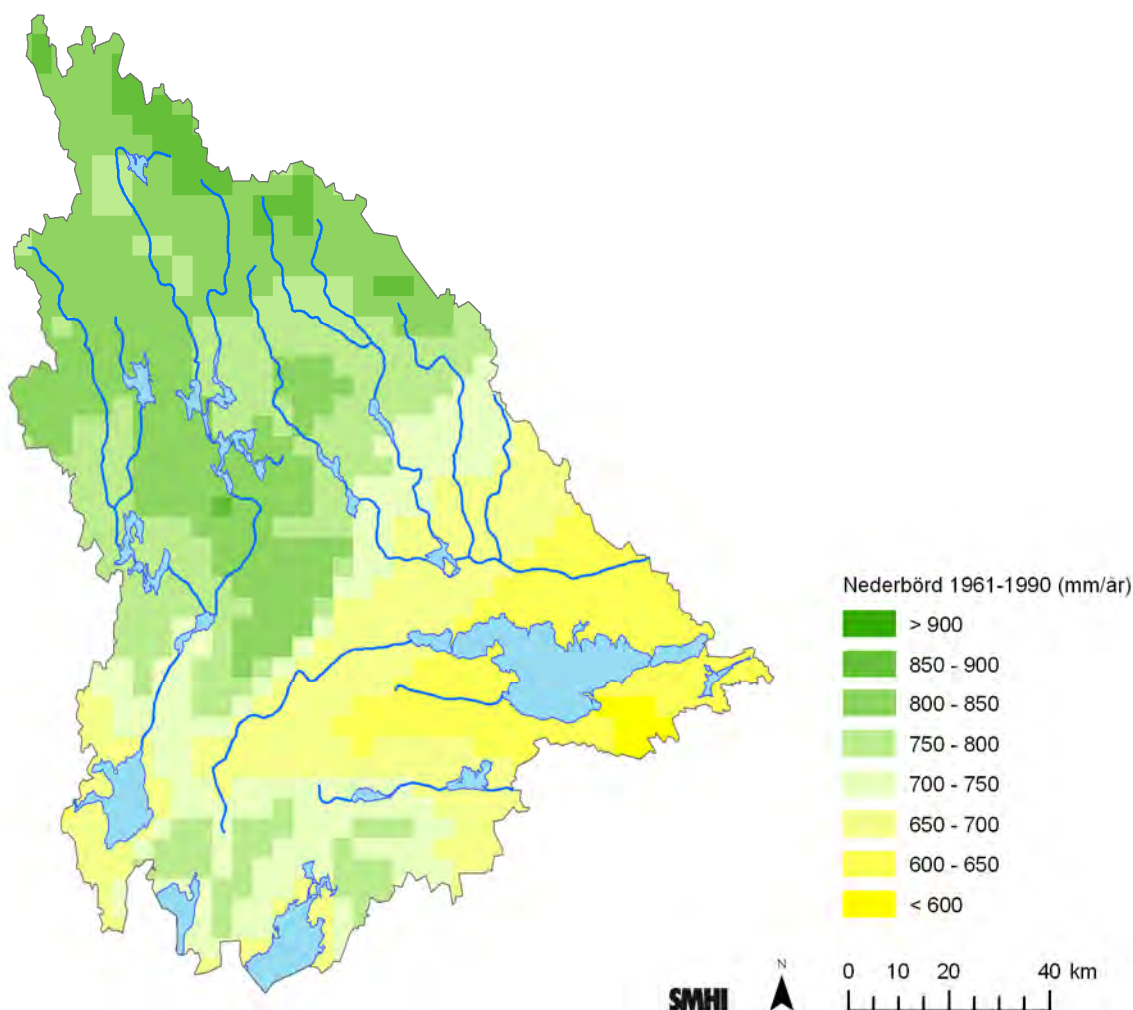
Frontal nederbörd faller i samband med kall- och varmfrontspassager och ger relativt jämnt fördelad nederbörd över stora områden och faller med låg intensitet. Konvektiv nederbörd faller sommartid då luften värms kraftigt lokalt och stiger högt upp i atmosfären. Ofta bildas åskoväder på detta sätt. Karakteristiskt för dessa är stora lokala variationer, hög intensitet och kort varaktighet. Orografisk nederbörd uppstår när en luftmassa tvingas över ett bergsparti. Nederbörden ökar på vindsidan och minskar på läsidan av bergspartiet, något som ofta samverkar med frontala och konvektiva

nederbördstillfällena. Nederbörd har, sett över större områden, en tendens att öka med höjden vilket leder till att länets höglänta områden har något högre årsnederbörd än de låglänta. Sett över ett år är juni-september normalt de nederbördsrikaste månaderna. I Örebro län faller ca 10-25 % av årsnederbörden som snö och snösmältning är ett viktigt bidrag till vattenföringen främst under våren. I relation till kraftiga regn har snösmältning i regel lägre intensitet, men har potential att pågå under längre tid vilket kan ge ackumulationseffekter i vattensystem. I Figur 4-3 redovisas månadsmedelvärdena för utvalda stationer under perioden 1961-1990.



Figur 4-3. Månadsmedelnederbörd 1961-1990 för utvalda klimatstationer.

På motsvarande sätt som för temperatur har interpolerad areell nederbörd från PTHBV analyserats för studieområdet, se Figur 4-4. Årsmedelnederbörden för perioden 1961 – 1990 varierade mellan 590-890 mm/år inom analysområdet. Medelvärdet över hela området var för samma period 740 mm/år.



Figur 4-4. Årsmedelnederbörd under referensperioden 1961 – 1990 med data från PTHBV.

Korta och intensiva nederbördshändelser har stor påverkan inom urbana områden där avrinning till stor del sker från små hårdgjorda ytor. Detta ger en snabb respons vid regn och ställer krav på dimensionering av dagvattensystem både i form av ledningsnät och öppna diken. Intensiva regn inträffar främst under juni-september och är således ett sommarfenomen. För att beskriva intensiva regn är både nederbördsmängden och tiden under vilken nederbörden sker viktig. Flera utredningar, t.ex. Hernebring 2006 och 2008, har analyserat data för ett urval av städer. Rikstäckande dataunderlag har analyserats av Wern och German (2009). Överensstämmelsen mellan olika studier är generellt god. I Tabell 4-1 presenteras resultaten från analys av rådata, vilka kan behöva korrigeras uppåt ca 15% för att kompensera för mätförluster. De presenterade värdena är generella för hela landet.

Tabell 4-1. Korttidsnederbörd i mm, okorrigerade värden (efter Wern och German, 2009).

Varaktighet	Återkomsttid [År]			
	2	10	50	100
15-min	8,7	13,1	17,6	19,6
30-min	11,7	18,0	24,7	27,8
60-min	14,5	22,2	30,7	34,6
12-tim	32,0	44,7	57,0	62,2
24-tim	38,6	53,4	67,3	73,1

Det svenska rekordet för regn under ett dygn är noterat från Fagerheden i Norrbotten då 198 mm föll 28 juli 1997 (Alexandersson och Vedin, 2004). Den största mängd nederbörd som registrerats under 15-minuter av SMHIs automatstationer har rapporterats från i Daglösen i Gullspångsälvens

avrinningsområde. Här föll den 5 juli 2000 40,2 mm under 15 minuter, vilket är att betrakta som en ovanlig händelse med en statistisk återkomsttid större än 100 år.

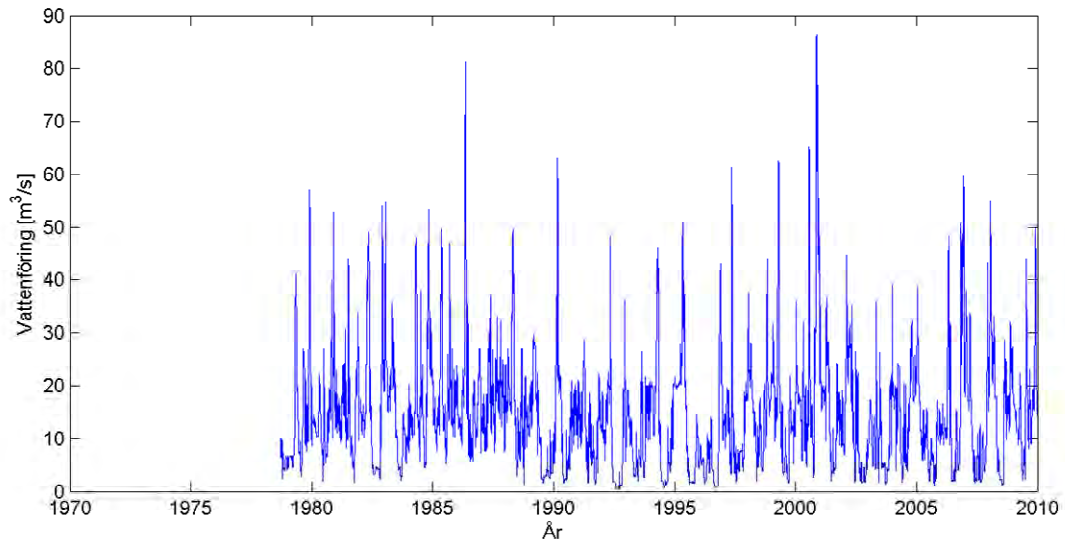
4.4 Vattenföring

Vattenföring är benämningen för den mängd vatten som rinner fram i ett vattendrag och mäts ofta i kubikmeter per sekund (m^3/s). Varje vattendrag har sin egen rytm och storleken på flödet varierar under året främst beroende av storleken på och klimatet i avrinningsområdet men också till följd av eventuella regleringar. Olika väderhändelser genererar höga flöden i olika typer av vattendrag. Mindre vattendrag svarar snabbt på nederbörd och når ofta sina högsta flöden till följd av intensiv lokal nederbörd. För stora och medelstora vattendrag med källområden i bergslagen är vårfloden den dominerande hydrologiska händelsen i dagens klimat. I stora sjörika vattendrag dämpas i regel lokala händelser såsom skyfall, extremvattenföringen påverkas istället främst av långvariga väderfenomen såsom snösmältning och vidsträckta nederbördsområden. Sjöars utjämnande effekt på vattenföringen i vattendrag, beror på att en sjös utlopp på ett naturligt sätt begränsar utflödet. Under perioder med hög tillrinning kommer således vatten att magasineras i en sjö i takt med att sjöns nivå stiger. Den dämpande effekten styrs framförallt av sjöns areal och utloppets avbördningsförmåga.

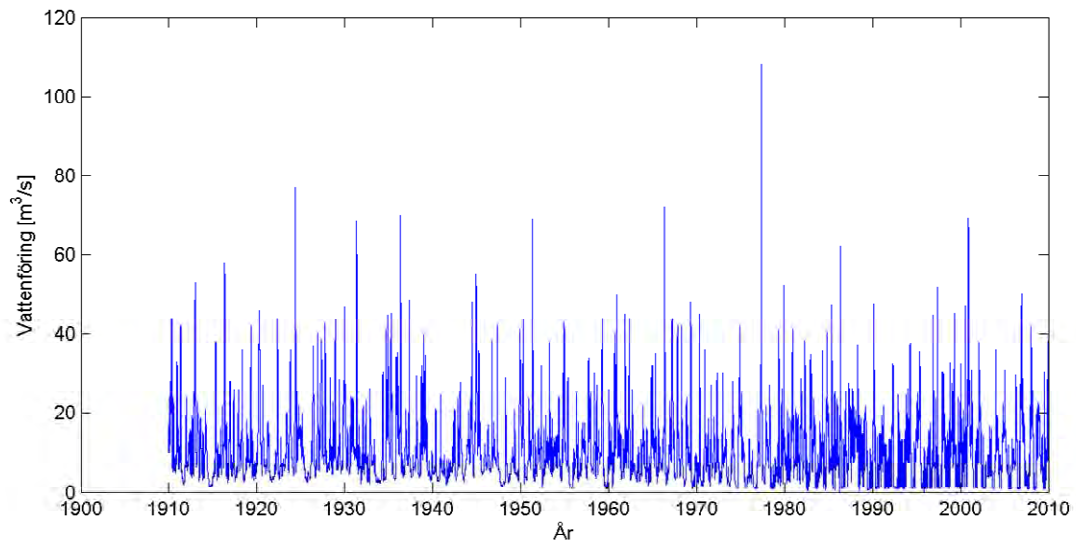
Vattendragen i Tabell 4-2 har en tydlig årstidsvariation med snösmältningen som en markerad period med vanligtvis höga flöden. I Figur 4-5 till Figur 4-11 visas vattenföringsserier från de beräkningspunkter där mätning skett. Seriernas längd sträcker sig från respektive stations startdatum för mätning till sista observation 2010. För Arbogaåns mynning i Mälaren saknas kontinuerliga flödesmätningar, likaså för Högsjö kraftverk i Nyköpingsån.

Tabell 4-2. Flödesstatistik för vattendrag. (Källa: SMHI).

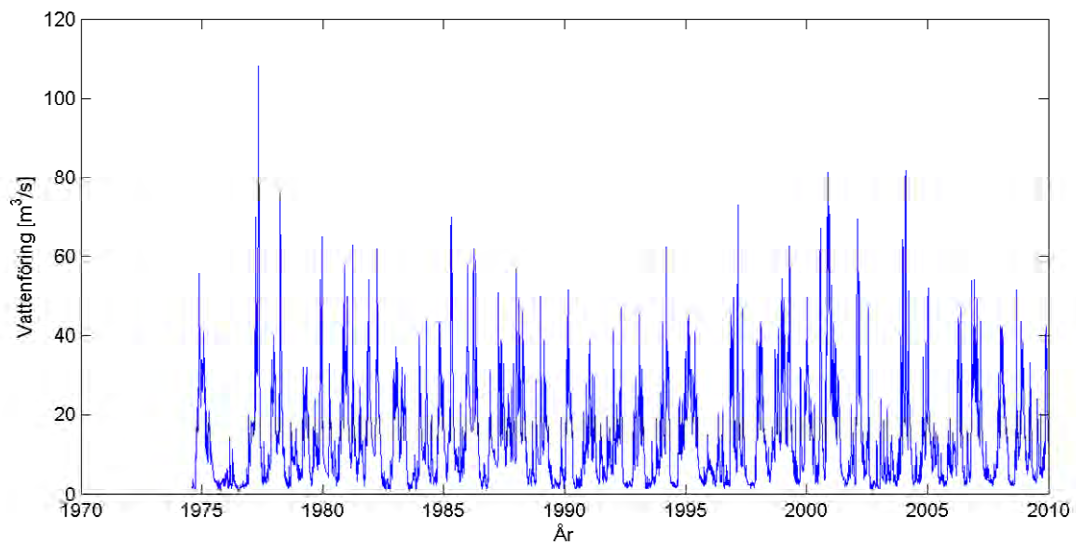
Punkt	Vattendrag	Medelvattenföring [m^3/s]	100-årsflöde [m^3/s]
Mynningen i Mälaren	Arbogaån	25	125
Kraftstationen i Dalkarlshyttan	Arbogaån	15	120
Kraftstationen i Hammarby	Arbogaån	11	90
Kraftstationen i Karlslund	Svartån	14	120
Pegel i Almbro	Täljeån	4	78
Kraftstationen i Hyndevad	Eskilstunaån	24	125
Kraftstationen i Brattforsen	Gullspångsälven	30	245
Kraftstationen i Gullspång	Gullspångsälven	62	440
Kraftstationen i Högsjö	Nyköpingsån	3	20



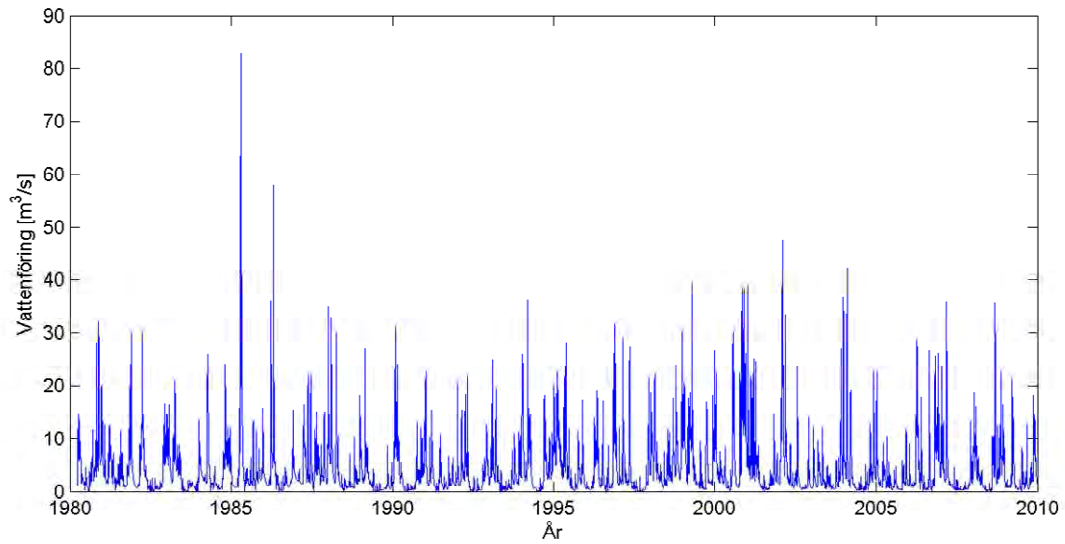
Figur 4-5. Uppmätt vattenföring från kraftstationen i Dalkarlshyttan, Arbogaån.



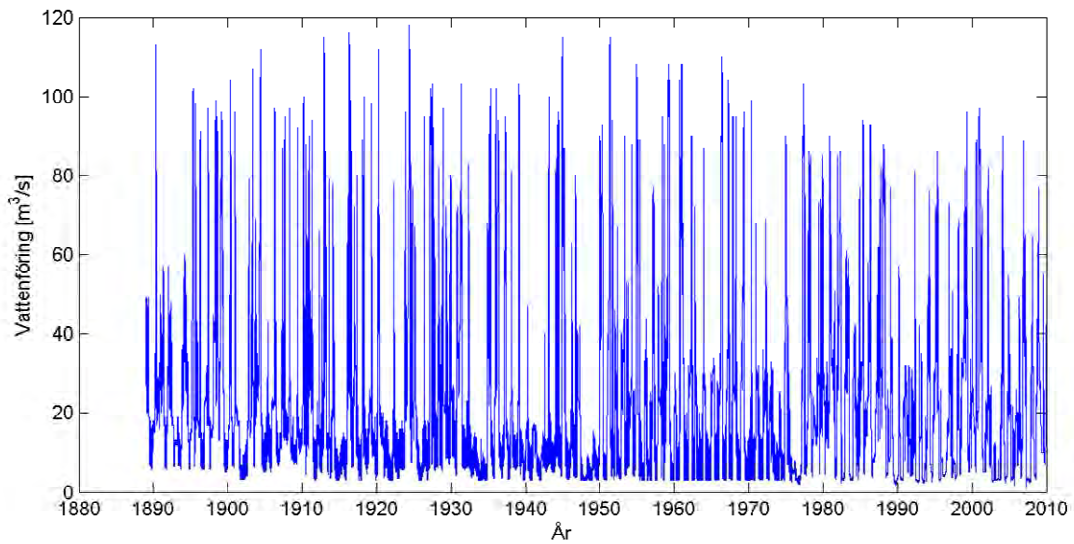
Figur 4-6. Uppmätt vattenföring från kraftstationen i Hammarby, Arbogaån.



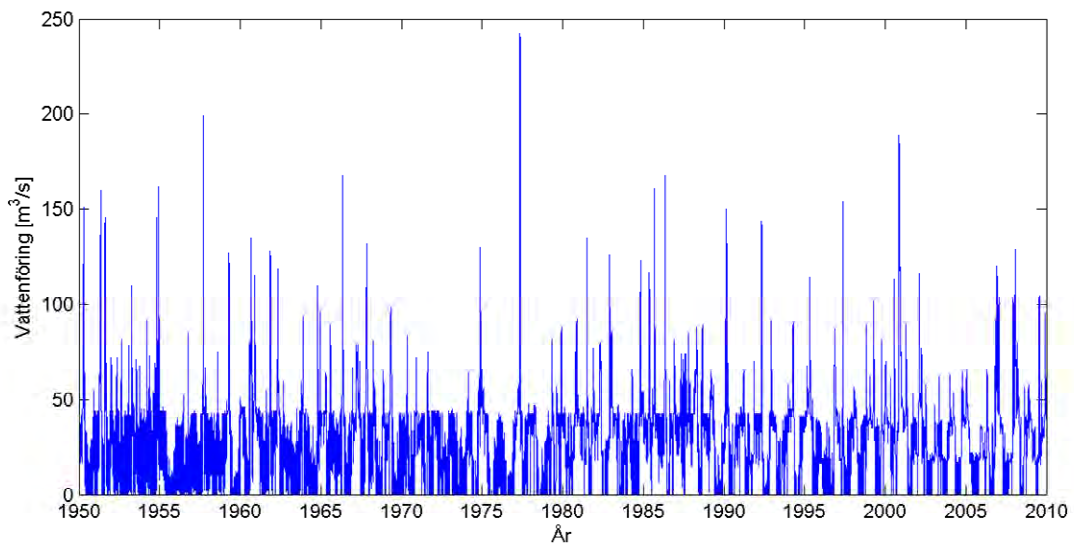
Figur 4-7. Uppmätt vattenföring från kraftstationen i Karlslund, Svartån.



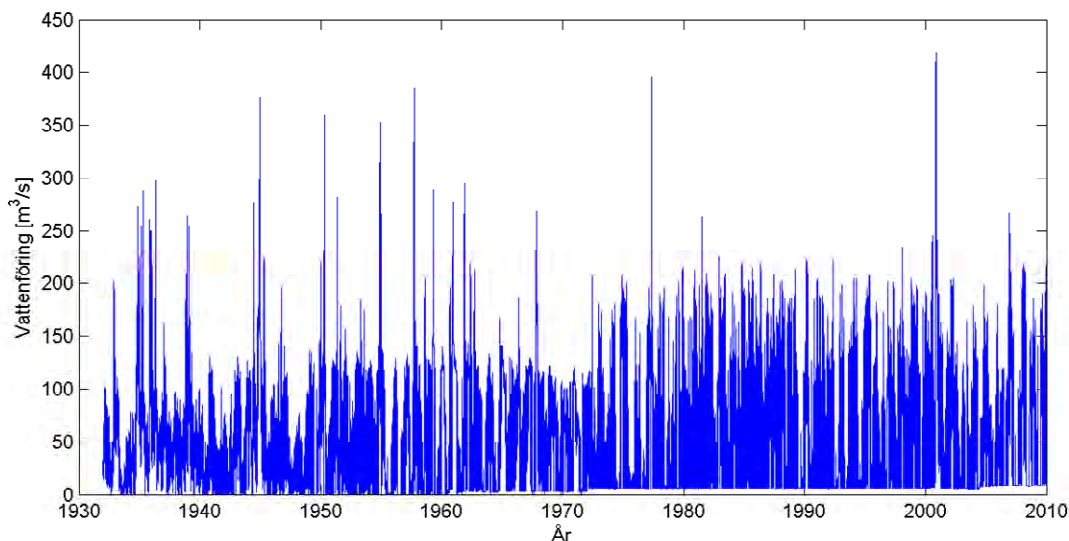
Figur 4-8. Uppmätt vattenföring från pegeln i Almbro, Täljeån.



Figur 4-9. Uppmätt vattenföring från kraftstationen i Hyndevad, Eskilstunaån.



Figur 4-10. Uppmätt vattenföring från kraftstationen i Brattforsen, Gullspångsälven.



Figur 4-11. Uppmätt vattenföring från kraftstationen i Gullspång, Gullspångsälven.

4.5 Översvämning kring sjöar och vattendrag

Översvämningar är en konsekvens av högt vattenstånd i vattendrag och sjöar till följd av höga flöden eller extrem nederbörd. Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, MSB (tidigare Räddningsverket) har upprättat hydrauliska modeller och beräknat vattenytans nivå längs Arbogaån, Gullspångsälven, Nyköpingsån, Svartån-Hjälmararen-Eskilstunaån för hundraårsflöde samt beräknat högsta flöde (BHF), där det senare är att betrakta som ett flöde med mycket låg sannolikhet (Räddningsverket 1999; 2001; 2002a; 2002b). Nivåberäkningarna har använts för att skapa kartor med områden som översvämmas vid respektive flödesscenario.

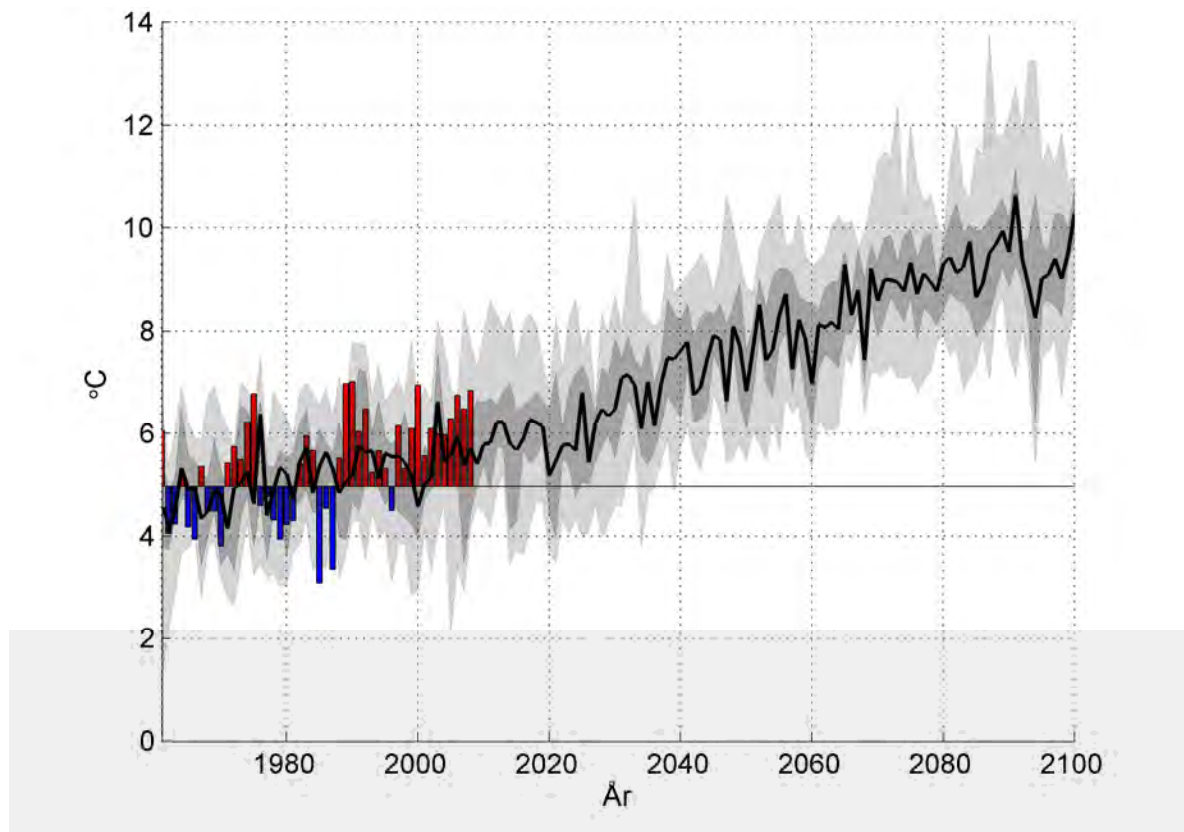
Översvämningssområdena framtagna i de översiktliga översvämningsskarteringarna framgår av bilaga 1. De översiktliga översvämningsskarteringarna bygger till största delen på en höjddmodell med ett medelfel i höjddled på upp till $\pm 2,5$ m (Lantmäteriets GSD-höjddata, 50 m rutnät). En ny rikstäckande höjddatabas med avsevärt större noggrannhet i höjd och plan är under uppbyggnad av Lantmäteriet. Framtida tillämpningar inom översvämningsskartering med förbättrade höjdd modeller bedöms ge noggrannare skartering av översvämningsskänsliga områden (Brandt, 2005).

5 Resultat av klimatanalys

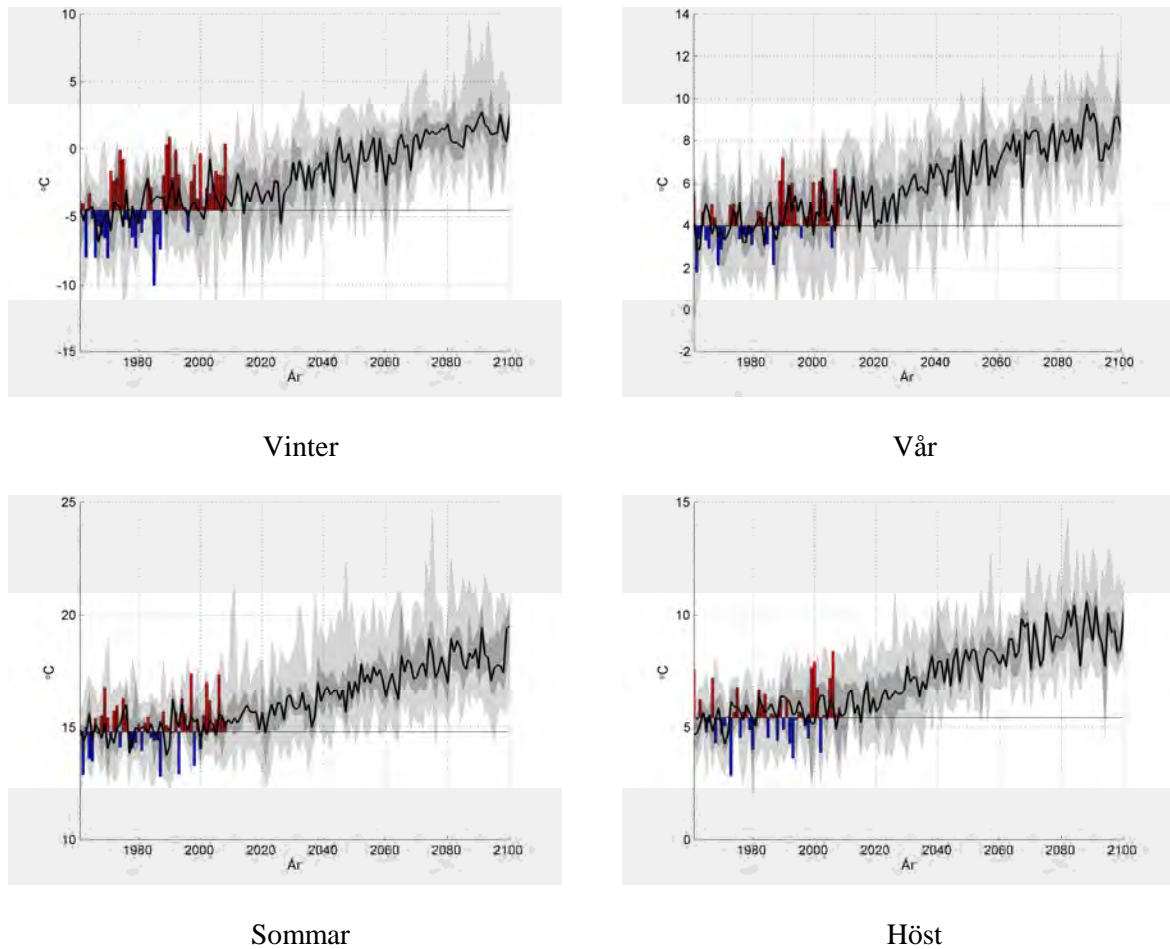
5.1 Temperatur

Beräknad utveckling av årsmedeltemperaturen för Örebro län baserat på klimatscenerierna i Tabell 3-2 visas i Figur 5-1. Årsmedeltemperaturen under referensperioden 1961-1990 visas som en horisontell linje (5.0 °C). Historiska observationer för länet illustreras som avvikelser från medeltemperaturen med staplar. Positiv avvikelse visas i röda staplar och negativ visas i blå staplar. Historiskt sett har det alltså förekommit både positiva och negativa avvikelser från medeltemperaturen.

De olika skuggningarna är statistiska mått som beskriver variationen i resultat mellan olika klimatscenerier. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt: maximalt värde, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimalt värde från samtliga klimatscenerier jämfört med referensperioden. Medianvärdet av ensemblens klimatscenerier visas med en svart linje. Figur 5-2 visar motsvarande data uppdelat på de fyra årstiderna, där vinter definieras som december – februari, vår som mars – maj, sommar som juni – augusti och höst som september – november.



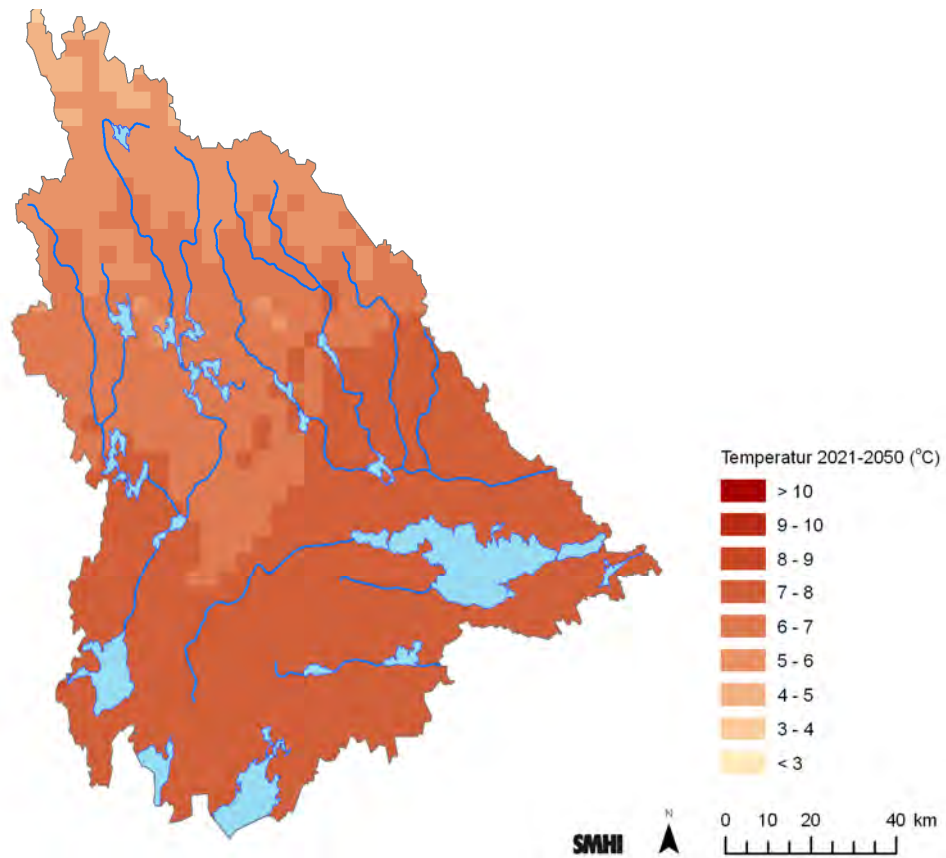
Figur 5-1. Beräknad temperaturutveckling i Örebro län baserat på samtliga klimatscenarier i Tabell 3-2. Historiska observationer visas som staplar. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar. Årsmedeltemperatur för referensperioden är 5,0 °C.



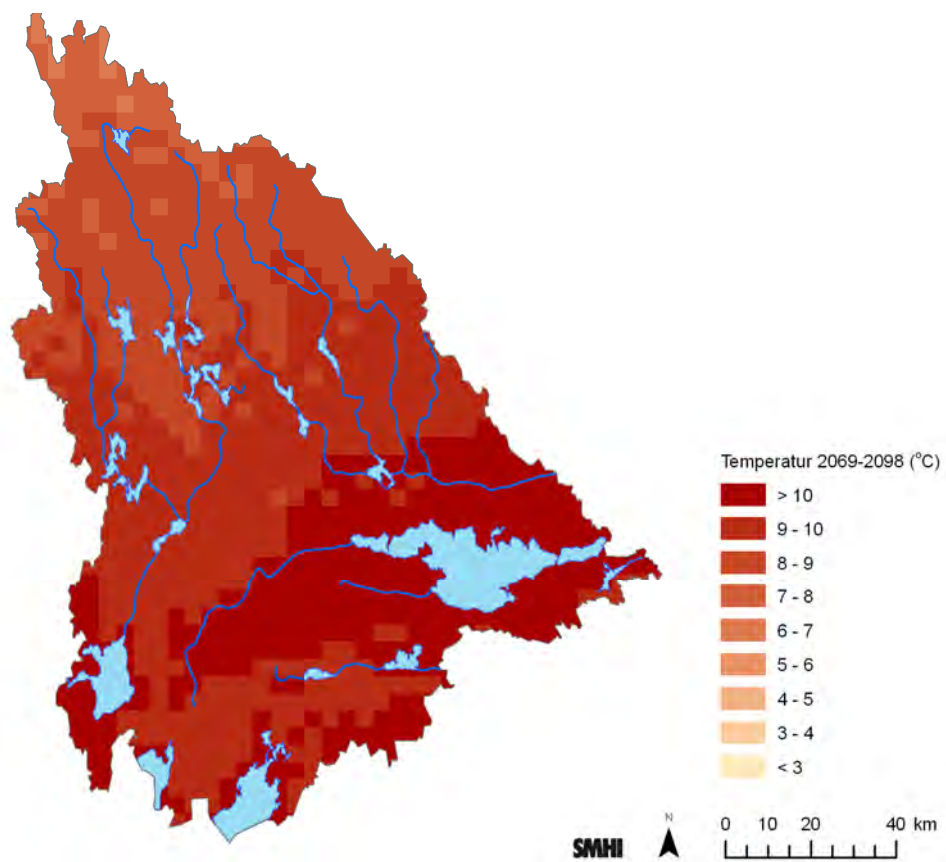
Figur 5-2. Beräknad temperaturutveckling i Örebro län för de olika årstiderna baserat på samtliga klimatscenarier i Tabell 3-2. Historiska observationer visas som staplar. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av säsongsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar. Observera att skalorna skiljer sig mellan figurerna.

Resultatet pekar på en ökning av årsmedeltemperaturen med ca 4-5 °C från ca 5 °C till 9-10 °C i Örebro län mot slutet av perioden 2010-2100. Temperaturökningen är accentuerad under vinterperioden (ca 6 °C ökning), men framträder under alla årstider. Vidare är trenden likartad i de flesta klimatscenarier och även de lägsta årsmedeltemperaturen är mot slutet av den undersökta perioden generellt högre än referensperiodens medeltemperatur.

I Figur 5-3 och Figur 5-4 visas den rumsliga variationen av beräknad årsmedeltemperatur för perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.



Figur 5-3. Beräknad årsmedeltemperatur under perioden 2021 – 2050. Medelvärde av klimatscenarier enligt Tabell 3-2.

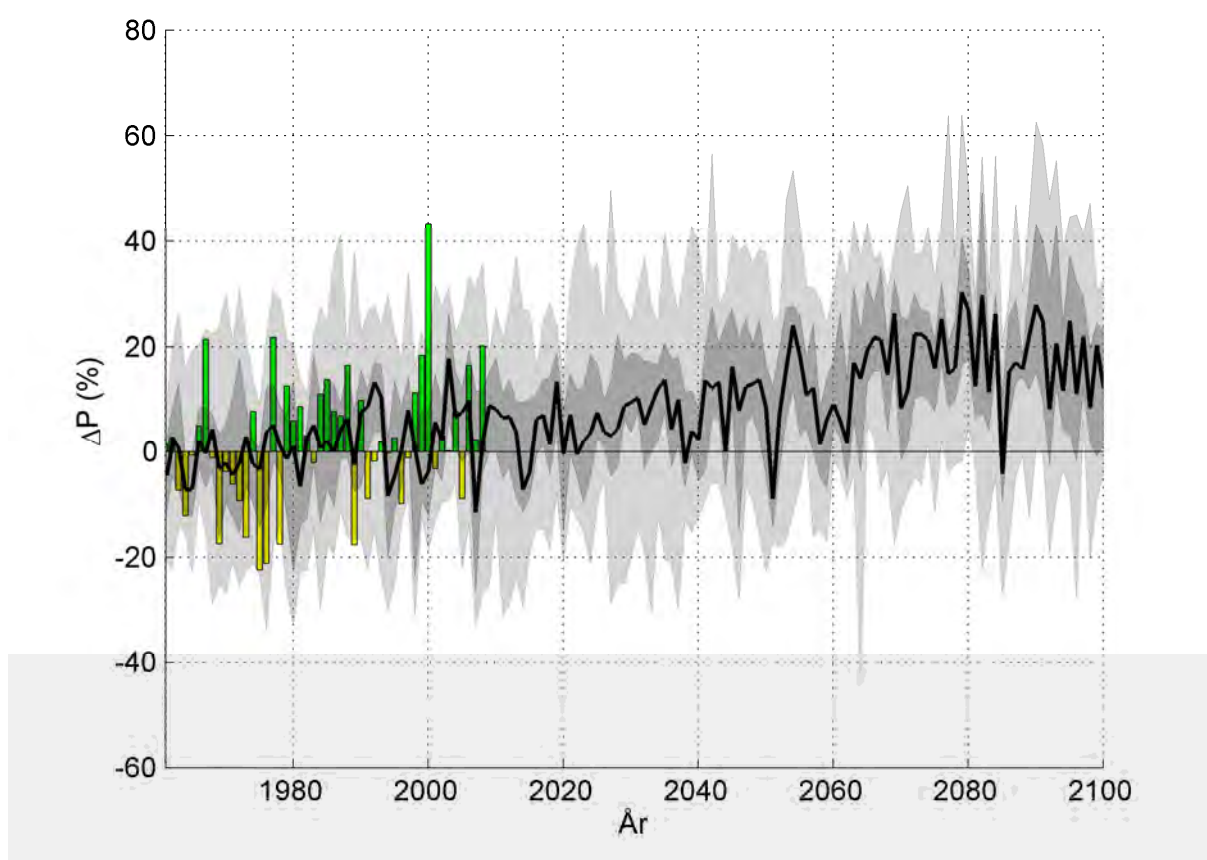


Figur 5-4. Beräknad årsmedeltemperatur under perioden 2069 – 2098. Medelvärde av klimatscenarier enligt Tabell 3-2.

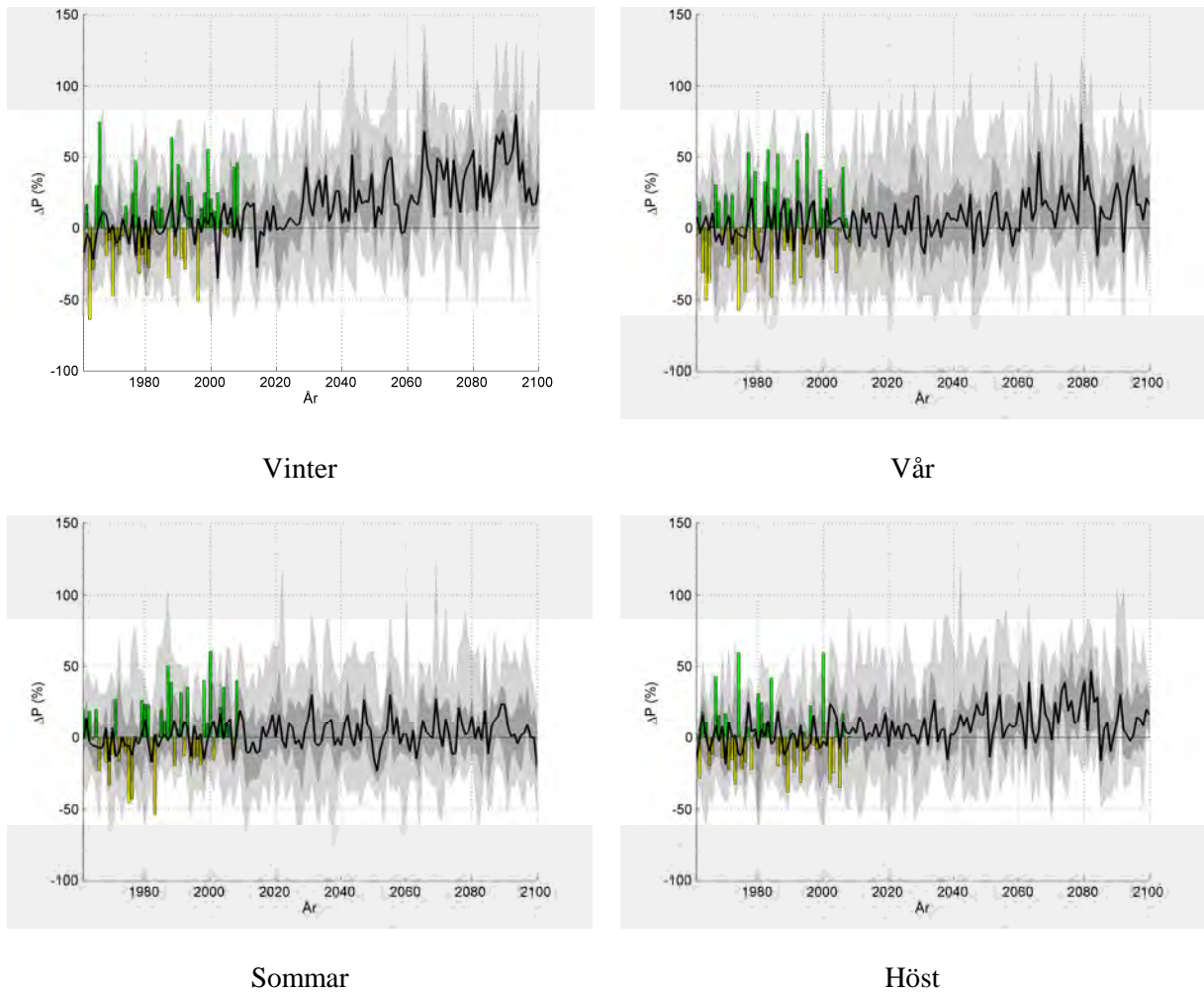
5.2 Nederbörd

Beräknad utveckling av årsmedelnederbörd för Örebro län baserat på klimatscenerierna i Tabell 3-2 visas i Figur 5-5. I analysen har beräknad total årsnederbörd fram till år 2100 jämförts med den normala under referensperioden 1961-1990 (740 mm/år). Förändringen anges i procentuell avvikelse. Historiska observationers avvikelse från referensperiodens medelnederbörd för länet visas med staplar. Positiv avvikelse visas i gröna staplar och negativ visas i gula staplar.

De olika skuggningarna är statistiska mått som beskriver variationen i resultat mellan olika klimatscenerier. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, den största positiva avvikelsen, 75:e percentilen av avvikelsen, 25:e percentilen av avvikelsen och den största negativa avvikelsen för ensemblens klimatscenerier jämfört med referensperioden. Medianvärdet av alla klimatscenerier visas med en svart linje. I Figur 5-5 visas motsvarande data uppdelat på de fyra årstiderna, där vinter definieras som december – februari, vår som mars – maj, sommar som juni – augusti och höst som september – november.



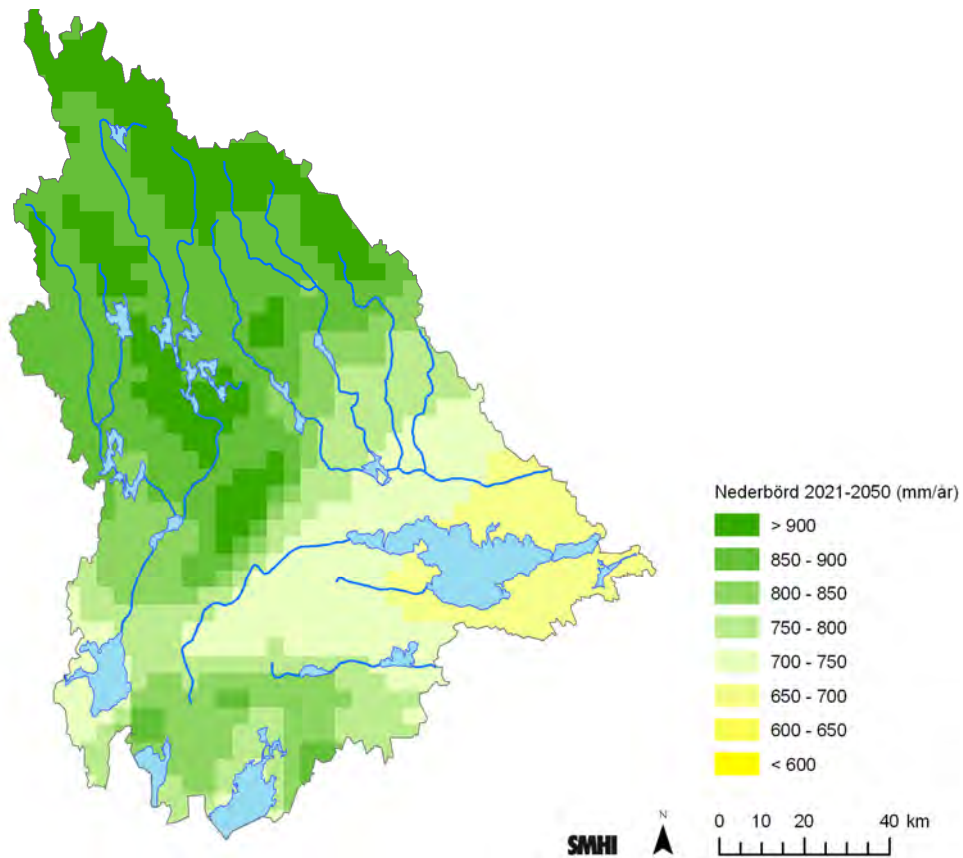
Figur 5-5. Beräknad nederbördsutveckling i Örebro län baserat på samtliga klimatscenerier i Tabell 3-2. Historiska observationer visas som staplar där positiv avvikelse från referensperiodens medelvärde visas som gröna staplar och negativ som gula staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar. Årsmedelnederbörden för referensperioden är 740 mm/år.



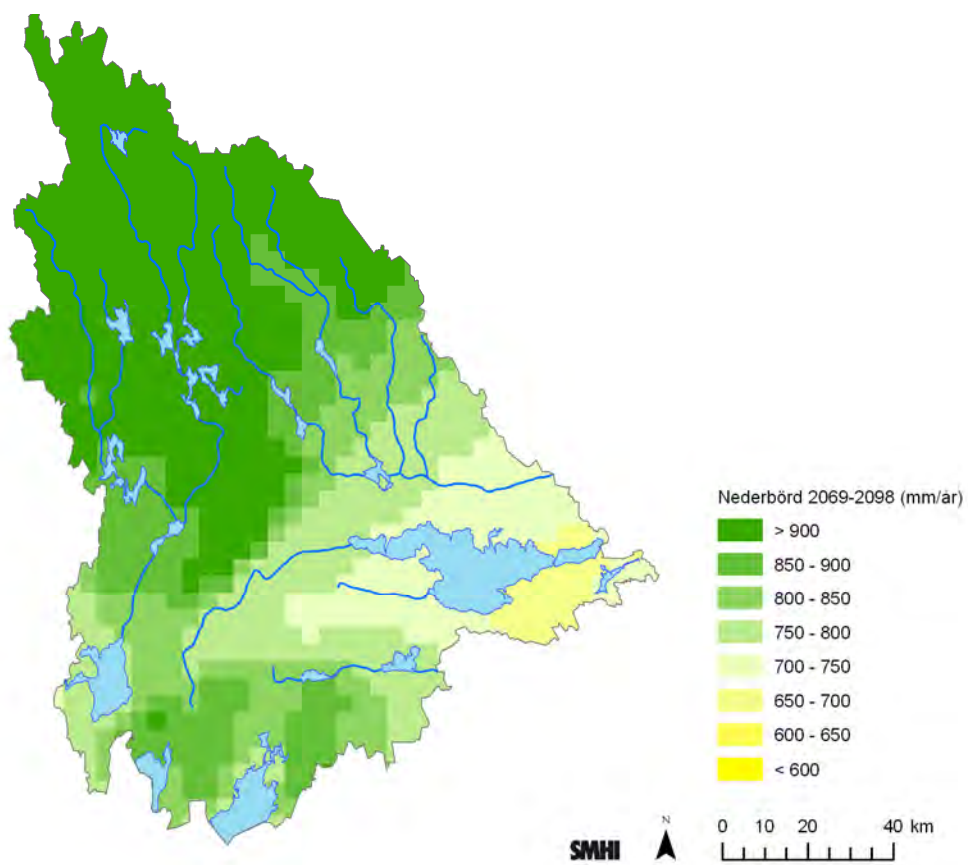
Figur 5-6. Beräknad nederbördsutveckling i Örebro län, uppdelat på de fyra årstiderna, baserat på samtliga klimatscenarier i Tabell 3-2. Historiska observationer visas som staplar där positiv avvikelse från referensperiodens medelvärde visas som gröna staplar och negativ som gula staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av årsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar.

Årsmedelnederbörden för Örebro län kan förväntas öka ca 10-20 % under perioden fram till år 2100 men resultaten innehåller stor spridning. Ur årstidsdiagrammen kan utläsas att störst ökning av nederbörden väntas ske under vinterhalvåret.

I Figur 5-7 och Figur 5-8 visas den rumsliga variationen av beräknad årsmedelnederbörd för perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098.



Figur 5-7. Beräknad årsmedelnederbörd under perioden 2021 – 2050. Medelvärde av klimatscenarier enligt Tabell 3-2.



Figur 5-8. Beräknad årsmedelnederbörd under perioden 2069 – 2098. Medelvärde av klimatscenarier enligt Tabell 3-2.

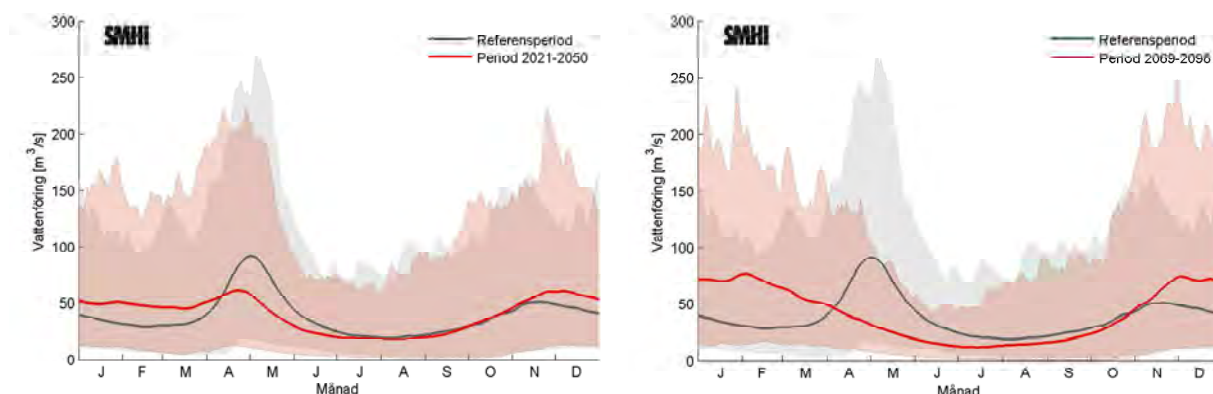
5.3 Vattenföring

5.3.1 Säsongvariation i vattenföring

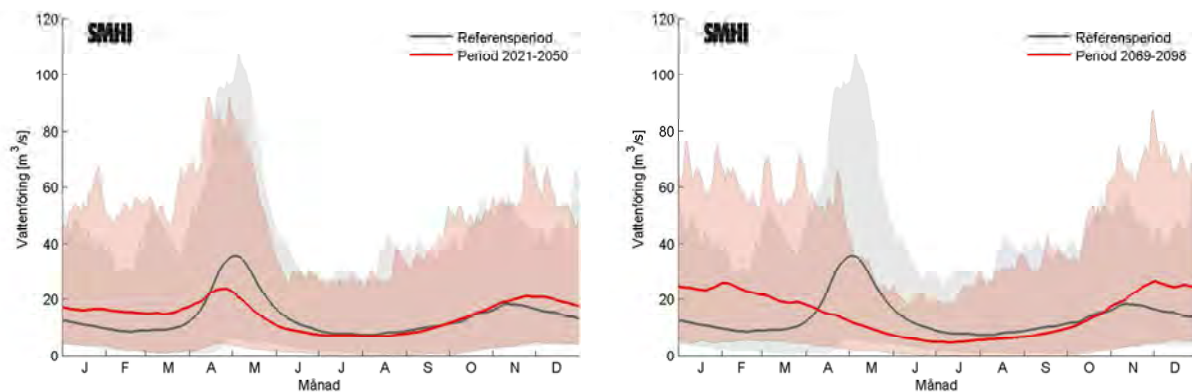
I Figur 5-9 till Figur 5-17 presenteras beräknad flödesvariation under året i utvalda vattendrag (Tabell 4-2) av total vattenföring för *oreglerade* förhållanden. Att total vattenföring är beräknad betyder att allt tillrinnande vatten uppströms aktuell punkt är inräknat. För varje vattendrag visas perioden 2021-2050 samt 2069-2098 tillsammans med referensperioden 1963-1992. Medelvattenföringen för varje dag på året under referensperioden presenteras med en heldragen mörk linje och för den analyserade framtida perioden presenteras medelvattenföringen som en heldragen röd linje. De färgade fälten visar spannet mellan 75:e percentilen och 25:e percentilen för varje dags maximala resp. minimala värde under året av alla klimatscenarier. Grått fält visar variationen under referensperioden och rött fält visar variationen för angiven framtida period. Notera att även referensperioden 1963-1992 har beskrivits med drivdata från klimatsimuleringarna.

För samtliga analyserade vattendrag kan en omfördelning av flödet utläsas som blir tydligare mot slutet av seklet. Den idag tydliga årtidskaraktäristiken med låga vinterflöden och en betonad vårflood väntas ersättas av en flödesregim med högre flöden under höst och vinter och en lägre vårflood. Detta beror på ökad nederbörd vintertid vilken i mindre grad än idag kommer lagras som snö på grund av högre temperaturer. Dessa förändringar syns tydligast mot slutet av detta sekel.

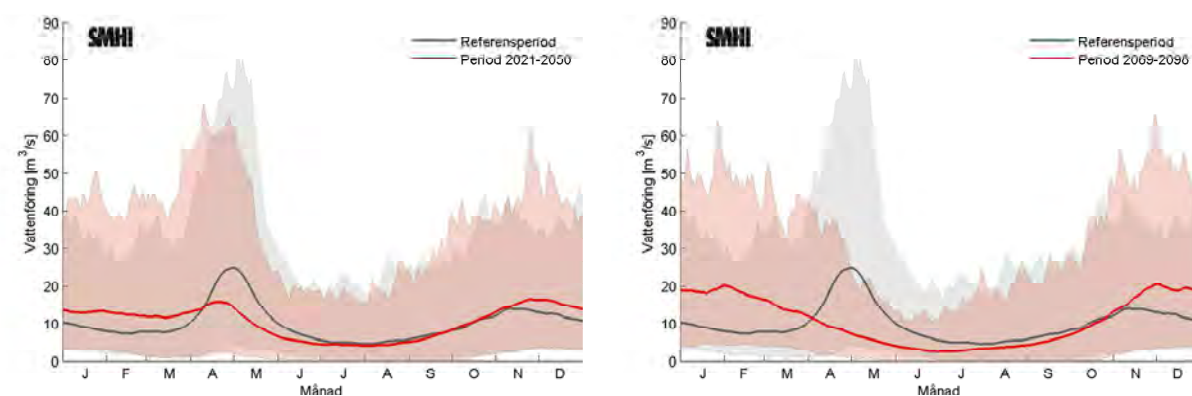
För Hjälmarens utlopp i Hyndevad noteras att tillrinningen sommartid kan förväntas minska. Även i dagens klimat överstiger ibland avdunstningen tillrinningen sommartid. I Figur 5-14 visas att perioden under vilket detta inträffar kan förväntas bli längre i framtiden.



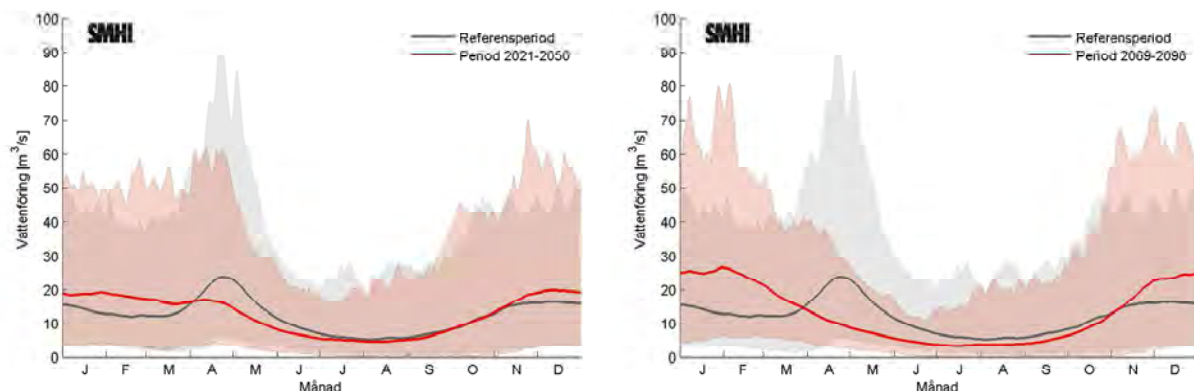
Figur 5-9. Säsongvariation av beräknad daglig vattenföring för Arbogaåns mynning i Mälaren för samtliga scenarier Tabell 3-2. Svart kurva visar medelvattenföringen för varje dag på året under referensperioden 1963-1992 och det grå fältet visar 75:e percentilen och 25:e percentilen för varje dags maximala resp. minimala värde under året. Den röda kurvan och det ljusröda fältet visar motsvarande för den beräknade framtida perioden, till vänster 2021-2050 och till höger 2069-2098.



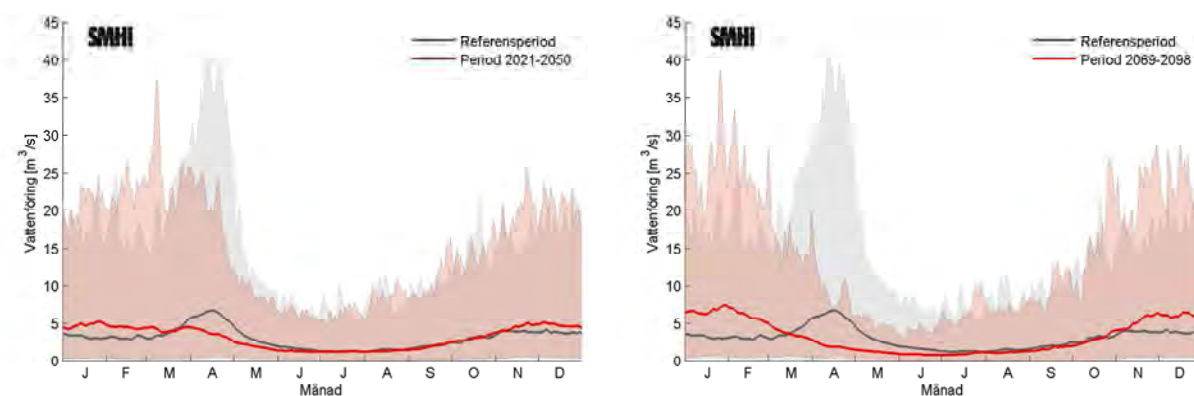
Figur 5-10. Säsongsvariation av beräknad daglig vattenföring för Dalkarlshyttans kraftstation för samtliga scenarier i Tabell 3-2. Svart kurva visar medelvattenföringen för varje dag på året under perioden 1963-1992 och det grå fältet visar 75 percentilen och 25 percentilen för varje dags maximala resp minimala värde under året. Den röda kurvan och det ljusröda fältet visar motsvarande för den beräknade framtida perioden, till vänster 2021-2050 och till höger 2069-2098.



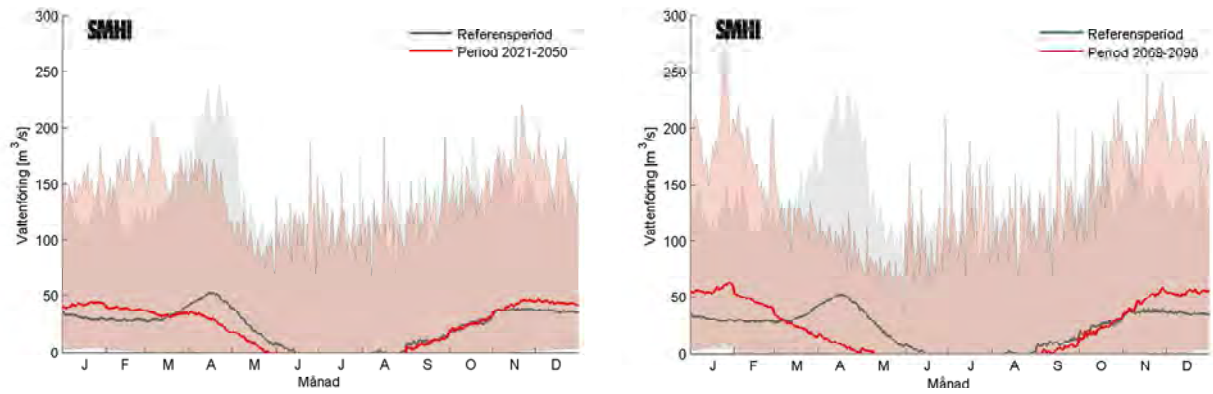
Figur 5-11. Säsongsvariation av beräknad daglig vattenföring för Hammarby kraftstation för samtliga scenarier Tabell 3-2. Svart kurva visar medelvattenföringen för varje dag på året under perioden 1963-1992 och det grå fältet visar 75 percentilen och 25 percentilen för varje dags maximala resp minimala värde under året. Den röda kurvan och det ljusröda fältet visar motsvarande för den beräknade framtida perioden, till vänster 2021-2050 och till höger 2069-2098.



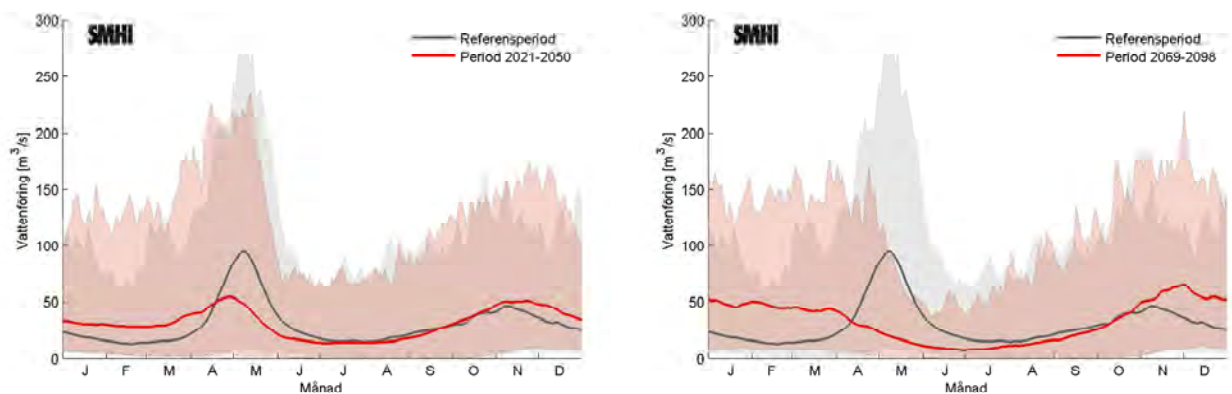
Figur 5-12. Säsongsvariation av beräknad daglig vattenföring för Karlslunds kraftstation för samtliga scenarier i Tabell 3-2. Svart kurva visar medelvattenföringen för varje dag på året under perioden 1963-1992 och det grå fältet visar 75 percentilen och 25 percentilen för varje dags maximala resp minimala värde under året. Den röda kurvan och det ljusröda fältet visar motsvarande för den beräknade framtida perioden, till vänster 2021-2050 och till höger 2069-2098.



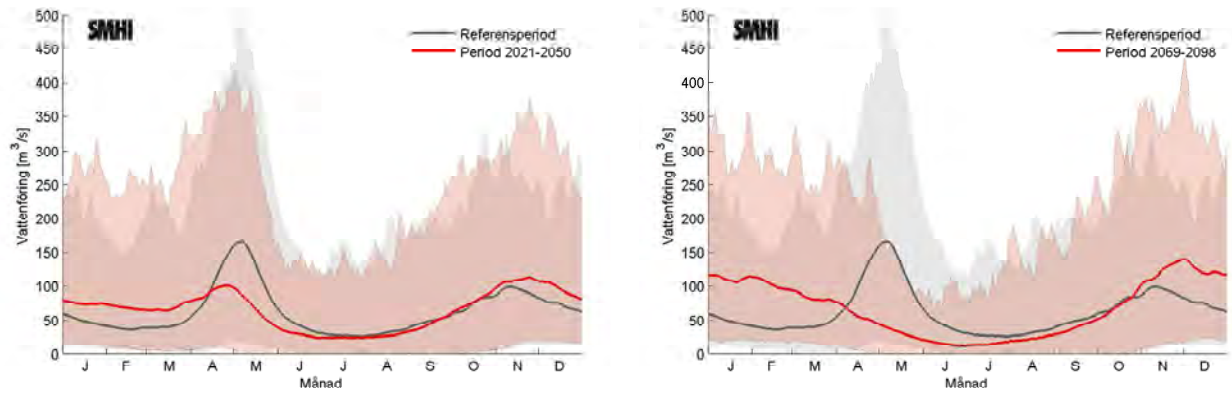
Figur 5-13. Säsongsvariation av beräknad daglig vattenföring vid Almbro för samtliga scenarier i Tabell 3-2. Svart kurva visar medelvattenföringen för varje dag på året under perioden 1963-1992 och det grå fältet visar 75 percentilen och 25 percentilen för varje dags maximala resp minimala värde under året. Den röda kurvan och det ljusröda fältet visar motsvarande för den beräknade framtida perioden, till vänster 2021-2050 och till höger 2069-2098.



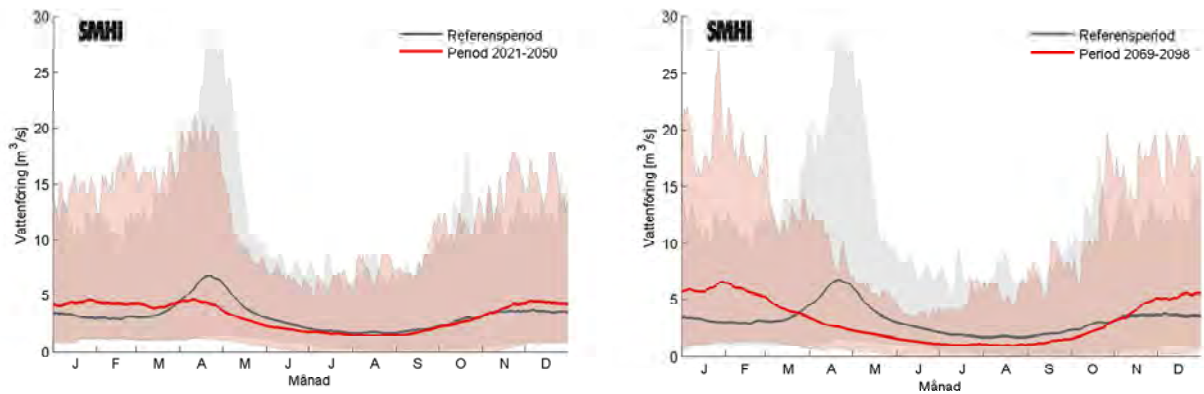
Figur 5-14. Säsongsvariation av beräknad daglig vattenföring för kraftstationen i Hynde vad i för samtliga scenarier i Tabell 3-2. Svart kurva visar medelvattenföringen för varje dag på året under perioden 1963-1992 och det grå fältet visar 75 percentilen och 25 percentilen för varje dags maximala resp minimala värde under året. Den röda kurvan och det ljusröda fältet visar motsvarande för den beräknade framtida perioden, till vänster 2021-2050 och till höger 2069-2098.



Figur 5-15. Säsongsvariation av beräknad daglig vattenföring för Brattforsens kraftstation för samtliga scenarier i Tabell 3-2. Svart kurva visar medelvattenföringen för varje dag på året under perioden 1963-1992 och det grå fältet visar 75 percentilen och 25 percentilen för varje dags maximala resp minimala värde under året. Den röda kurvan och det ljusröda fältet visar motsvarande för den beräknade framtida perioden, till vänster 2021-2050 och till höger 2069-2098.



Figur 5-16 Säsongsvariation av beräknad daglig vattenföring för kraftstationen i Gullspång för samtliga scenarier i Tabell 3-2. Svart kurva visar medelvattenföringen för varje dag på året under perioden 1963-1992 och det grå fältet visar 75 percentilen och 25 percentilen för varje dags maximala resp minimala värde under året. Den röda kurvan och det ljusröda fältet visar motsvarande för den beräknade framtida perioden, till vänster 2021-2050 och till höger 2069-2098.



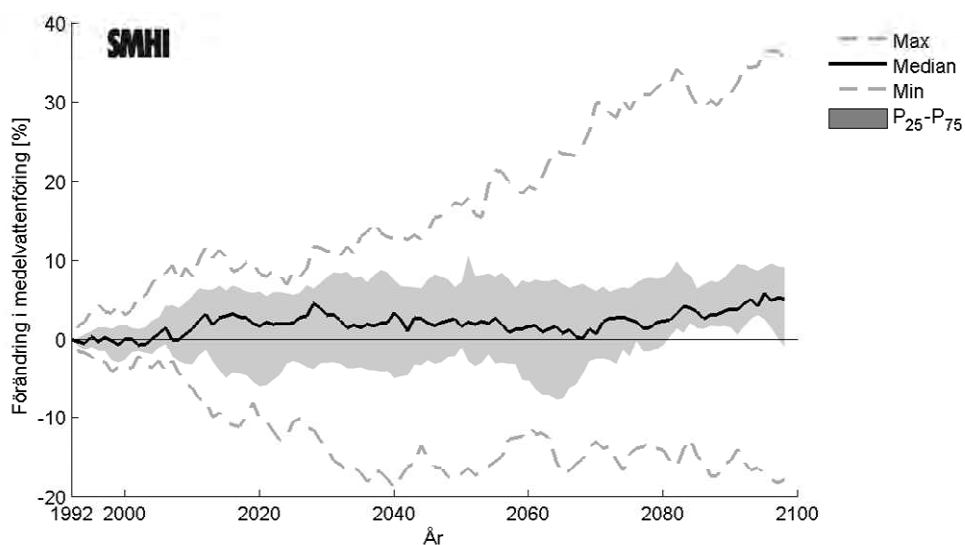
Figur 5-17 Säsongsvariation av beräknad daglig vattenföring för Högsjö kraftstation för samtliga scenarier i Tabell 3-2. Svart kurva visar medelvattenföringen för varje dag på året under perioden 1963-1992 och det grå fältet visar 75 percentilen och 25 percentilen för varje dags maximala resp minimala värde under året. Den röda kurvan och det ljusröda fältet visar motsvarande för den beräknade framtida perioden, till vänster 2021-2050 och till höger 2069-2098.

5.3.2 Medelvattenföring

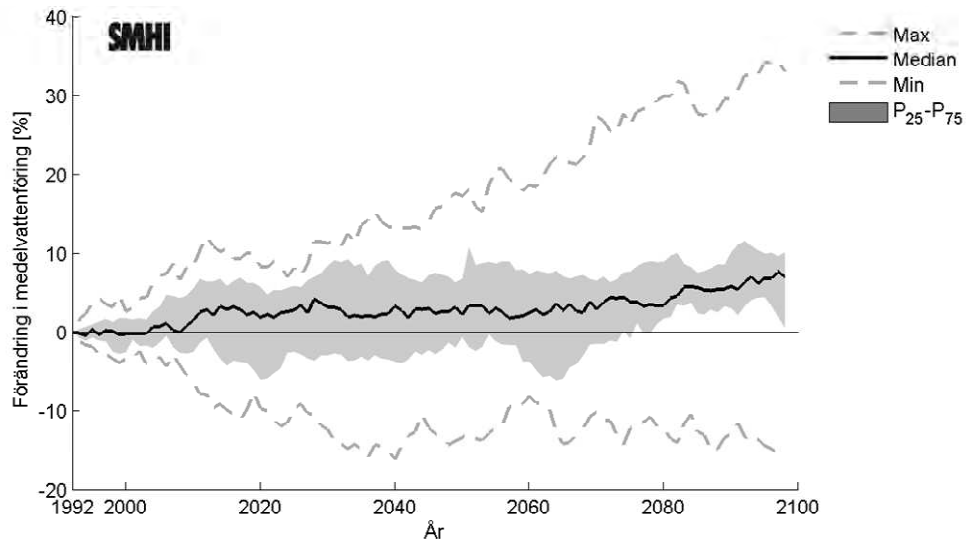
Analys av klimatpåverkad framtida medelvattenföring för vattendrag i Örebro län presenteras i följande avsnitt. Generellt väntas den sammantagna årsmedelvattenföring inte förändras i hög grad. Säsongsvis syns däremot en ökning vintertid och en minskning under våren, till följd av den förändrade flödesregimen under året.

Figur 5-18 till Figur 5-26 visar medianvärdet av förändringen av total medelvattenföring på årsbasis i utvalda vattendrag för samtliga klimatscenarier under detta sekel relativt referensperioden 1963-1992. I samma figurer visas även maxvärde, minvärde, 25:e percentilen och 75:e percentilen av samtliga scenariers medelvattenföring för samma perioder. I figurerna visas total vattenföring, d.v.s det vatten som tillkommer från uppströms avrinningsområden tillsammans med lokal tillrinning från respektive delavrinningsområde. Detta bildar vattenföringen i det sammanlagda avrinningsområdet utloppspunkt. Se Bilaga 2, Figur 3 till Figur 10, för redovisning av samtliga enskilda klimatscenarier.

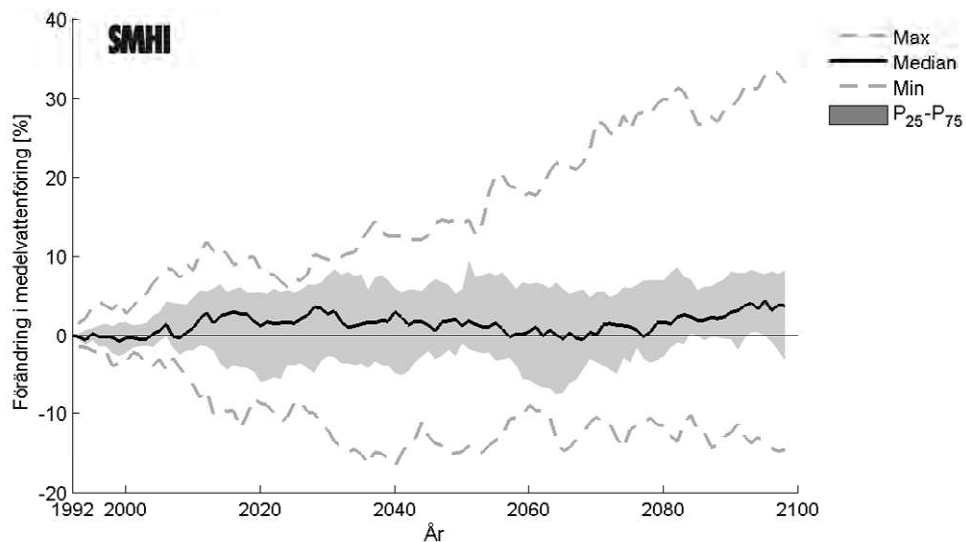
Medelvattenföring har beräknats för löpande 30-årsperioder efter tidsperioden 1963-1992 (d.v.s 1964-1993, 1965-1994, ..., 2069-2098). Detta har gjorts för samtliga klimatscenarier. Medelvattenföring beräknat för perioden 1963-1992 utgör referensvärdet med vilken beräknad medelvattenföring för övriga 30-årsperioder jämförs med. Förändringen uttrycks i procent. Resultaten pekar på att årsmedelvattenföringen inte förändras i någon större grad inom länet. Undantaget är medelvattenföringen i Hjälmarens utlopp i Hyndevad som minskar mot slutet av seklet. Detta resultat ligger i linje med tidigare utredningar (Bergström mfl, 2006), där denna effekt tillskrivits ökad sjöavdunstning som har en stark koppling till temperatur.



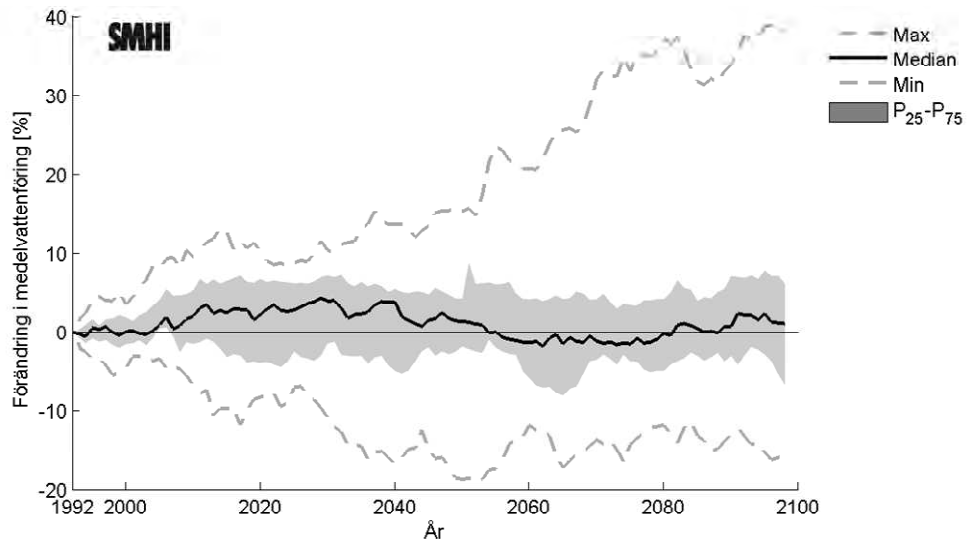
Figur 5-18. Beräknad förändring (%) av medelvattenföring för Arbogaåns mynning under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer. Beräknad medelvattenföring under referensperioden är $25 \text{ m}^3/\text{s}$



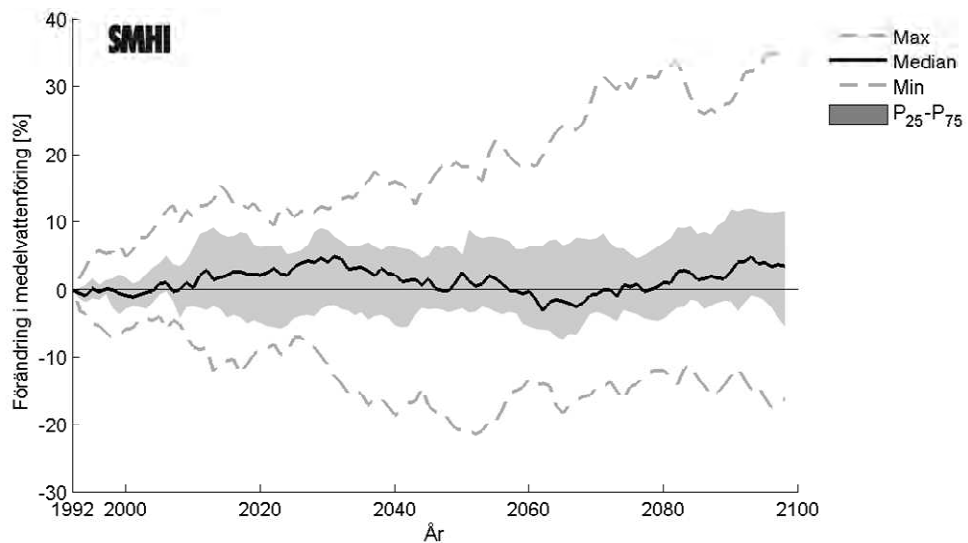
Figur 5-19. Beräknad förändring (%) av medelvattenföring för Dalkarhyttans kraftstation under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer. Uppmätt medelvattenföring under referensperioden är $15 \text{ m}^3/\text{s}$.



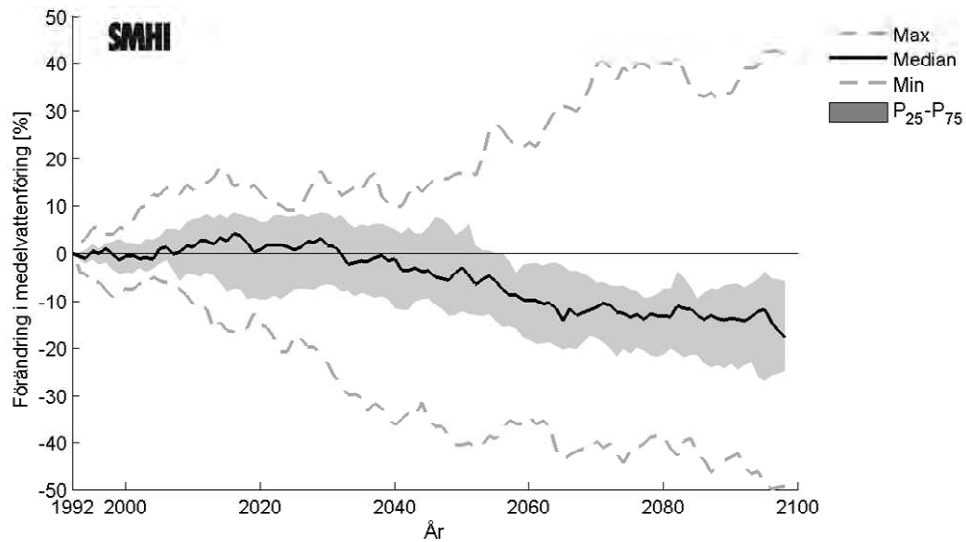
Figur 5-20. Beräknad förändring (%) av medelvattenföring för Hammarby kraftstation under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Enskilda scenarier (färgskala) samt medelvärde (svart linje). Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av löpande för samtliga scenarier. Uppmätt medelvattenföring under referensperioden är $11 \text{ m}^3/\text{s}$.



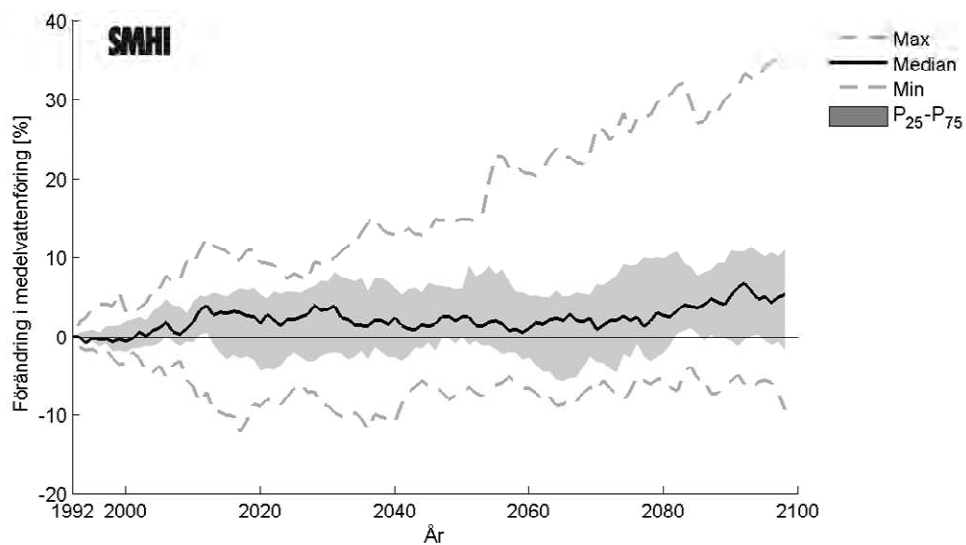
Figur 5-21. Beräknad förändring (%) av medelvattenföring för Karlslunds kraftstation perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer. Uppmätt medelvattenföring under referensperioden är $14 \text{ m}^3/\text{s}$.



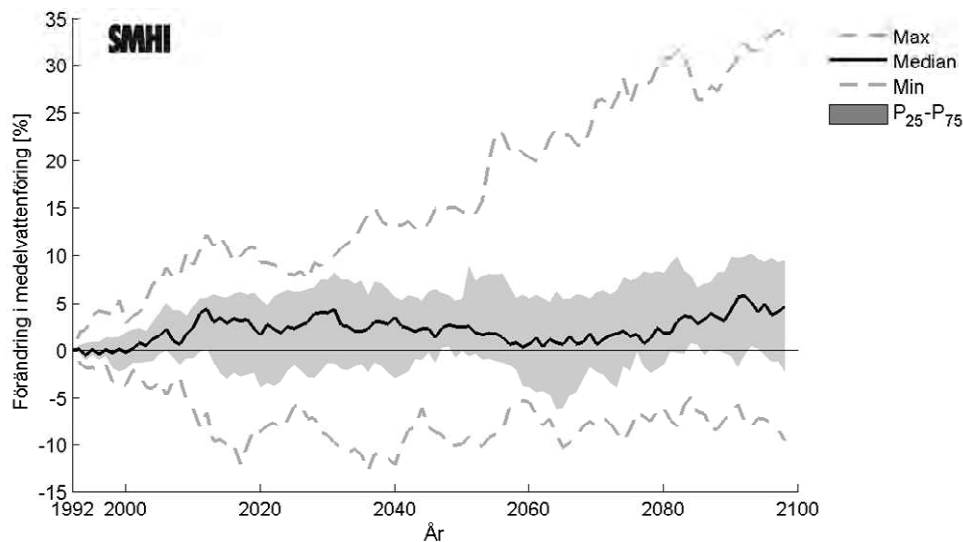
Figur 5-22. Beräknad förändring (%) av medelvattenföring för Almbro under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer. Uppmätt medelvattenföring under referensperioden är $4 \text{ m}^3/\text{s}$.



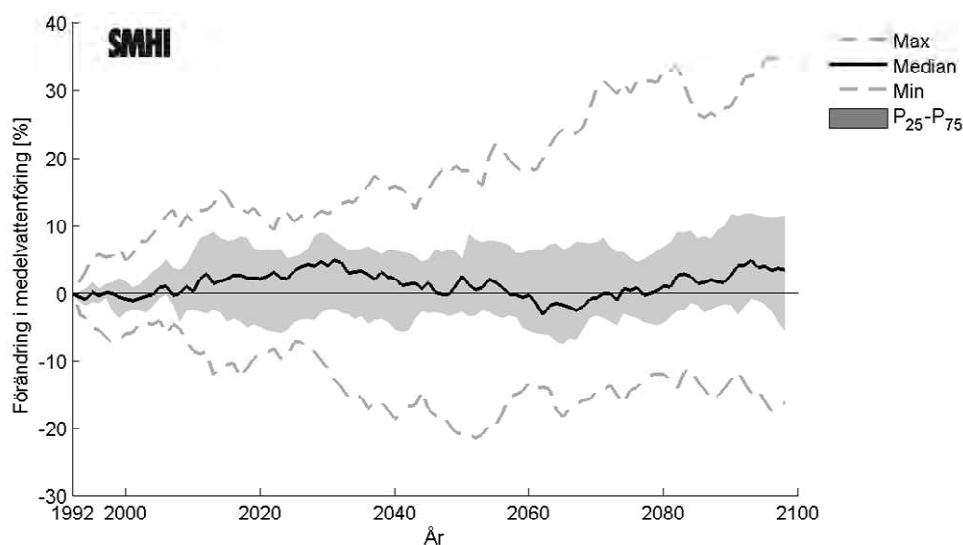
Figur 5-23. Beräknad förändring (%) av medelvattenföring för kraftstationen i Hyndevad under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer. Uppmätt medelvattenföring under referensperioden är $24 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figur 5-24. Beräknad förändring (%) av medelvattenföring för Brattforsens kraftstation under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer. Uppmätt medelvattenföring under referensperioden är $30 \text{ m}^3/\text{s}$.



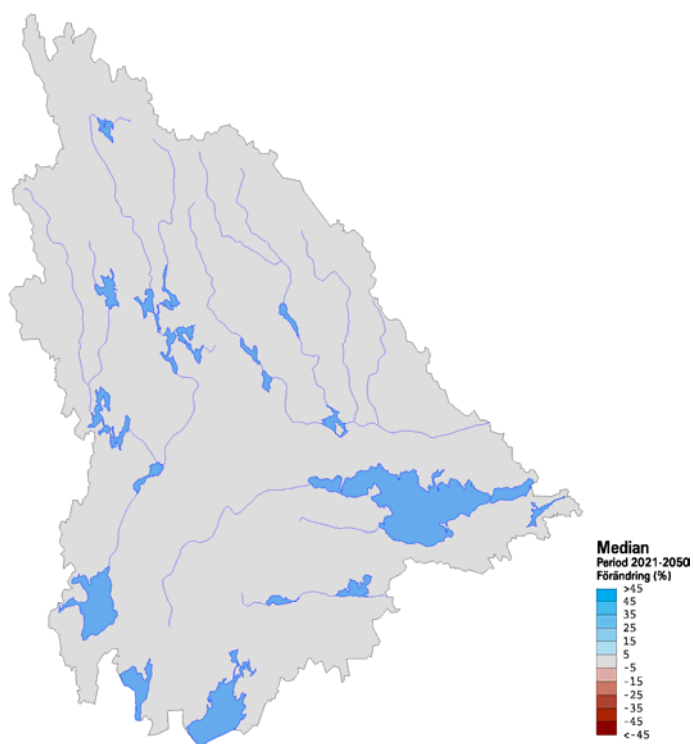
Figur 5-25. Beräknad förändring (%) av medelvattenföring för kraftstationen i Gullspång under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer. Uppmätt medelvattenföring under referensperioden är $62 \text{ m}^3/\text{s}$.



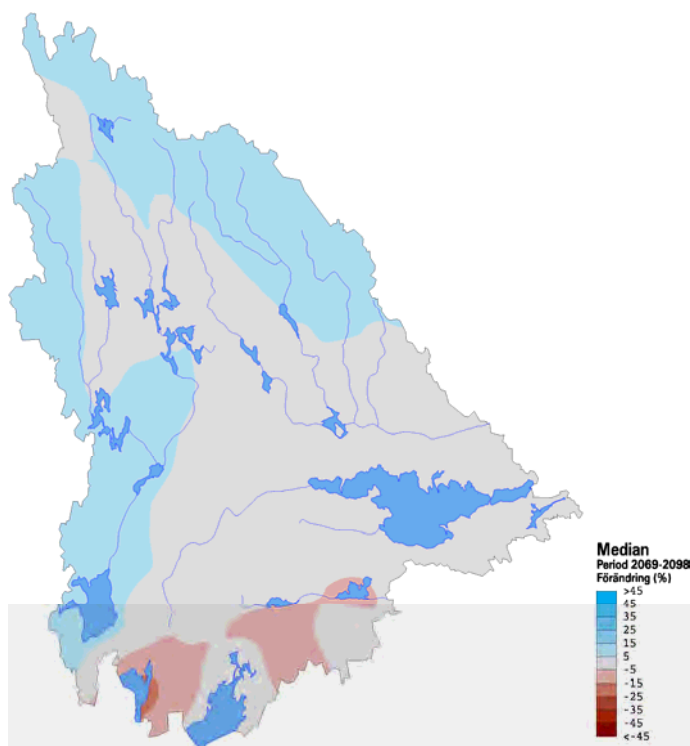
Figur 5-26. Beräknad förändring (%) av medelvattenföring för kraftstationen i Högsjö under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer. Uppmätt medelvattenföring under referensperioden är $3 \text{ m}^3/\text{s}$.

I Figur 5-27 och Figur 5-28 visas i kartform medianvärdet av förändringen av den lokala årvisa medeltillrinningen beräknat från samtliga klimatscenarier för perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098. I kartbilderna visas den lokala tillrinningen, det vill säga bara det bidrag av vatten som rinner från varje enskilt delavrinningsområde. Detta ger en bild av hur mindre vattendrag påverkas, vars vattenföring endast beror av lokala förhållanden.

För perioden 2021-2050 väntas ingen stor förändring av lokal tillrinning i länet som helhet. Mot slutet av seklet förekommer områden med både ökande och minskande lokal tillrinning, förändringarna är dock inte större än $\pm 15\%$.



Figur 5-27. Förändring i lokal medeltillrinning (%) under perioden 2021-2050 relativt referensperioden 1963-1992. Median av klimatscenarier enligt Tabell 3-2.

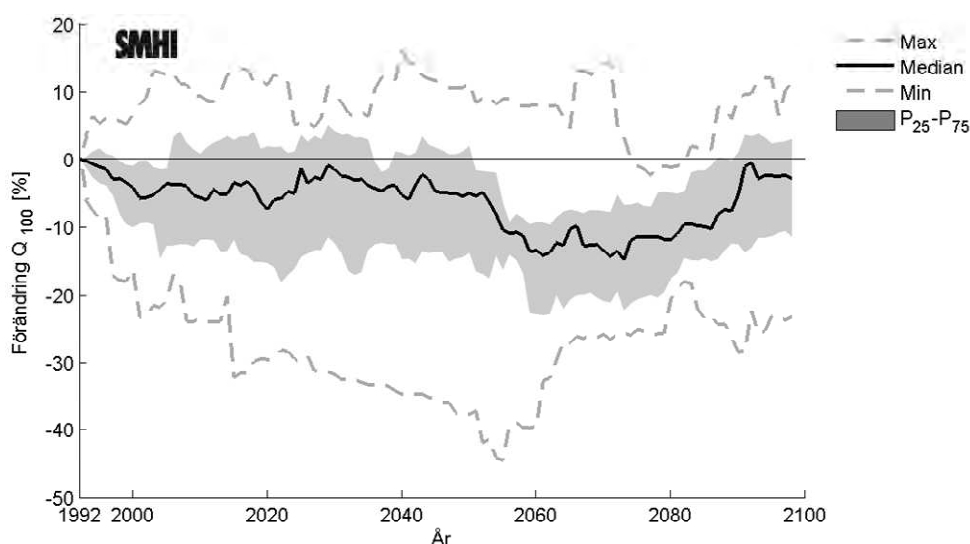


Figur 5-28. Förändring i lokal medeltillrinning (%) under perioden 2050-2098 relativt referensperioden 1963-1992. Median av klimatscenarier enligt Tabell 3 2 .

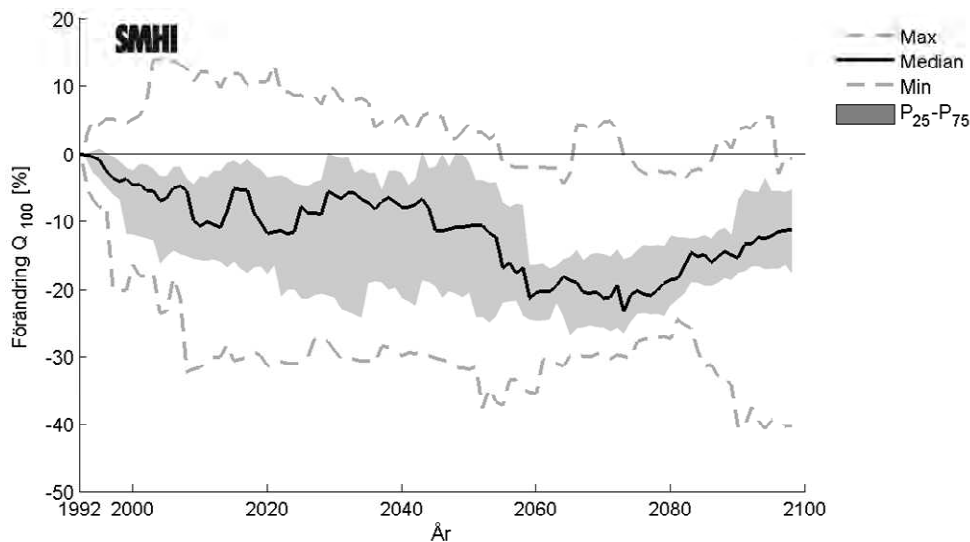
5.3.3 100-årsflöden

I Figur 5-29 till Figur 5-37 presenteras 100-årsflöden beräknade för utvalda vattendrag (Tabell 4-2). Beräkningarna är gjorda för *oreglerade* förhållanden på total vattenföring. Att total vattenföring är beräknad betyder att allt tillrinnande vatten från uppströms delavrinningsområden är inräknat. 100-årsflöden har beräknats för löpande 30-årsperioder efter tidsperioden 1963-1992 (d.v.s 1964-1993, 1965-1994, ..., 2069-2098). Detta har gjorts för samtliga klimatscenarier. 100-årsflödet beräknat för perioden 1963-1992 utgör referensvärdet med vilket beräknade 100-årsflöden för övriga 30-årsperioder jämförs med. Förändringen av storleken på 100-årsflöden uttrycks i procent. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer. Se Bilaga 3 för redovisning av enskilda klimatscenarier.

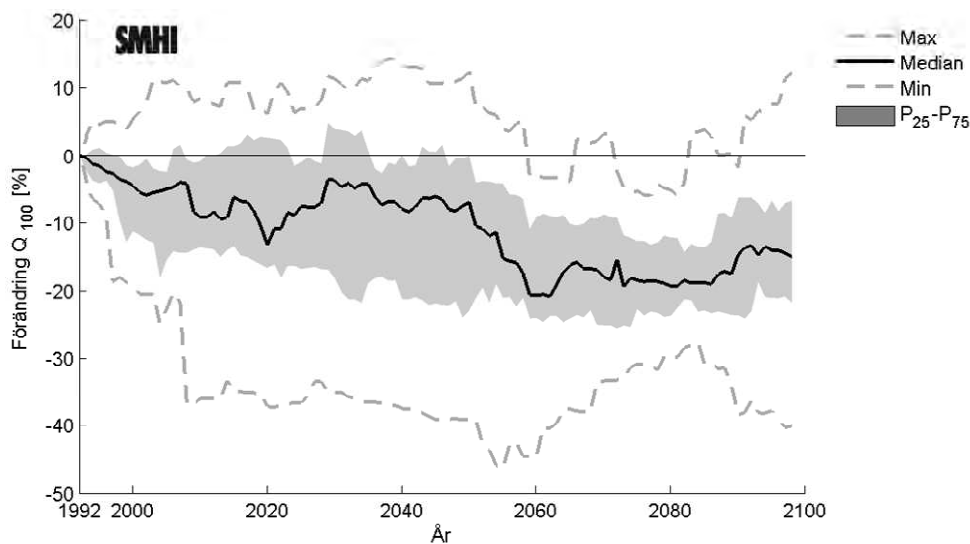
100-årsflödenas storlek har enligt klimatscenarierna för länets vattendrag generellt en oförändrad eller avtagande trend. För flertalet vattendrag väntas totala 100-årsflöden minska mot slutet av seklet. Detta gäller exempelvis för Arbogaån, Gullspångsälven. För Nyköpingsån, Täljeån, Svartån och Esklistunaån väntas det totala 100-årsflödet vara relativt oförändrat fram till slutet av detta sekel. Spridningen mellan beräkningarna är stor vilket syns i skillnaden mellan min- och maxvärde i figurerna.



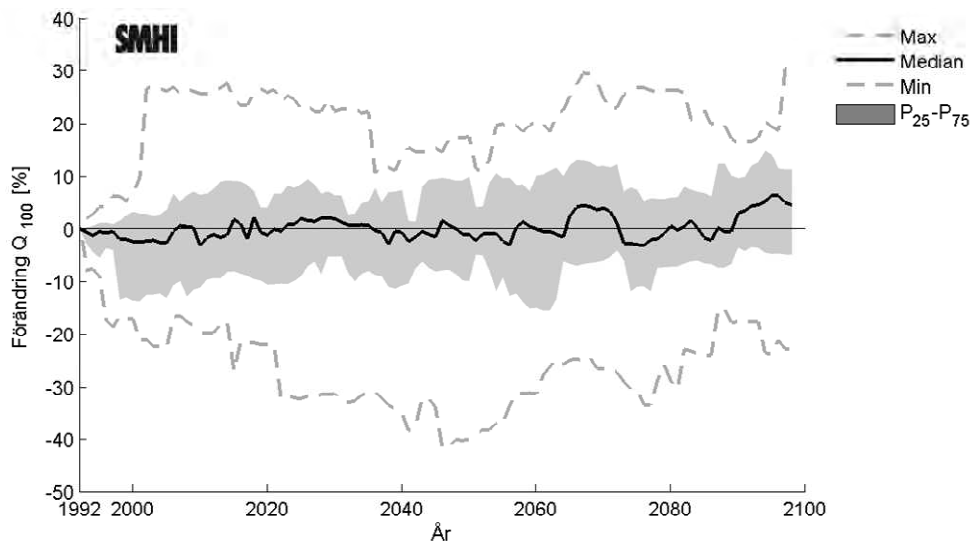
Figur 5-29. Beräknad förändring (%) av 100-årsflödet för Arbogaåns mynning under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer. För dagens förhållanden är hundraårsflödet beräknat till $125 \text{ m}^3/\text{s}$.



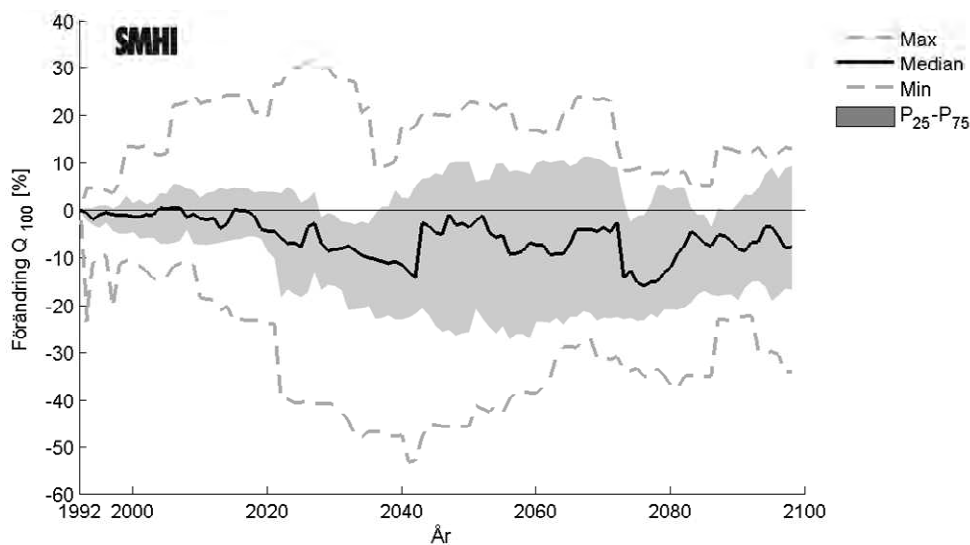
Figur 5-30. Beräknad förändring (%) av 100-årsflödet för Dalkarhyttans kraftstation under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer. För dagens förhållanden är hundraårsflödet beräknat till $120 \text{ m}^3/\text{s}$.



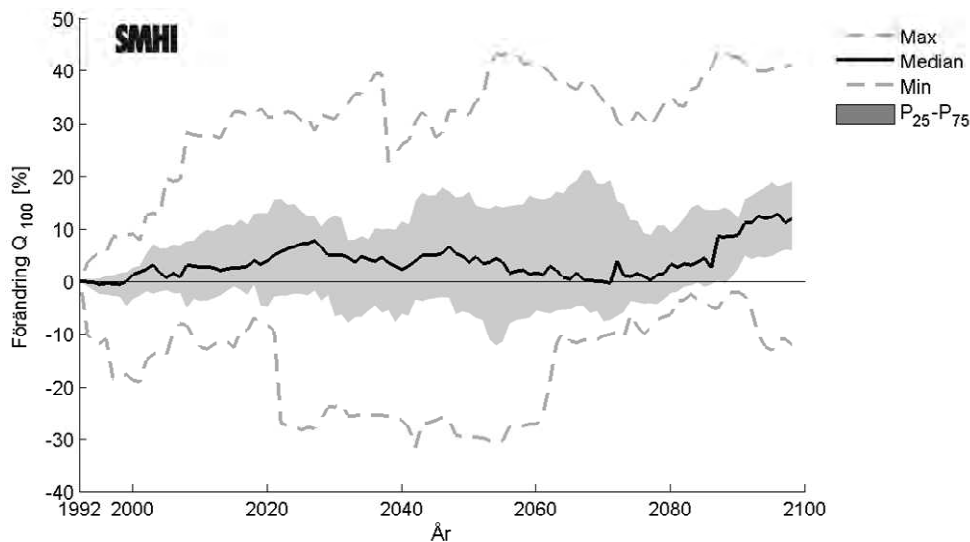
Figur 5-31. Beräknad förändring (%) av 100-årsflödet för Hammarby kraftstation under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Enskilda scenarier (färgskala) samt medelvärde (svart linje). Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av löpande 100-årsflödet för samtliga scenarier. För dagens förhållanden är hundraårsflödet beräknat till $90 \text{ m}^3/\text{s}$.



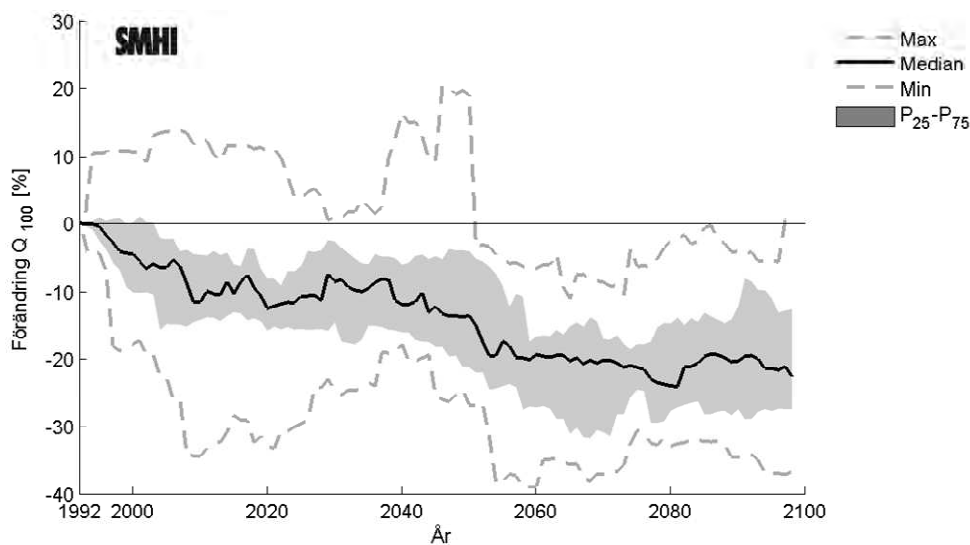
Figur 5-32. Beräknad förändring (%) av 100-årsflödet för Karlslunds kraftstation perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer. För dagens förhållanden är hundraårsflödet beräknat till $120 \text{ m}^3/\text{s}$.



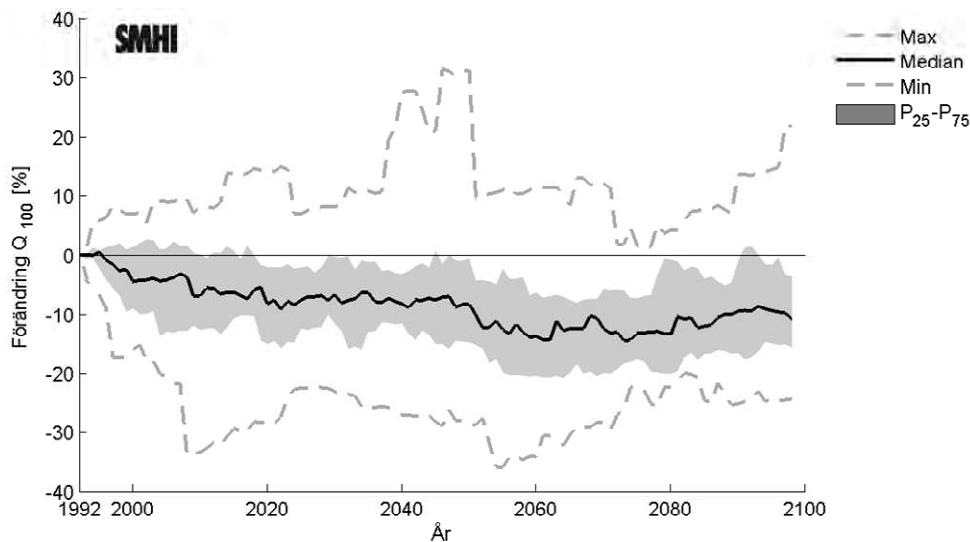
Figur 5-33. Beräknad förändring (%) av 100-årsflödet med en återkomsttid på 100 år för Almbro under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer. För dagens förhållanden är hundraårsflödet beräknat till $78 \text{ m}^3/\text{s}$.



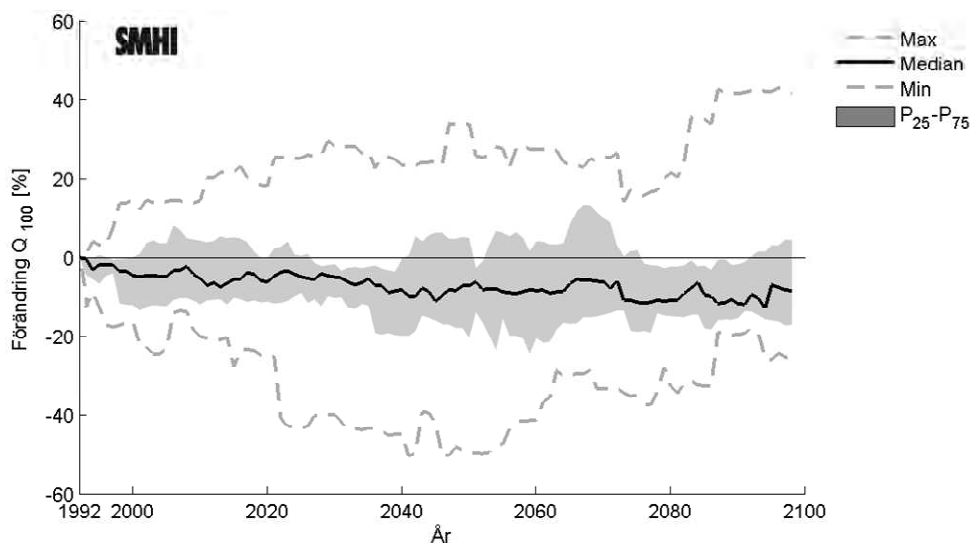
Figur 5-34. Beräknad förändring (%) av 100-årsflödet för kraftstationen i Hyndevad under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer. För dagens förhållanden är hundraårsflödet beräknat till $125 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figur 5-35. Beräknad förändring (%) av 100-årsflödet för Brattforsens kraftstation under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer. För dagens förhållanden är hundraårsflödet beräknat till $245 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figur 5-36. Beräknad förändring (%) av 100-årsflödet för kraftstationen i Gullspång under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer. För dagens förhållanden är hundraårsflödet beräknat till $440 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figur 5-37. Beräknad förändring (%) av 100-årsflödet för kraftstationen i Högsjö under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer. För dagens förhållanden är hundraårsflödet beräknat till $20 \text{ m}^3/\text{s}$.

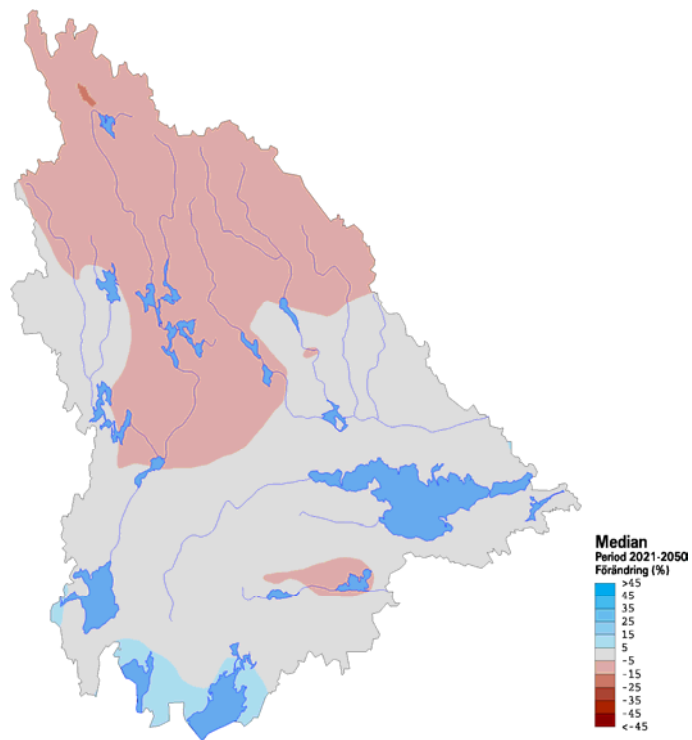
I Tabell 5-1 redovisas 100-årsflöde för framtida perioder beräknats genom att kombinera dagens 100-årsflöden (Tabell 4-2) med de förändringar som renderats med hjälp av klimatscenarier i den hydrologiska modellen. Vattenföring redovisas som ett intervall mellan 25:e och 75:e percentilen uttryckt i m^3/s . Inom detta intervall återfinns 50% av klimatsimuleringarna.

Tabell 5-1. Beräknat framtida 100-årsflöde.

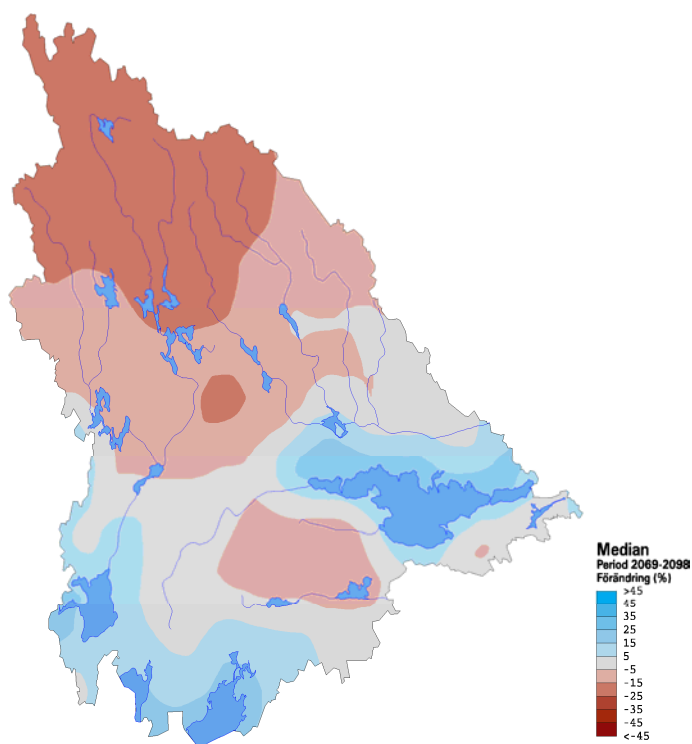
Punkt	Vattendrag	Nuvarande 100-årsflöde [m ³ /s]	Framtida 100-årsflöde*	
			År 2050	År 2100
Mynning i Mälaren	Arbogaån	125	110-130	110-130
Dalkarlslyttans kraftstation	Arbogaån	120	95-120	100-115
Hammarby kraftstation	Arbogaån	90	65-90	70-85
Karlslunds kraftstation	Svartån	120	110-130	115-135
Almbro	Täljeån	78	60-85	65-85
Kraftstationen i Hyndevad	Eskilstunaån	125	120-145	135-150
Brattforsens kraftstation	Gullspångsälven (Svartälven)	245	190-235	180-215
Kraftstationen i Gullspång	Gullspångsälven	440	380-440	395-430
Högsjö kraftstation	Nyköpingsån	20	15-20	15-20

*Intervallet ges av 25:e och 75:e percentilen från ensemblen av klimatscenarier enligt Tabell 3-2

I Figur 5-38 och Figur 5-39 visas medianen av förändringen av lokal 100-årstillrinning bland samtliga klimatscenarier för perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098. I kartbilderna visas den lokala tillrinningen, det vill säga bara det bidrag av vatten som rinner från varje enskilt delavrinningsområde. Detta ger en bild av hur mindre vattendrag påverkas, vars vattenföring endast beror av lokala förhållanden. Den totala tillrinningen (vattenföringen), där hela flödesbidraget från uppströms avrinningsområden är medtagen, visas i graferna för säsongsvariation, medelvattenföring och 100-årsflöde.



Figur 5-38. Förändring av lokal 100-årstillrinning för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Median av klimatscenarier enligt Tabell 3-2 .



Figur 5-39. Förändring av 100-årstillrinning för perioden 2069-2098 jämfört med referensperioden 1963-1992. Median av klimatscenarier enligt Tabell 3-2 .

Resultaten pekar på minskande extremflöden i de norra delarna av Gullspångsälvens, Svartälvens, Dyltaåns och Arbogaåns avrinningsområden. I området kring Hjälmaran, Vänern och Vättern tyder resultaten istället på oförändrade eller ökande extremflöden i små vattendrag.

5.4 Översvämning kring sjöar och vattendrag

Höga vattenstånd i sjöar och vattendrag kan uppkomma till följd av flera olika faktorer, se Avsnitt 4.5. Klimatet och den hydrologiska regimen är en viktig faktor och analyser av klimatscenarier presenteras i föregående stycken (Avsnitt 5.3.1-5.3.3). Höga vattenföringar medför ofta fler och allvarigare översvämningar än medelhöga flöden även om somliga områden även kan översvämmas vid relativt vanligt förekommande situationer. Analysen av klimatscenarier för vattenföring med hundra års återkomsttid ger en bild av hur extremvattenförings storlek kan förändras. Resultaten kan tolkas tillsammans med befintligt material, t.ex. MSBs (fd Räddningsverkets) översiktliga översvämningsskarteringar för att bedöma om det är troligt att större eller mindre områden än vad som skarterats i befintligt material påverkas, under förutsättning att övriga förhållanden är oförändrade. Trender mot ökande hundraårsflöden indikerar att större områden kan påverkas än vad som översvämningsskarterats för nuvarande förhållanden. Trender mot minskande storlek på hundraårsflöden kan på motsvarande sätt peka på att mindre områden påverkas. Inom ramen för detta uppdrag har inga nya hydrauliska beräkningar (egentligen beräkning av vattennivåer) utförts för de framtida 100-årsflöden som presenteras i Avsnitt 5.3.

I praktiken påverkas vattennivån i sjöar och vattendrag även av infrastruktur såsom broar och dammanläggningar som på ett avgörande sätt kan påverka vattennivåer lokalt. Översvämningsskarteringar kan i vissa fall minskas genom att infrastruktur moderniseras och dimensioneras för att undvika dämningseffekter. Utredningar som beskriver och skarterar översvämningssytor påverkas utöver de faktorer som nämnts ovan även av kvalitén i höjddata som beskriver markytan. Inom detta område pågår för närvarande en snabb utveckling (Se avsnitt 4.5), vilket ger förutsättningar för översvämningsskarteringar av hög kvalitet.

6 Diskussion och slutsatser

I föreliggande rapport redovisas en stor mängd data och beräkningar som syftar till att översiktligt beskriva klimatförhållandena i Örebro län under dagens klimat samt scenarier för framtiden. Arbetet är baserat på observationer och analyser från SMHI samt klimatscenarier från den internationella klimatforskningen. Beräkningar av framtida klimat sträcker sig i första hand fram till år 2100.

För att ge en bild av de osäkerheter som råder om framtidens klimat har ett antal klimatscenarier utnyttjats i arbetet. Detta urval är baserat på vad som varit tillgängligt vid SMHIs forskningsavdelning när rapporten skrevs. Scenarierna representerar en god bredd av den internationella forskningens resultat och är betydligt mer omfattande än det begränsade antal scenarier som fanns tillgängliga när Klimat- och sårbarhetsutredningen lade fram sitt slutbetänkande hösten 2007. Den stora spridningen mellan olika klimatmodeller ger en mer nyanserad bild än vad som tidigare varit fallet. Beräkningarna visar exempelvis att vi inte kan utesluta att det inträffar kalla vintrar åtminstone under en kommande 30-års period. Man bör vara medveten om att klimatforskning är ett område under utveckling samt nya resultat succesivt presenteras. 2008 tillsattes *Kommittén för dimensionerande flöden för dammar i ett klimatförändringsperspektiv* med representanter från myndigheter, vattenkraftbranschen samt gruvindustrin för att utarbeta rekommendationer rörande metodik för klimatanpassning.

Följande huvuddrag framgår av föreliggande klimatanalyser

- Årsmedeltemperaturen ökar enligt klimatscenarierna under det innevarande seklet, men spridningen mellan olika klimatscenarier är stor. Temperaturökningen är störst under vinterperioden men framträder under alla årstider. Förändringen av årsmedeltemperaturen ligger i medeltal på ca 4-5 °C mot slutet av seklet.
- Årsmedelnederbörden ökar enligt klimatscenarierna under det innevarande seklet, men spridningen mellan olika klimatscenarier är stor. Nederbörden väntas öka mest under vinterperioden. Förändringen av årsmedelnederbörden förväntas öka med i medeltal 10-20 % mot slutet av seklet.

- Vattenföringens säsongsvariation förändras enligt klimatscenerierna i riktning mot en flödesregim med högre flöden under höst och vinter. Vårflodens storlek tenderar att minska. Lokalt kan vattenbrist uppstå under torra somrar.
- Medelvattenföringen förändras inte nämnvärt i merparten av de vattendrag som rinner genom länet. Hjälmarens påverkas av ökad sjöavdunstning vilket i framtiden kan medföra lägre medelvattenföring i Eskilstunaån, Hjälmarens huvudsakliga utlopp.
- 100-årsflödet minskar i de norra delarna av Gullspångsälvens, Svartälvens, Dyltaåns och Arbogaåns avrinningsområden. I området kring Hjälmarens, Vätern och Vättern tyder resultaten istället på oförändrade eller ökande 100-årsflöden i små vattendrag.

Olika väderhändelser genererar höga flöden i olika typer av vattendrag. Mindre vattendrag når ofta sina högsta flöden till följd av intensiv nederbörd och i ett framtida klimat med väsentligt fler skyfall kan extremvattenföringen i mindre vattendrag öka. För stora och medelstora vattendrag med källområden i bergslagen är vårfloden den dominerande hydrologiska händelsen i dagens klimat. Om ett framtida klimat är väsentligt varmare än idag och förutsättningarna för stora mängder snö är mindre följer att även vårflodens storlek minskar i dessa vattendrag. I stora sjörika vattendrag dämpas i regel lokala händelser såsom skyfall, extremvattenföringen påverkas istället främst av långvariga väderfenomen såsom snösmältning och stora nederbördsområden.

Medelvattenföring under lång tid beskriver balansen mellan nederbörd och avdunstning. Flertalet analyserade klimatscenerier visar på både ökad temperatur och nederbörd. Nederbördsanalysen pekar på att förändringen av nederbörd *procentuellt sett* är relativt likartad över Örebro län. I *absoluta tal* (mm) blir således nederbördsförändringen större i bergslagen där nederbörden även idag är högre än länet i övrigt. Enligt merparten klimatscenerier förändras medeltemperaturen likartat över länet, och de temperaturskillnader som finns idag inom länet kan förväntas kvarstå. Bergslagen kommer även i ett generellt sett varmare klimat vara något svalare än länet i övrigt. Den generellt högre temperaturen som merparten av klimatscenerierna pekar på medför även förutsättning ar för ökad avdunstning. I områden där ökningen i nederbörd är större än ökningen i avdunstningen ökar medelvattenföringen, exempelvis i länets norra delar. På samma sätt finns områden där ökningen i nederbörd är mindre än den ökade avdunstningen vilket medför mindre medelvattenföringen såsom exempelvis länets södra delar. Speciellt gäller detta stora sjöar från vilka stora mängder vatten kan avdunsta.

7 Referenser

Alexandersson, H. och Vedin, H. (2004). Extrem nederbörd 1900-2001, SMHI Faktablad nr 4.

Andréasson, J., Bergström, S. och Gardelin, M. (2009) Dimensionerande flöden för dammanläggningar för ett klimat i förändring - Scenarier i ett 50-årsperspektiv. Delrapport från SMHI till Elforsk, november 2009

Bergström, S. (1993) Sveriges hydrologi –grundläggande hydrologiska förhållanden. SMHI/Svenska Hydrologiska Rådet, maj 1993

Bergström, S., Hellström, S-S. och Andréasson, J. (2006). *Nivåer och flöden i Väterns och Mälarens vattensystem – Hydrologiskt underlag till Klimat- och sårbarhetsutredningen*. SMHI Reports Hydrology No 20

Brandt, S.A., 2005. Översvämningsmodellering i GIS: Betydelse av höjdmodellers upplösning applicerat på Eskilstunaån – ett delprojekt i KRIS-GIS®. FoU-rapport Nr 27, Högskolan i Gävle, 28 s.

Hernebring, C., (2006). 10 års-regnets återkomst, förr och nu, regndata för dimensionering/kontrollberäkning av VA-system i tätorter. VA-forsk rapport 2006-04.

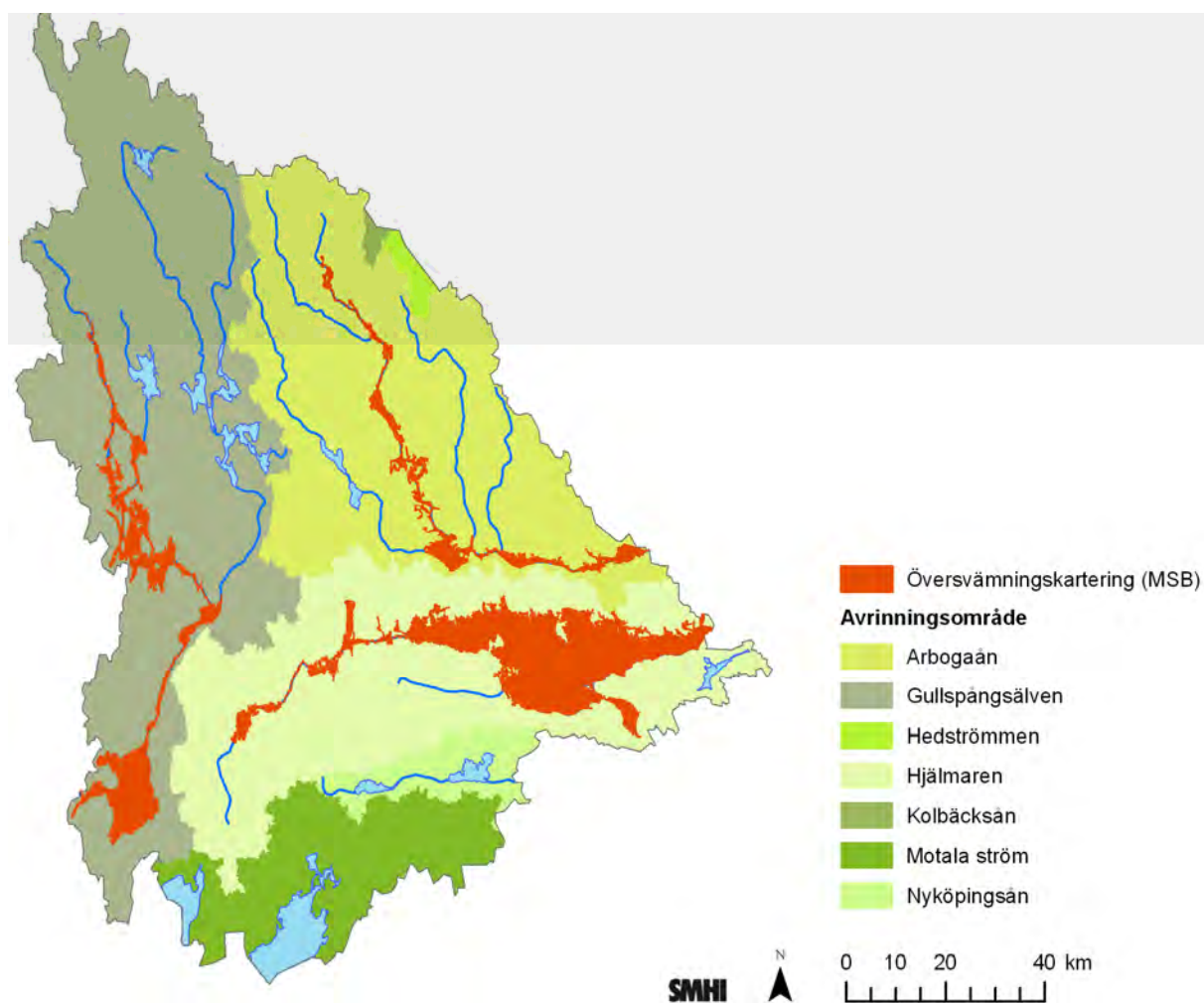
- Hernebring, C., (2008). När regnet kommer. Effektivare utnyttjande av kommunernas nederbördsinformation. Svenskt Vatten utveckling rapport 2008-17.
- Johansson, B. (2000) Areal precipitation and temperature in the Swedish mountains. An evaluation from a hydrological perspective. *Nordic Hydrology*, 31, 207-228.
- Johansson, B. and Chen, D. (2003) The influence of wind and topography on precipitation distribution in Sweden: Statistical analysis and modelling. *International Journal of Climatology*, 23, 1523-1535.
- Johansson, B. and Chen, D. 2005 Estimation of areal precipitation for runoff modelling using wind data: a case study in Sweden. *Climate Research*, 29, 53-61.
- Lindström, G., Johansson, B., Persson, M., Gardelin, M. och Bergström, S. (1997) Development and test of the distributed HBV-96 model. *Journal of Hydrology*, 201, 272-288.
- Nakićenović, N. m.fl. (2000). IPCC Special Report on Emission Scenarios. Cambridge Univ. Press, 599 pp.
- Räddningsverket (1999). Översiktlig översvämningskartering längs Arbogaån sträckan Ställdalen till Mälaren. SRV D-nr 249-276-1999.
- Räddningsverket (2001). Översiktlig översvämningskartering längs Svartån-Hjälmare-Eskilstunaån – sträckan sjön Toften till Mälaren. SRV D-nr 249-1060-2000
- Räddningsverket (2002a). Översiktlig översvämningskartering längs Gullspångsälven och Svartälven Sträckan Nordmarksälven från Nordmark till Knappforsen samt Prästbäckens gren till Storforsälven, sträckan Timsälven, Letälven och Gullspångsälven till Vätern Sträckan Svartälven genom Karlskoga. SRV D-nr 249-3233-2002
- Räddningsverket (2002b). Översiktlig översvämningskartering längs Nyköpingsån sträckan från Högsjö till mynningen. SRV D-nr 249-4364-2001
- Yang, W., Andréasson, J., Graham, L.P., Olsson, J., Rosberg, J and Wetterhall, F. (2010) Distribution based scaling to improve usability of RCM projections for hydrological climate change impacts studies. *Hydrology Research*, 41.3-4, 211-229.
- Samuelsson, P., Jones, C., Willén, U., Ullerstig, A., Gollvik, S., Hansson, U., Jansson, C., Kjellström, E., Nikulin, G. and Wyser, C. (2011) The Rossby Centre Regional Climate model RCA3: model description and performance. *Tellus* 63A, 4-23.
- SMHI (2004) Hydrologiska förhållanden extremåren 1977, 2000 och 2002 i Svartån/Eskilstunaån och Arbogaån, Rapport 2004-46, Dnr 2004/1479/204.
- SOU (2006) Översvämningshot. Risker och åtgärder för Mälaren, Hjälmaren och Vätern. Delbetänkande av Klimat- och sårbarhetsutredningen, SOU 2006:94. Stockholm.
- SOU (2007a). *Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter*. Slutbetänkande av Klimat- och sårbarhetsutredningen. SOU 2007:60, Stockholm.
- SOU (2007b) Översiktlig sårbarhetsanalys för översvämnings, skred, ras och erosion i bebyggd miljö i ett framtida klimat. Klimat- och sårbarhetsutredningen SOU 2007:60, bilaga B14
- Svensk Energi, Svenska Kraftnät och SveMin (2007) *Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar – Nyutgåva 2007*.
- van der Linden P., och J.F.B. Mitchell (eds.) (2009) ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK. 160pp.
- Wern, L. och German, J. (2009). Korttidsnederbörd i Sverige 1995 – 2008 METEOROLOGI Nr 139

Hemsidor

www.lantmateriet.se (2010) Ny nationell höjdmodell

www.smhi.se (2010) Flödesstatistik för Sveriges vattendrag

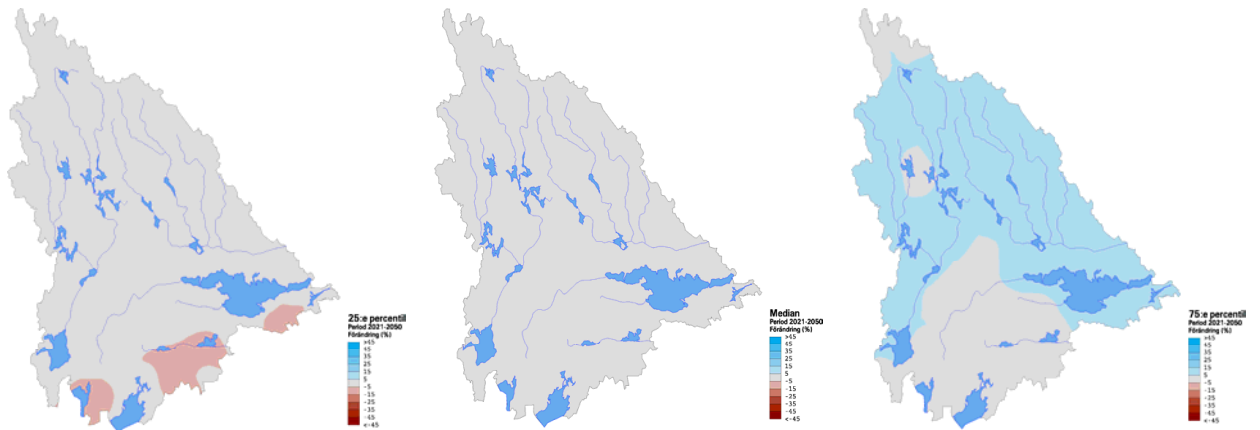
Bilaga 1



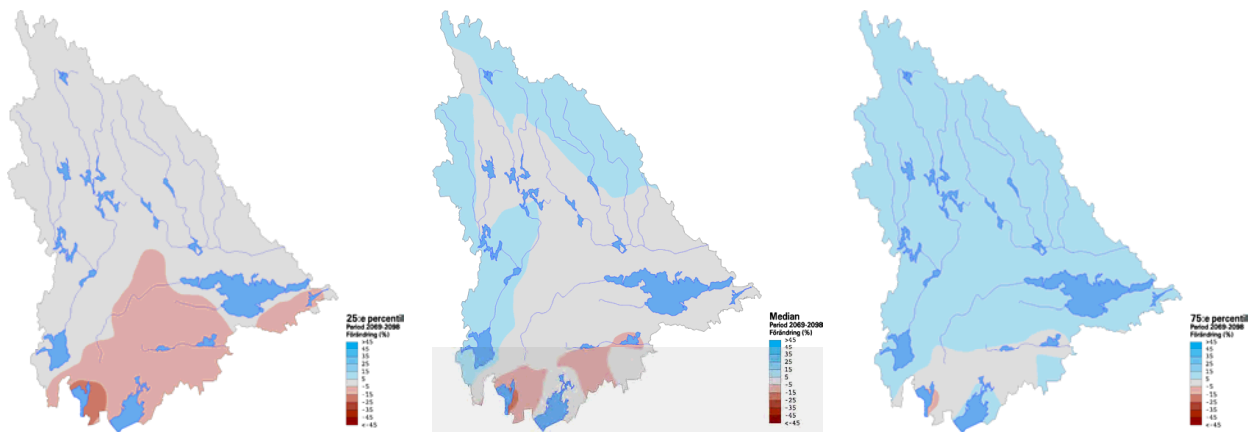
Figur 1. Avrinningsområden för huvudvattendrag samt översiktliga översvämningskarteringar som utförts av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB (fd Räddningsverket).

Bilaga 2

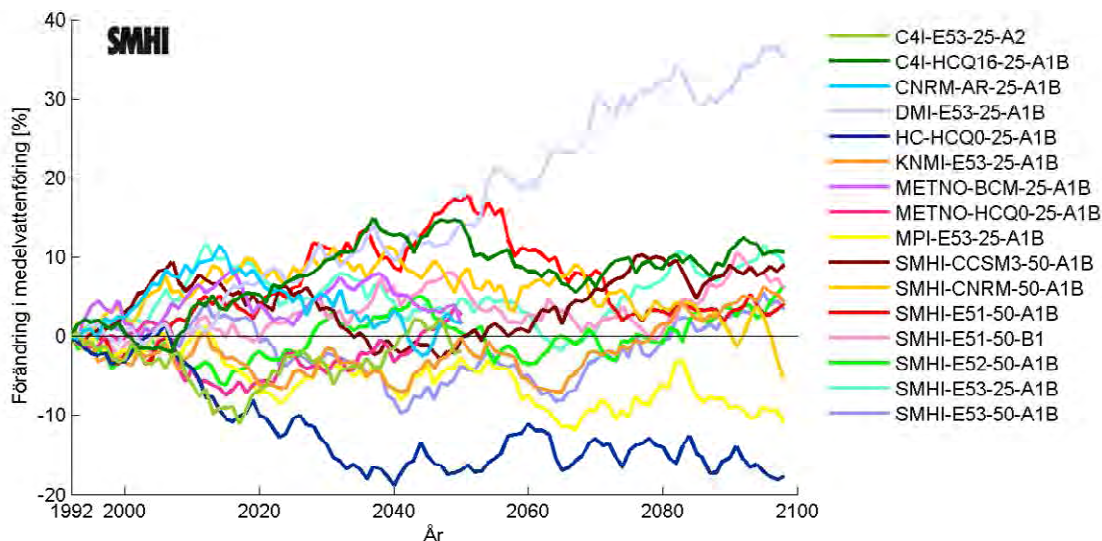
Medelvattenföring



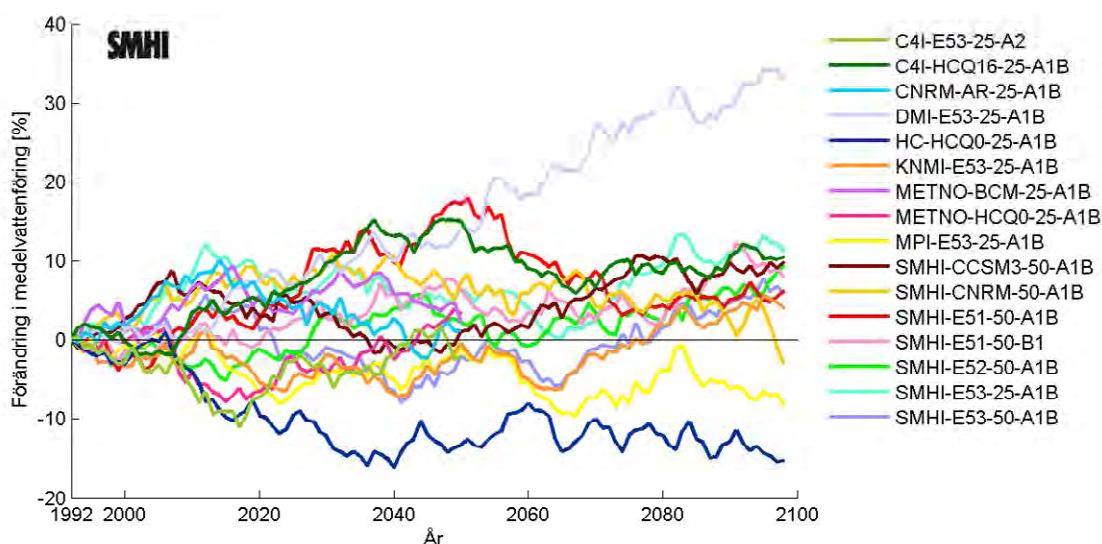
Figur 1. Beräknad förändring av lokal medeltillrinning under perioden 2021-2050.



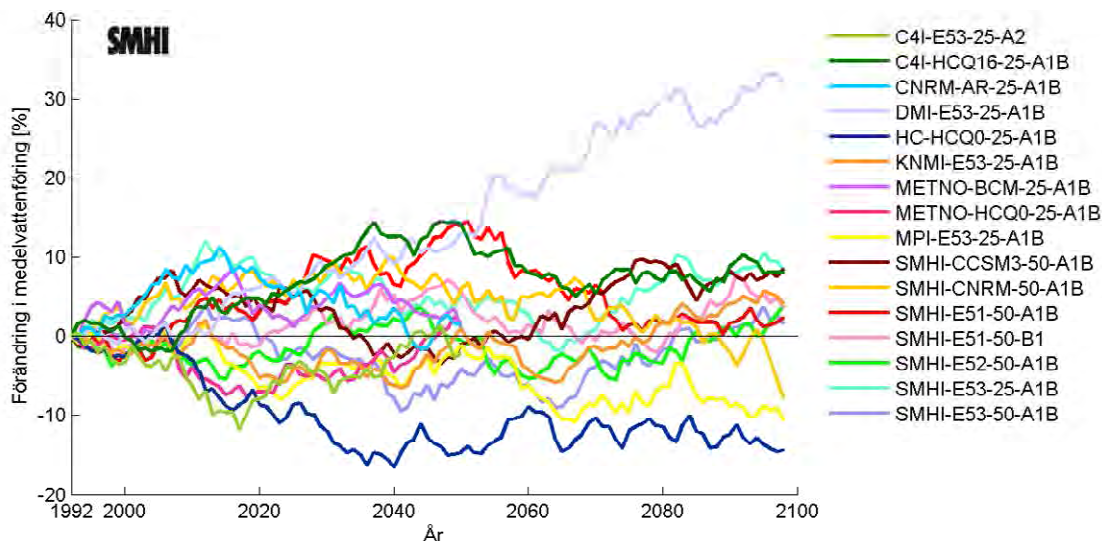
Figur 2. Beräknad förändring av lokal medeltillrinning under perioden 2069-2098.



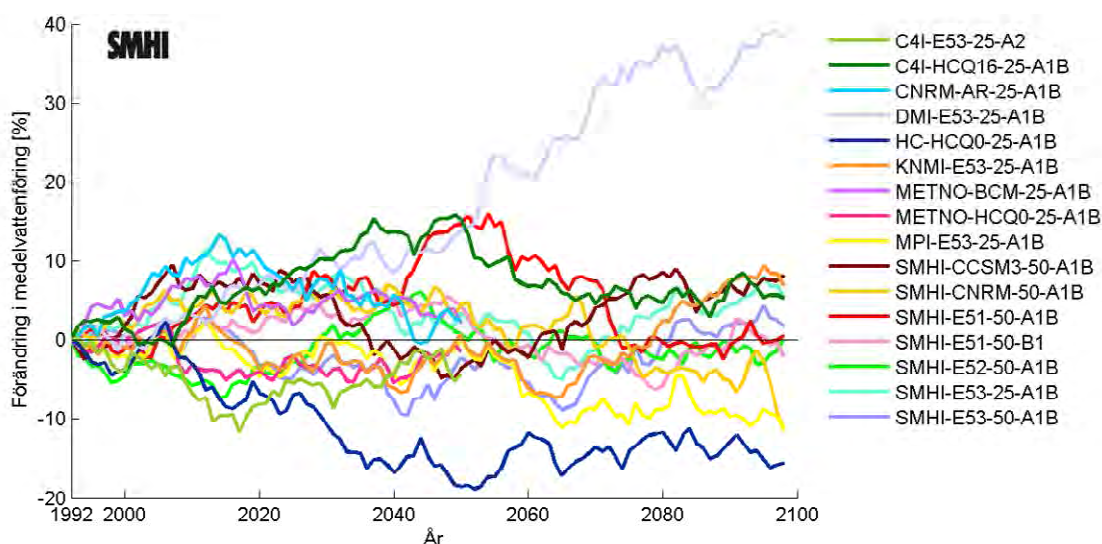
Figur 3. Beräknad förändring (%) av medelvattenföring för Arbogaåns mynning under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Beräknad medelvattenföring under referensperioden är 25 m³/s



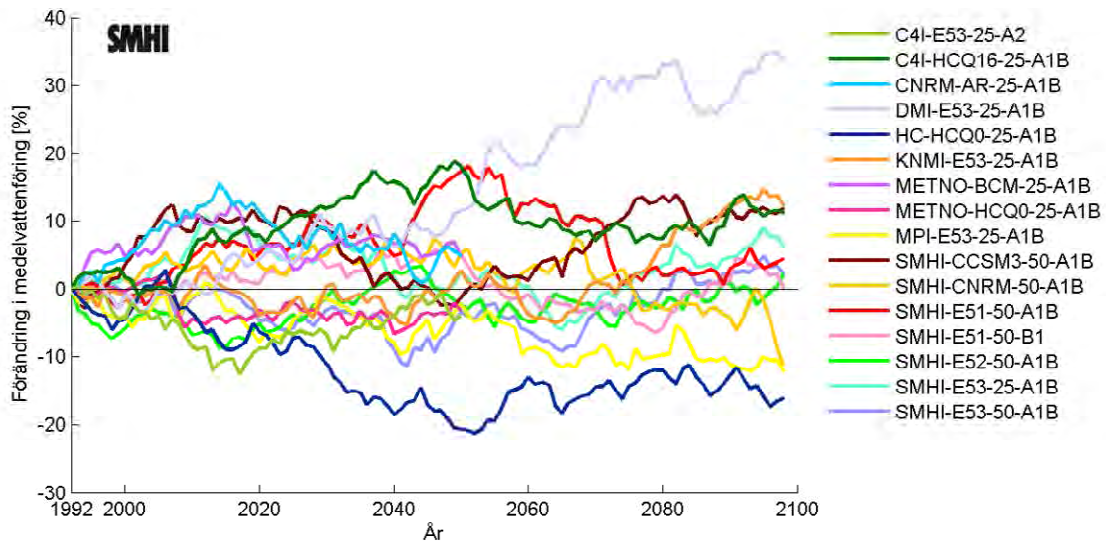
Figur 4.. Beräknad förändring (%) av medelvattenföring för Dalkarlhyttans kraftstation under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Uppmätt medelvattenföring under referensperioden är 15 m³/s.



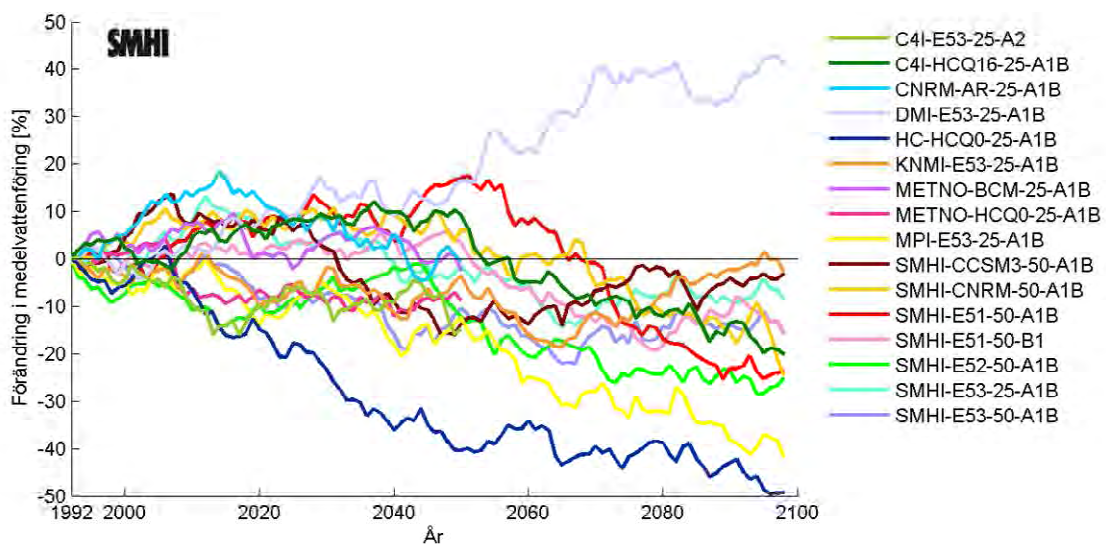
Figur 5. Beräknad förändring (%) av medelvattenföring för Hammarby kraftstation under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Uppmätt medelvattenföring under referensperioden är $11 \text{ m}^3/\text{s}$.



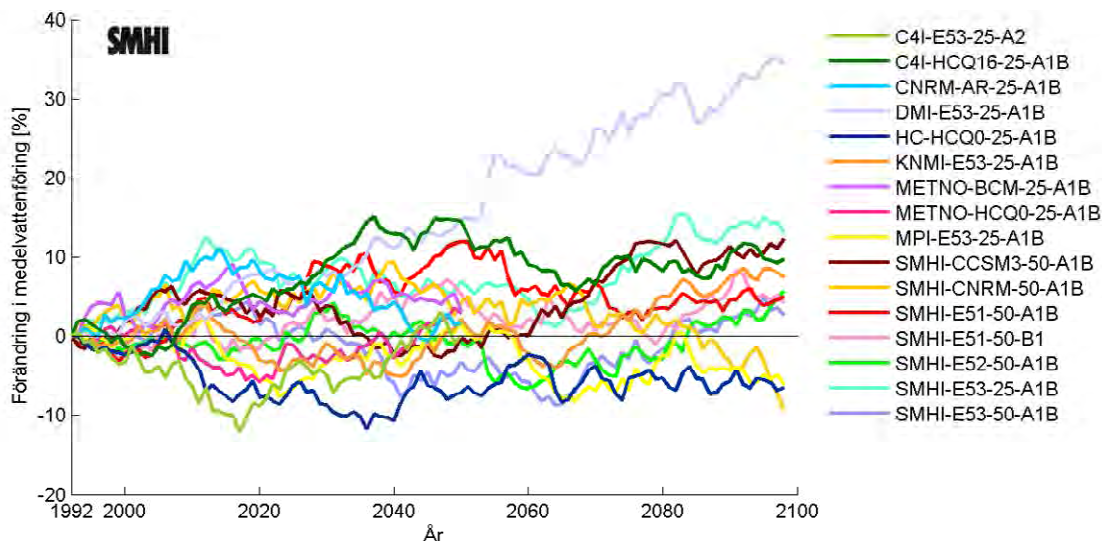
Figur 6. Beräknad förändring (%) av medelvattenföring för Karlslunds kraftstation perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Uppmätt medelvattenföring under referensperioden är $14 \text{ m}^3/\text{s}$.



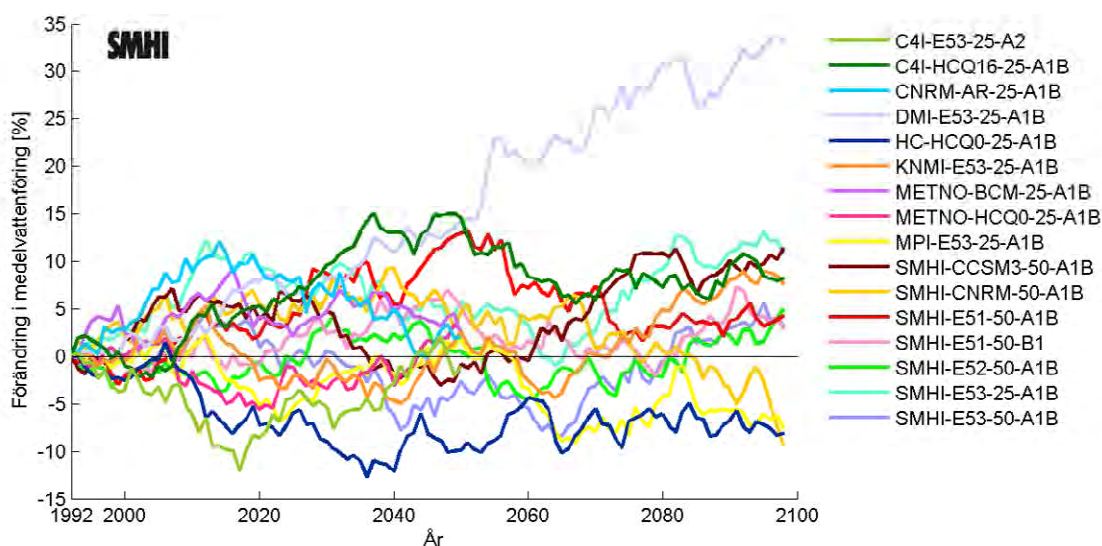
Figur 7. Beräknad förändring (%) av medelvattenföring för Almbro under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Uppmätt medelvattenföring under referensperioden är 4 m³/s.



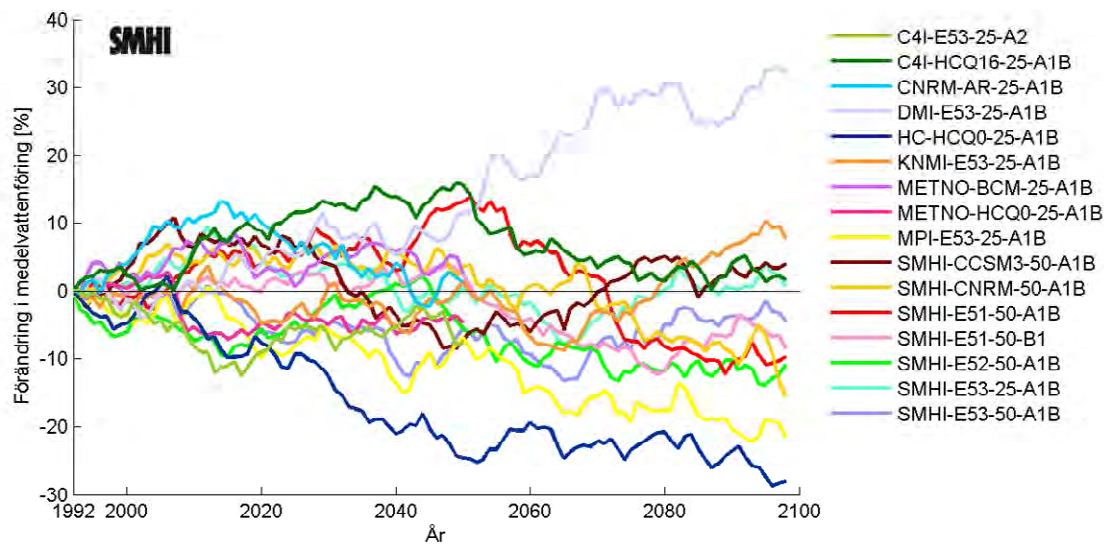
Figur 8. Beräknad förändring (%) av medelvattenföring för kraftstationen i Hyndevad under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Uppmätt medelvattenföring under referensperioden är 24 m³/s.



Figur 9. Beräknad förändring (%) av medelvattenföring för Brattforsens kraftstation under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Uppmätt medelvattenföring under referensperioden är 30 m³/s.



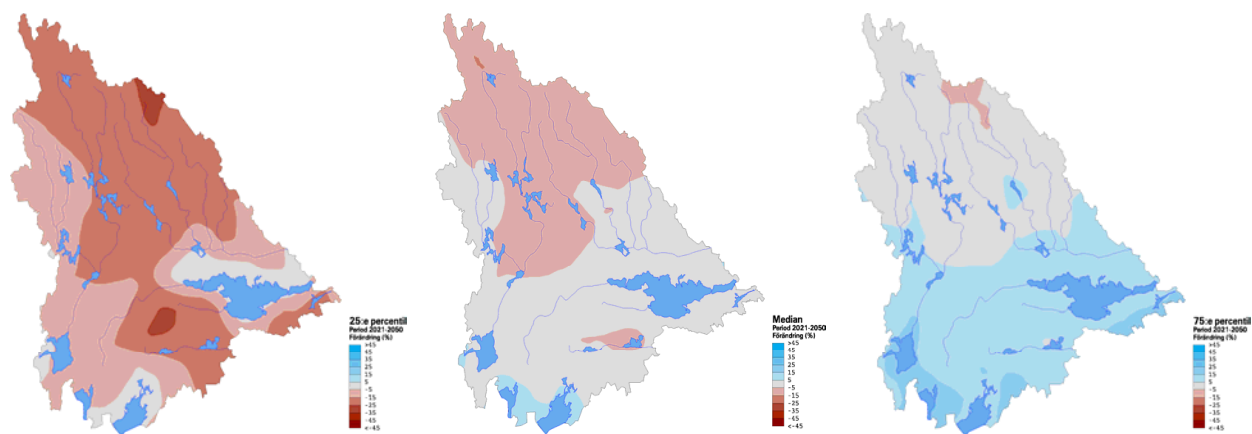
Figur 7-1. Beräknad förändring (%) av medelvattenföring för kraftstationen i Gullspång under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Uppmätt medelvattenföring under referensperioden är 62 m³/s.



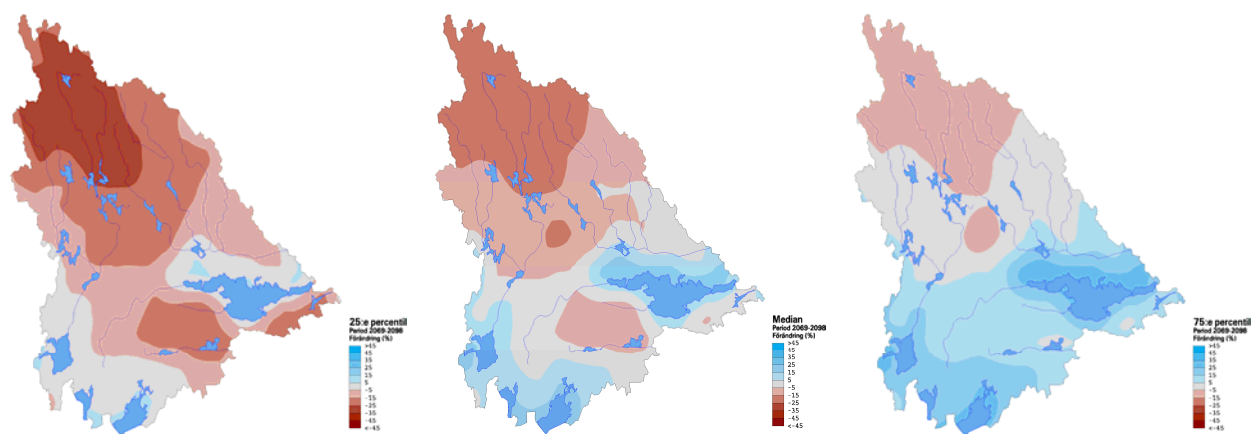
Figur 10. Beräknad förändring (%) av medelvattenföring för kraftstationen i Högsjö under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Uppmätt medelvattenföring under referensperioden är $3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Bilaga 3

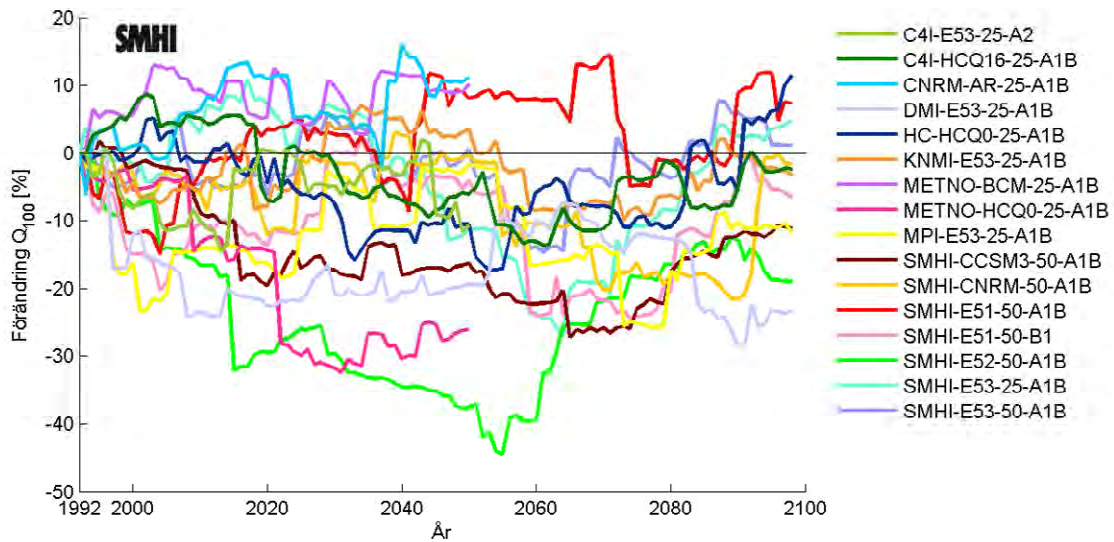
100-årsflöde



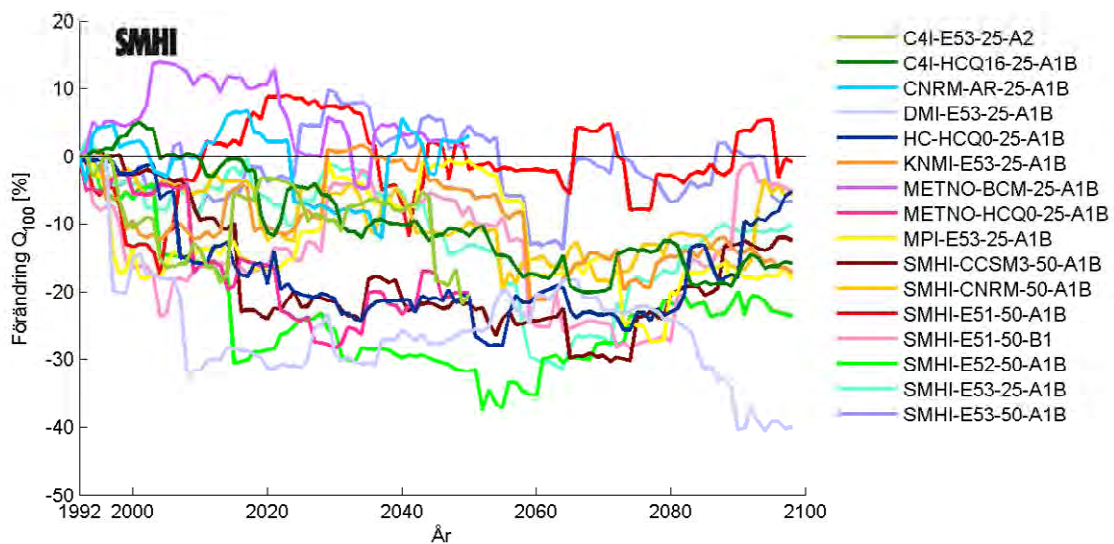
Figur 1. Beräknad förändring av lokal hundraårstillrinning under perioden 2021-2050.



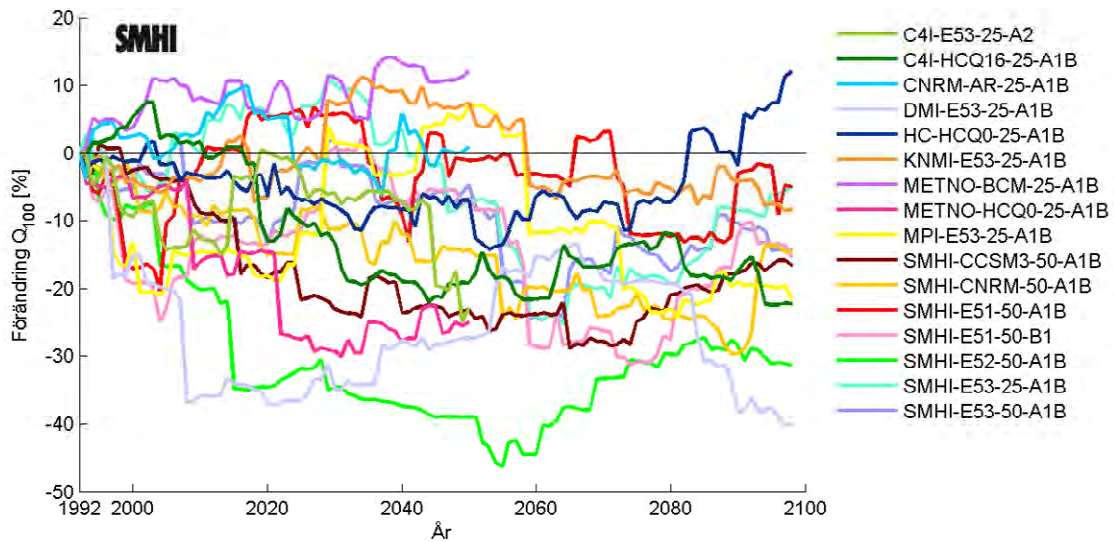
Figur 2. Beräknad förändring av lokal hundraårstillrinning under perioden 2069-2098.



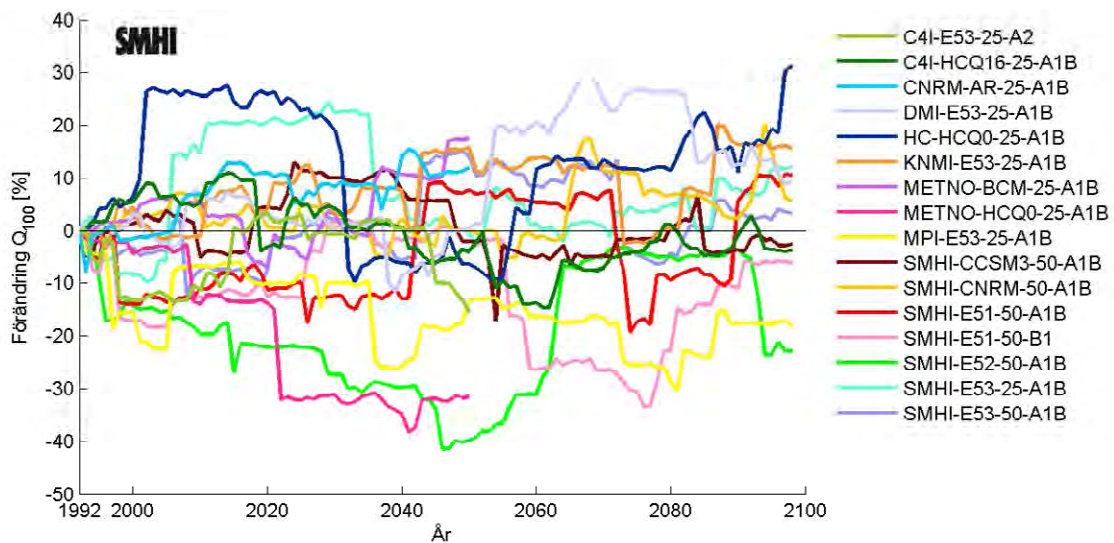
Figur 3. Beräknad förändring (%) av 100-årsflöde för Arbogaåns mynning under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. För dagens förhållanden är hundraårsflödet beräknat till $125 \text{ m}^3/\text{s}$.



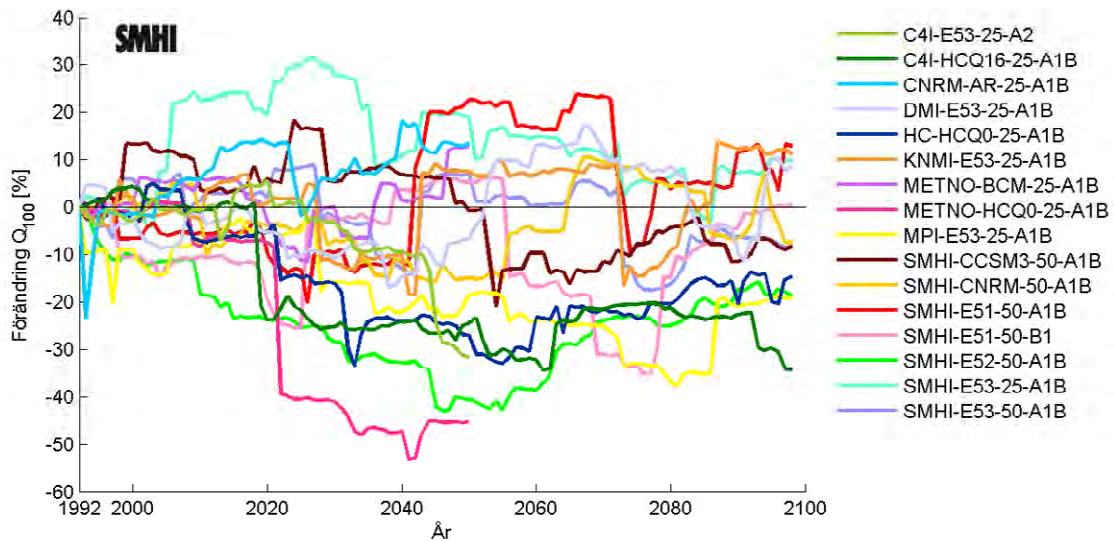
Figur 4. Beräknad förändring (%) av 100-årsflöde för Dalkarlhyttans kraftstation under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. För dagens förhållanden är hundraårsflödet beräknat till $120 \text{ m}^3/\text{s}$.



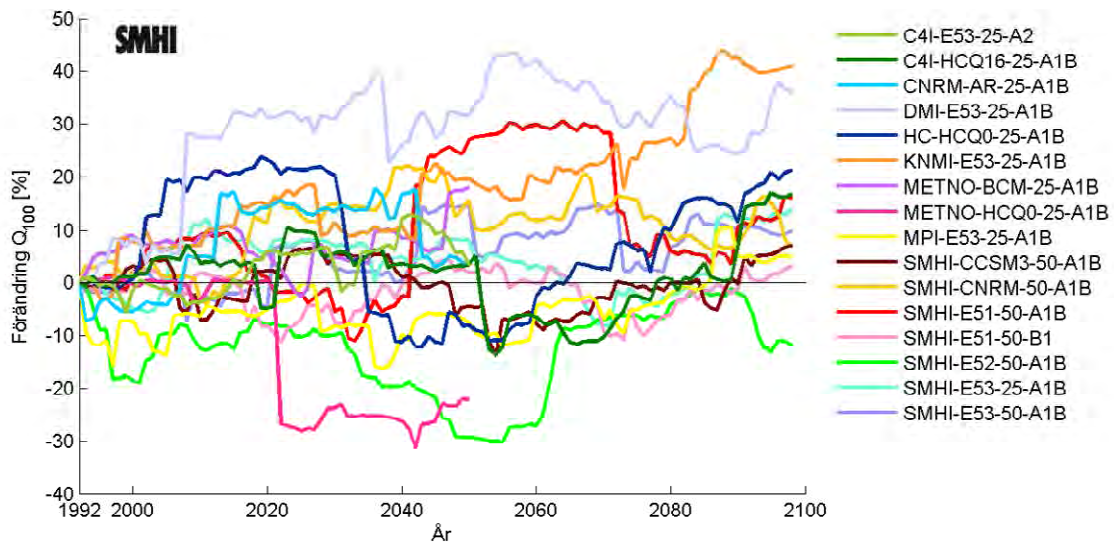
Figur 5. Beräknad förändring (%) av 100-årsflöde för Hammarby kraftstation under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Enskilda scenarier (färgskala) samt medelvärde (svart linje). Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av löpande 100-årsflödet för samtliga scenarier. För dagens förhållanden är hundraårsflödet beräknat till $90 \text{ m}^3/\text{s}$.



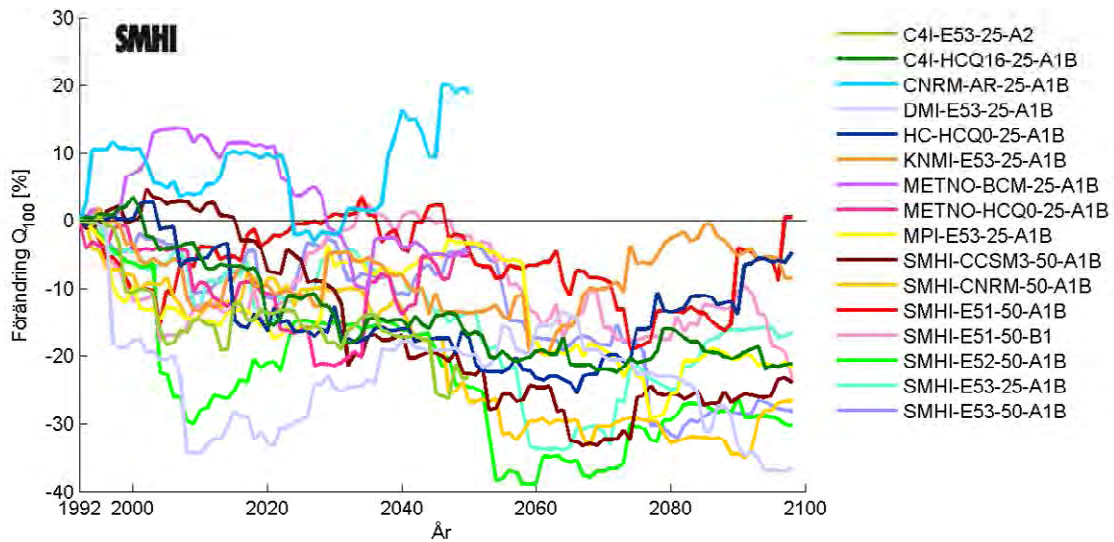
Figur 6. Beräknad förändring (%) av 100-årsflöde för Karlslunds kraftstation perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. För dagens förhållanden är hundraårsflödet beräknat till $120 \text{ m}^3/\text{s}$.



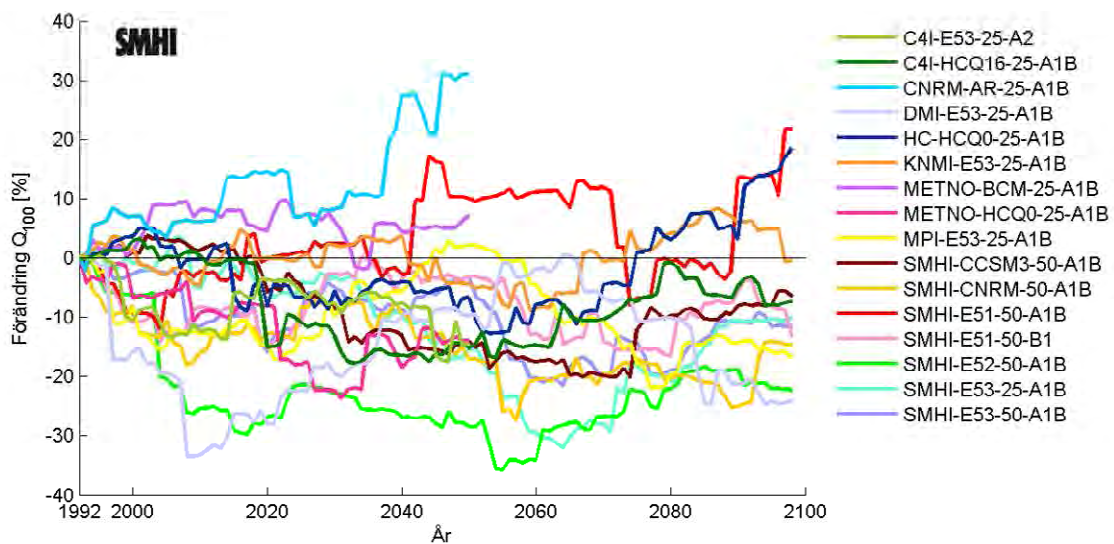
Figur 7. Beräknad förändring (%) av 100-årsflöde för Almbro under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. För dagens förhållanden är hundraårsflödet beräknat till $78 \text{ m}^3/\text{s}$.



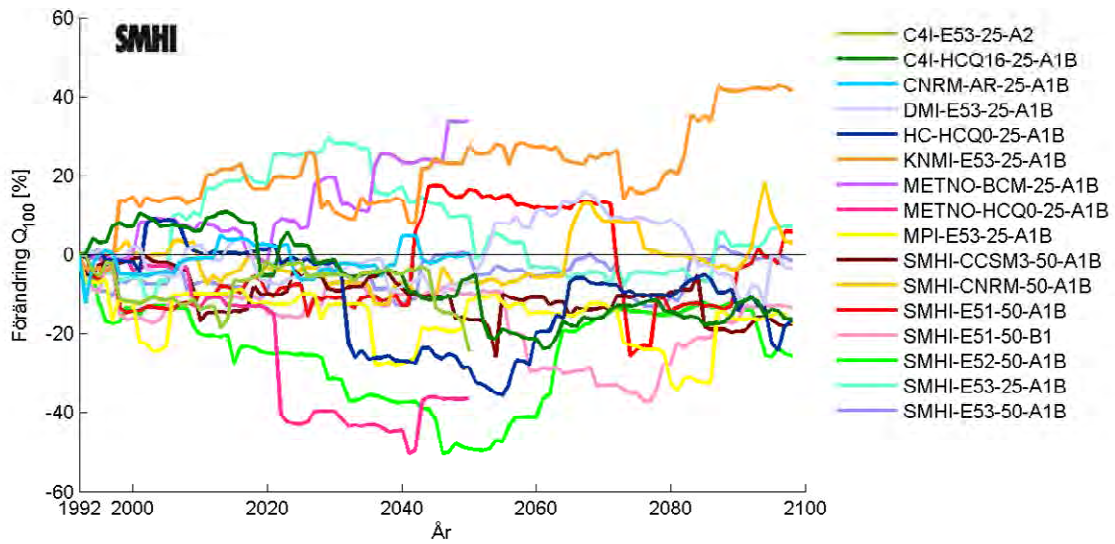
Figur 8. Beräknad förändring (%) av 100-årsflöde för kraftstationen i Hyndevad under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. Medianen av samtliga scenarier visas som svart linje. Det grå fältet markerar 75:e percentilen och 25:e percentilen av samtliga scenarier. Maximal och minimal förändring bland samtliga scenarier visas som streckade linjer. För dagens förhållanden är hundraårsflödet beräknat till $125 \text{ m}^3/\text{s}$.



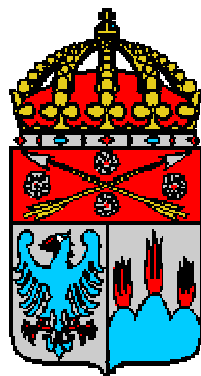
Figur 9. Beräknad förändring (%) av 100-årsflöde för Brattforsens kraftstation under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. . För dagens förhållanden är hundraårsflödet beräknat till $245 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figur 10. Beräknad förändring (%) av 100-årsflöde för kraftstationen i Gullspång under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. . För dagens förhållanden är hundraårsflödet beräknat till $440 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figur 11. Beräknad förändring (%) av 100-årsflöde för kraftstationen i Högsjö under perioden 1992 – 2098 jämfört med referensperioden 1963 – 1992. . För dagens förhållanden är hundraårsflödet beräknat till $20 \text{ m}^3/\text{s}$.



**Länsstyrelsen
Örebro län**

En samlande kraft!

Postadress
701 86

Besök
Stortorget 22

Internet
www.lansstyrelsen.se/orebro

E-post
orebro@lansstyrelsen.se

Tfn växel
019-19 30 00