

Västerbottens län

## Översiktlig klimat- och sårbarhets- analys – Naturolyckor



Kittelfjäll, Vilhelmina kommun. Foto: SGI



**SMHI**

2011-05-19

2-1005-0372  
14407

**Datum:** 2011-05-19  
**Uppdragsansvarig:** Jan Fallsvik, SGI  
**Handläggare:** Linda Blied, SGI  
Dan Eklund, SMHI  
Stefan Falemo, SGI  
Jan Fallsvik, SGI  
Björn Stensén, SMHI  
Ingrid Södergren, SGI  
**Granskning:** Charlotte Cederbom, SGI  
Ann-Christine Hågeryd, SGI  
**Diariennr:** 2-1005-0372  
**Uppdragsnr:** 14407

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>SAMMANFATTNING</b> .....	<b>6</b>
<b>Geologi och topografi</b> .....	<b>6</b>
<b>Klimatförändringar, flöden och översvämningar i vattendrag</b> .....	<b>6</b>
<b>Erosion</b> .....	<b>9</b>
<b>Skred, ras och slamströmmar</b> .....	<b>9</b>
<b>Risker för bebyggelse och samhällsviktig verksamhet</b> .....	<b>10</b>
<b>Strategier och åtgärder för skydd mot naturolyckor</b> .....	<b>10</b>
<b>Rekommendationer för fysisk planering och befintlig bebyggd miljö</b> .....	<b>10</b>
<b>Kompletterande undersökningar</b> .....	<b>11</b>
<b>1 BAKGRUND OCH SYFTE</b> .....	<b>12</b>
<b>2 FÖRUTSÄTTNINGAR OCH AVGRÄNSNINGAR</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1 Metod för klimat- och sårbarhetsanalys</b> .....	<b>13</b>
<b>2.2 Klimat- och sårbarhetsanalys för Västerbottens län</b> .....	<b>13</b>
<b>2.3 Underlagsmaterial</b> .....	<b>13</b>
<b>2.4 Redovisning av resultat</b> .....	<b>14</b>
<b>3 GEOLOGISK / GEOTEKNISK ÖVERSIKT</b> .....	<b>15</b>
<b>4 KLIMATANALYS AV TEMPERATUR, NEDERBÖRD OCH VINDFÖRHÅLLANDEN</b> .....	<b>19</b>
<b>4.1 Referensperiod</b> .....	<b>20</b>
<b>4.2 Geografiskt analysområde</b> .....	<b>20</b>
<b>4.3 Temperatur</b> .....	<b>21</b>
4.3.1 Temperatur i dagens klimat.....	21
4.3.2 Medeltemperatur för år och säsong i framtida klimat .....	22
4.3.3 Varma dagar: Antal dygn med dygnsmedeltemperatur > 15 °C .....	26
4.3.4 Värmeböljor: Maximalt antal sammanhängande dygn med dygnsmedeltemperatur över 15°C .....	28
4.3.5 Maxtemperatur: Framtida förändring av årets högsta dygnsmedeltemperatur .....	30
4.3.6 Nollgenomgångar över dygnstemperatur .....	32
4.3.7 Antal graddagar med värmebehov .....	33
4.3.8 Antal graddagar med kylbehov.....	34
4.3.9 Vegetationsperiodens start.....	36
4.3.10 Vegetationsperiodens längd.....	38
<b>4.4 Nederbörd</b> .....	<b>39</b>
4.4.1 Nederbörd i dagens klimat .....	39
4.4.2 Medelnederbörd för år och säsong framtida klimat .....	41
4.4.3 Kraftig nederbörd: Antal dygn med dygnsmedelnederbörd över 10 mm .....	46
4.4.4 Maximal 7-dagarsnederbörd i framtida klimat .....	47
4.4.5 Antal torra dagar med nederbörd mindre än 1 mm .....	49
4.4.6 Förändring av längsta sammanhängande torrperiod.....	50
4.4.7 Den mest extrema nederbördens utveckling.....	52
<b>4.5 Vind</b> .....	<b>55</b>
4.5.1 Framtida extrema vindar .....	58
<b>5 KLIMATPÅVERKADE FLÖDEN SAMT SNÖ-, TJÄLE- OCH ÖVERSVÄMNINGSFÖRHÅLLANDEN</b> .....	<b>59</b>
<b>5.1 Flöden</b> .....	<b>59</b>
5.1.1 Vattenföring i dagens klimat.....	59
5.1.2 Framtida förändring av vattenföringens säsongsvariation .....	62
5.1.3 Framtida förändring av medelvattenföring.....	69
5.1.4 100-årsflöden framtida förändring .....	93
<b>5.2 Snö</b> .....	<b>104</b>
5.2.1 Framtida maximalt vatteninnehåll i snön under året.....	104
5.2.2 Framtida antal snödagar .....	111
<b>5.3 Tjäle</b> .....	<b>116</b>
5.3.1 Tjäle och framtida klimat .....	117
<b>5.4 Översvämning kring sjöar och vattendrag i dagens och framtidens klimat</b> .....	<b>119</b>
5.4.1 Tidigare utförda översvämningsutredningar .....	120
5.4.2 Framtida översvämningar.....	121

<b>6</b>	<b>EROSION VID KUSTER OCH VATTENDRAG SAMT RAVINBILDNING .....</b>	<b>123</b>
6.1	Översiktlig inventering av förutsättningar för erosion .....	123
6.2	Översiktlig beskrivning av kuststräckan .....	124
6.3	Erosionsförhållanden .....	124
6.3.1	Kusterosion .....	124
6.3.2	Erosion längs vattendrag.....	126
6.3.3	Ravinbildning.....	127
6.4	Konsekvenser av klimatförändringar .....	128
6.4.1	Kusterosion .....	128
6.4.2	Erosion längs vattendrag.....	128
6.4.3	Ravinutveckling .....	128
6.5	Landhöjningen .....	129
<b>7</b>	<b>SKRED, RAS OCH SLAMSTRÖMMAR .....</b>	<b>130</b>
7.1	Översiktlig beskrivning av förutsättningar .....	130
7.1.1	Skred och ras .....	131
7.1.2	Moränskred och slamströmmar.....	132
7.2	Inventering av förutsättningar för skred och ras .....	133
7.2.1	Använd metodik för översiktlig stabilitetskartering av ler-, silt- och sandslänter .....	134
7.2.2	Karterade delar av Västerbottens län.....	134
7.2.3	Raviner och slänter i morän och andra grovkorniga sedimentjordar .....	135
7.3	Områden med förutsättningar för skred och ras i lera, silt och sand .....	135
7.4	Konsekvenser av klimatförändringar .....	136
7.4.1	Ändrade förhållanden på grund av förändring av klimatet.....	136
7.4.2	Förändringar i säkerhetsnivå på lokaler som finns i Västerbottens län .....	137
7.4.3	Konsekvenser av klimatförändringar .....	138
7.5	Områden med förutsättningar för moränskred och slamströmmar .....	139
7.5.1	Klimatförändringens inverkan.....	141
<b>8</b>	<b>RISKER FÖR BEBYGGELSE OCH SAMHÄLLSVIKTIG VERKSAMHET.....</b>	<b>142</b>
8.1	Risker för naturolyckor.....	142
8.2	Bebyggelse.....	143
8.3	Förorenade områden .....	144
8.4	Miljöfarlig verksamhet och riskobjekt .....	146
8.4.1	Miljöfarlig verksamhet.....	146
8.4.2	Riskobjekt.....	147
8.5	Vägar och järnvägar.....	147
8.5.1	Riskanalyser för vägar.....	148
8.5.2	Bedömning av risker längs järnvägar .....	149
8.6	Hamnar.....	149
8.7	Flygplatser samt mindre flygfält.....	150
8.8	Dammar.....	151
8.8.1	Dimensionerande flöden för dammar framtida klimat.....	154
<b>9</b>	<b>STRATEGIER OCH ALTERNATIVA UTFÖRANDE FÖR SKYDD MOT NATUROLYCKOR.....</b>	<b>156</b>
9.1	Strategier för markanvändning .....	156
9.2	Förebyggande åtgärder mot naturolyckor .....	157
9.3	Skötselplaner / slänt- och skogsvård.....	158
9.3.1	Diken, dränering, vägar, gator etc. i slänter.....	158
9.3.2	Skogsbevuxna slänter med jordlager .....	158
<b>10</b>	<b>REKOMMENDATIONER FÖR FYSISK PLANERING OCH KLIMATANPASSNING.....</b>	<b>160</b>
10.1	Exploateringsområden .....	160
10.2	Klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö .....	160
10.3	Förorenad mark, miljöfarlig verksamhet och riskobjekt.....	160
10.4	Dammar .....	160
10.5	Översvämning .....	161
10.6	Erosion .....	161
10.7	Ras, skred och slamströmmar .....	161
<b>11</b>	<b>BEHOV AV KOMPLETTERANDE UTREDNINGAR .....</b>	<b>162</b>
11.1	Översvämning .....	162
11.2	Erosion .....	162
11.3	Ras, skred och slamströmmar .....	162

11.4	Förorenad mark, miljöfarlig verksamhet och riskobjekt.....	163
11.5	Dammar .....	163
REFERENSER .....		164
LÄNKAR PÅ INTERNET .....		168
<b>BILAGA 1</b>	<b>METODBESKRIVNING AV KLIMATANALYS .....</b>	<b>169</b>
B1-1	Omfattning: studerade klimatindex .....	169
B1-2	Variation och osäkerhet .....	170
B1-3	Modeller för klimatberäkningar.....	171
B1-4	Skalering av klimatdata för effektstudier .....	172
B1-5	Utsläppsscenarier .....	173
B1-6	Klimatscenarier .....	174
B1-7	Nyttjade klimatscenarier.....	176
REFERENSER TILL BILAGA 1.....		178
<b>BILAGA 2</b>	<b>FÖRTECKNING ÖVER POTENTIELLA RISKOMRÅDEN VID FÖRORENADE OMRÅDEN, MILJÖFARLIG VERKSAMHET OCH RISKOBJEKT.....</b>	<b>179</b>
<b>BILAGA 3</b>	<b>DIGITAL LEVERANS (CD-SKIVA) AV GIS-SKIKT .....</b>	<b>181</b>
<b>BILAGA 4</b>	<b>MSB:S METOD FÖR INDELNING AV STABILITETZONER FÖR SLÄNTER I LERA SILT OCH SAND.....</b>	<b>182</b>
REFERENSER TILL BILAGA 4.....		183
<b>BILAGA 5</b>	<b>HAMNAR I VÄSTERBOTTENS LÄN .....</b>	<b>184</b>
<b>BILAGA 6</b>	<b>KONSEKVENNS- OCH FLÖDESDIMENSIONERINGSKLASSADE DAMMAR.....</b>	<b>185</b>
KARTREDOVISNING, KARTA 0-8 .....		187

Denna rapport och tillhörande kartor i avsedd skala finns tillgängliga som pdf-filer på Länsstyrelsens hemsida.

## **SAMMANFATTNING**

Länsstyrelsen Västerbotten har gett Statens geotekniska institut (SGI) i uppdrag att identifiera områden i länet där klimatförändringar kan komma att medföra ökade risker för naturolyckor. Utredningen har genomförts i samarbete med SMHI.

Områden i Västerbottens län har översiktligt identifierats där det finns förutsättningar för erosion, skred, ras, slamströmmar och översvämning som kan medföra skador på bebyggelse och infrastruktur och påverka områden med miljöfarlig verksamhet och förorenad jord. Analys av framtida klimat i länet avseende nederbörd, temperatur, och flöden har gjorts. Utredningen är avsedd att användas som ett underlag för länsstyrelsens regionala klimatanpassningsarbete och vid arbete med kommunernas risk- och sårbarhetsanalyser och fysiska planering. Utredningen är inte avsedd att beskriva behov av och förslag till specifika skydds- och anpassningsåtgärder till följd av potentiella risker för naturolyckor.

Denna utredning är översiktlig och mer detaljerade undersökningar kan behöva genomföras på kommunal nivå för att klargöra behov av åtgärder där det finns risker för naturolyckor.

## **Geologi och topografi**

En stor del av den västra delen av Västerbottens län karakteriseras av ett storkuperat landskap. Kalt berg har störst utbredning i fjällkedjan i norra delen av Sorsele och Storumans kommuner samt i kustlandskapet framför allt mellan Nordmaling, Umeå och Vännäs samt mellan Robertfors, Skellefteå och Byske.

Jordförhållandena i Västerbottens län har huvudsakligen präglats av den senaste istiden, samt av den efterföljande landhöjningen. Inom större delen av länet utgörs det översta jordtäcket av morän. Ofta underlagrar moränen andra jordar. Moränen och rullstensåsarna är delvis täckta av yngre finsediment.

De områden som låg under Högsta Kustlinjen (HK) var tidigare havsområden och fjärdar. På bottenarna avlagrades finkorniga sediment bestående av lera och siltig lera samt ställvis av sulfidjord (sulfidlera och sulfidsilt, äldre beteckning: "svartmocka").

Närmast kusten, exempelvis vid Umeå och Skellefteå, består de lösa jordlagren huvudsakligen av havs- och fjärdsediment av lera och silt samt ställvis av sulfidjord. Längre in från kusten, exempelvis vid Vännäs, Vindelns, Lycksele och Åsele, utgörs de lösa jordlagren utmed vattendragen av deltasediment bestående av sand och silt. Deltasedimenten kan på flera ställen vara underlagrad av äldre havs- och fjärdsediment bestående av lera och siltig lera samt även sulfidjord.

## **Klimatförändringar, flöden och översvämningar i vattendrag**

I föreliggande rapport redovisas en stor mängd data och beräkningar som syftar till att ge en översiktlig bild av klimatförhållandena i Västerbottens 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.

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 SMHI:s 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. Man bör vara medveten om att klimatforskningen ständigt kommer med nya resultat som kan komma att modifiera bilden ytterligare.

Följande huvuddrag framgår av föreliggande klimatanalyser:

- Klimatberäkningarna visar en gradvis ökning av årsmedeltemperaturen under det innevarande seklet. Men de visar också på stor spridning. Temperaturökningen är något större utåt kusten och är störst under vinterperioden, men framträder under alla årstider. Förändringen av årsmedeltemperaturen ligger i medeltal på cirka 3,5-7 °C ökning mot slutet av seklet.
- Förändringen av årsmedelnederbörd är likartad i de olika studerade regionerna och ligger på en ökning med 10 % till 50 % i slutet av seklet. Förändringarna är likartade också för de olika årstiderna, men något mindre ökning sommartid och något större vintertid kan anas.
- Analyser av extrem nederbörd visar på en framtida ökning. Medelvärde för förändringen från två oberoende analyser av dygnsnederbörd med återkomsttid på 100 år är cirka 20 % för länet som helhet till år 2100, med något mindre ökning i de högsta fjälltrakterna och kusten.
- Vattenföringens säsongsvariation går mot en flödesregim med en något tidigare-lagd vårflod och med ett något lägre toppflöde. Denna trend blir tydligare mot slutet av seklet i och med att mindre nederbörd väntas lagras som snö och snösmältningen väntas starta tidigare på året. Samtidigt väntas höstnederbörden i form av regn öka, vilket ökar höstflödena.
- Generellt väntas årsmedelvattenföringen öka med mellan 10 till 25 % i de större älvarna mot slutet av seklet. Till mitten av seklet kan en ökning på upp mot 10 % väntas. Samma trender kan väntas för mindre vattendrag. Säsongsvis syns en tydlig ökning alla årstider utom sommartid då istället en klar minskning väntas, detta till följd av den förändrade flödesregimen under året.
- Den beräknade framtida 100-årsvattenföringen väntas minska i Västerbottens läns större vattendrag mot slutet av seklet med ca 10 – 20 %, fram till mitten av seklet väntas den vara relativt oförändrad. Den lokala tillrinningen vilken påverkar mindre vattendrags vattenföring väntas minska med mellan 5 – 25 % för större delen av länet.

- Snötillgången beräknas minska avsevärt i Västerbottens län efterhand som klimatet väntas bli varmare. Snöns maximala vatteninnehåll, den största snömängden per år, beräknas minska med ner till ca 30 % till mitten av seklet och med så mycket som runt 70 % mot slutet av seklet. Förändringen accelererar från mitten till slutet av seklet och är generellt störst i de kustnära områdena men stor även i delar av fjällregionen. Antalet snö dagar väntas minska för Västerbottens län med 10 – 50 dagar till mitten av seklet och med mellan 30 till 120 dagar mot slutet av seklet med störst minskning närmare kustregionen.
- Det finns idag inget vetenskapligt underlag som entydigt visar på ändrade risker för kraftiga stormar i framtiden i Västerbottens län. Men man bör vara beredd på att nya resultat från forskningen kan komma att ändra denna slutsats i framtiden.

Ett antal övriga klimatberoende förhållanden väntas också att förändras efterhand som klimatet ändras. Kraftiga värmeböljor beräknas bli allt vanligare, särskilt för kust och inland, vilket ökar behovet av kyla i byggnader. Samtidigt minskar uppvärmningsbehovet då vintrarna blir mildare. Det mildare klimatet medför också en förlängning av vegetationsperioden i länet. Nollgenomgångar av dygnstemperaturen ser ut att vara relativt oförändrade eller öka endast något. Tjälperioden väntas bli kortare då temperaturerna väntas öka.

Generellt kan man dra följande slutsatser om framtidens översvämningssrisker i länet:

- Lokala översvämningssproblem kopplade till skyfall väntas öka generellt, eftersom de flesta klimatberäkningarna pekar mot ökad risk för kraftiga regn.
- Översvämningssproblem kopplade till snösmältning, då de högsta vattenföringarna förekommer, väntas minska något efterhand som snömängderna väntas minska mot slutet av seklet.
- På grund av förväntad ökad nederbörd under alla årstider kan fler översvämningar till följd av kraftiga långvarig nederbörd inte uteslutas.

Utbyggda älvar medför att höga flöden kan dämpas men är ingen garanti mot översvämningar, som historiska händelser visar. Arbeta pågår med kartläggning av riskområden för översvämning och handlingsplaner vid översvämningar.

Arbete med samordnad beredskapsplanering vid dammbrott har påbörjats för Skellefteälven. För att möta det krav på klimatanpassning som nyutgåvan av riktlinjerna för dimensionerande flöden för dammanläggningar arbetar *Kommittén för dimensionerande flöden för dammar i ett klimatförändringsperspektiv* med att utarbeta en vägledning för hur framtida flödesdimensioneringsberäkningar för dammar skall utformas för att ta hänsyn till effekterna av ett förändrat klimat. Arbetet beräknas vara klart under 2011.

Då ständig utbyggnad och omformning av bebyggelse och infrastruktur sker i olika grad i länet ändras förutsättningar och riske exponering kontinuerligt. Detta är en faktor som troligen påverkar framtidens översvämningssrisker i minst lika hög grad som ett förändrat klimat.



## Erosion

Områden med förutsättningar för erosion längs kusten finns inom Nordmalings, Umeå, Robertsfors och Skellefteå kommuner. Trots den snabba landhöjningen (som i Västerbottens län kan förväntas bli in stort sett lika snabb som i Västernorrlands län, vars storlek framgår av Fallsvik m.fl. (2010), kan klimatförändringar medföra högre havsnivåer jämfört med dagens situation vid vissa lufttrycks- och vindförhållanden, vilket innebär att områden som tidigare inte utsatts för erosion kommer att påverkas. För bedömning av den långsiktiga erosionen används normalt havets medelvattennivå. Havsnivåhöjningar har inte bedömts i detta uppdrag.

Förutsättningar för erosion längs vattendrag finns utmed sträckor av samtliga av länets större vattendrag. Klimatscenarierna visar på ökad årsmedelvattenföring under detta sekel. Flödena kommer också att förändras mellan olika årtider. I huvudsak förväntas medelhöga vattenflöden komma att få längre varaktighet. Detta innebär att för större delen av länet kan erosionen längs vattendrag komma att öka. Vårfloderna väntas dock bli något mindre, och därmed kan den höga erosionsintensiteten under våren minska.

I Västerbottens län är raviner vanliga längs såväl större som mindre vattendrag. Eftersom raviner kan utvidgas kan bebyggelse på relativt stora avstånd hotas.

## Skred, ras och slamströmmar

Delar av Västerbottens län hör till de områden i Sverige som har högre frekvens av skred och ras, men även slamströmmar förekommer.

Skred och ras är exempel på snabba rörelser i jord eller berg som kan orsaka stora skador. I denna utredning redovisas områden med förutsättningar för skred och ras enligt MSB:s kommunvisa översiktliga stabilitetskarteringar. Sådana områden finns i områden med jordlager av silt och lera med störst utsträckning närmast kusten, exempelvis i Umeå och Skellefteå, och i låglänta områden och i anslutning till vattendrag. För dessa områden behöver mer detaljerade utredningar genomföras.

Instabila förhållanden råder främst längs älvslänter – ofta även älvslänter belägna längre in i landet – där jordlagren närmast släntrönet består av fastare sand och silt medan de djupare jordlagren kan utgöras av lös lera eller siltig lera. Längs många älvstränder har branta så kallade nipor uppstått, d.v.s. rasslänter som normalt är instabila.

Det kan finnas risker för ras och skred inom andra områden som inte är bebyggda. Dessa visas inte i bifogat kartmaterial eftersom MSB:s kartering är begränsad till befintlig bebyggelse.

Förändrade nederbördsförhållanden kommer att påverka yt- och grundvattennivåer, porttryck i marken samt vattenföring och vattennivåer i vattendragen. Detta betyder att områden som idag anses vara stabila, utifrån de rekommendationer som finns, kan behöva åtgärdas om samma säkerhetsnivå ska gälla. Enligt klimatsimuleringarna väntas nederbörden att öka under det kommande seklet, vilket ökar riskerna för ras och skred inom områden med otillfredsställande stabilitet för dagens förhållanden. Det innebär också att det inom ytterligare områden kan komma att finnas slänter som inte har erforderlig stabilitet.

MSB har inte utfört översiktliga karteringar av riskerna för moränskred och slamströmmar i Västerbottens län. Förutsättningar finns dock för slamströmmar i stora delar av länet. Benägenheten för slamströmmar väntas öka på grund av förväntat ökad omfattning av intensiv nederbörd sommartid.

### **Risker för bebyggelse och samhällsviktig verksamhet**

Denna utredning har syftat till att översiktligt klargöra vilka områden som kan påverkas av naturolyckor med hänsyn tagen till framtida klimatförändringar. Det finns förutsättningar för naturolyckor (erosion, skred, ras och slamströmmar) på flera platser i länet vid dagens förhållanden och i ökad utsträckning vid klimatförändringar.

Bebyggelse och infrastruktur samt områden med miljöfarlig verksamhet och förorenad jord respektive förutsättningar för naturolyckor har sammanställts på kartor för olika delar av länet samt för hela länet. Härav framgår att känsliga områden är främst lokaliserade till tätorter och längs vattendragen i länet, i huvudsak beroende på förekomst av bebyggelse, infrastruktur och olika typer av verksamhet.

### **Strategier och åtgärder för skydd mot naturolyckor**

Med hänsyn till klimatförändringar bör man tillämpa en strategi som präglas av ökade säkerhetsmarginaler vid långsiktig fysisk planering. Det innebär att säkerställa tillräckligt avstånd i både plan och höjd för att kunna klara en ökad fara för t.ex. översvämning eller erosion.

Det är också viktigt att ge förutsättningar för en flexibel markanvändning, exempelvis genom att ha utrymme och möjlighet att vidta åtgärder för framtida klimatförändringar. Det kan exempelvis innebära att det finns plats för en skyddsvall eller avschaktning av en slänt med otillfredsställande stabilitet. För att undvika skador till följd av översvämning, erosion, skred, ras och slamströmmar finns ett antal alternativa strategier som kan väljas, både för befintlig bebyggd miljö och för ny bebyggelse.

Det handlar om att utifrån en bedömd riskbild och befintliga värden som kan behöva skyddas att välja det samhällsekonomiskt mest lämpliga alternativet. Den strategi som väljs innebär olika konsekvenser för människa och miljö samt leder till kostnader för såväl kommunen som enskilda. Här finns också möjlighet att antingen välja att permanent utföra åtgärder som ger tillfredsställande säkerhet eller att ha beredskap för att skydda mot eventuella naturolyckor.

### **Rekommendationer för fysisk planering och befintlig bebyggd miljö**

För att skydda samhället är det nödvändigt att arbeta förebyggande genom att identifiera risker och vidta åtgärder för att skydda utsatta områden men även att vara mer observant vid planering av framtida utbyggnadsområden. En generell rekommendation är att utreda de områden som idag har låg säkerhet mot naturolyckor för att värdera om de förväntade ändringarna av klimatet påverkar situationen negativt.

För exploateringsområden är det viktigt att pröva markens lämplighet för avsett planändamål med hänsyn till risker för skred, ras, erosion, slamströmmar och översvämning. De förväntade effekterna av ett förändrat klimat under denna tidsperiod måste då beaktas. Klimatanpassning av områden med bebyggelse, infrastrukturanläggningar etc. kan innebära att åtgärder måste vidtas för att hindra skador till följd av naturolyckor. I denna utredning har översiktligt redovisats var sådana områden finns inom länet. För dessa områden kan risker behöva undersökas närmare genom detaljerade utredningar av geotekniska, topografiska och hydrologiska förhållanden.

Markanvändningen inom områden med förorenad mark och miljöfarlig verksamhet bör föregås av en översiktlig utredning för bedömning av risker. Hänsyn bör tas till framtida flöden och vattennivåer som kan förväntas till följd av klimatförändringar och de följd-effekter (ras, skred, erosion, slamströmmar och översvämning) som redovisas i denna utredning.

För att kunna vidta åtgärder som ger tillfredsställande dammsäkerhet krävs uppgifter om de hydrologiska konsekvenserna av förändrat klimat. Osäkerheter kring det framtida klimatet får inte hindra att nödvändiga dammsäkerhetshöjande åtgärder vidtas. Arbete pågår på nationell nivå med att utarbeta en vägledning för hur framtida flöden ska beräknas för dammar för att ta hänsyn till effekterna av ett förändrat klimat.

### **Kompletterande undersökningar**

Utredningen har varit av översiktlig karaktär och för att närmare klargöra risker inom identifierade områden kan mer detaljerade utredningar behöva genomföras som underlag för fysisk planering och anpassningsåtgärder för befintlig bebyggd miljö.

## **1 BAKGRUND OCH SYFTE**

I samband med arbetet med att samordna den regionala anpassningen till förväntade framtida klimatförändringar i Västerbottens län finns behov av att klargöra vilka risker som finns till följd av klimatförändringar. En av aktiviteterna är att identifiera områden i länet där klimatförändringar kan komma att medföra ökade risker för naturolyckor. Länsstyrelsen i Västerbottens län har gett Statens geotekniska institut (SGI) i uppdrag att genomföra en sådan inventering. Uppdraget har avgränsats till att omfatta områden med förutsättningar för naturolyckor av typen skred, ras, slamströmmar, erosion och översvämning. Utredningen har genomförts i samarbete med SMHI som utfört en regional klimatsammanställning för Västerbottens län. Sammanställningen redovisar en stor mängd data och beräkningar som syftar till att ge en översiktlig bild av klimatförhållandena i länet 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.

Med utgångspunkt från befintliga uppgifter har områden i Västerbottens län identifierats där det finns förutsättningar för skred, ras, slamströmmar, erosion och översvämning som kan medföra skador på befintlig bebyggelse och infrastruktur samt påverka områden med miljöfarlig verksamhet och förorenad jord. Inventeringen har beaktat risker som kan uppkomma till följd av framtida klimatförändringar och som kan orsaka större olyckor eller extraordinära händelser. Resultaten ska kunna användas för fortsatta arbete med klimatanpassning i länets kommuner.

Denna utredning är översiktlig och mer detaljerade undersökningar bör genomföras för att närmare klargöra behov av åtgärder, där det finns risker för naturolyckor. Utredningen är avsedd att användas som ett underlag för länsstyrelsernas arbete med regional klimatanpassning respektive för kommunernas risk- och sårbarhetsanalyser och fysiska planering. Utredningen är inte avsedd att beskriva behov av och förslag till skydds- och anpassningsåtgärder för bebyggelse, infrastruktur samt områden med miljöfarlig verksamhet och förorenad jord till följd av potentiella risker för naturolyckor.

## **2 FÖRUTSÄTTNINGAR OCH AVGRÄNSNINGAR**

### **2.1 Metod för klimat- och sårbarhetsanalys**

I utredningen har använts den metod som SGI och SMHI har utvecklat för klimat- och sårbarhetsanalyser och som utgår från en värdering dels av förutsättningarna för ny exploatering, dels anpassningsbehov för befintlig bebyggd miljö till följd av klimatförändringar. Detaljeringsgraden i analysen anpassas till aktuell planeringsnivå, vilket även gäller omfattningen av underlagsmaterial. För Västerbottens län har analysen omfattat att översiktligt klargöra sådana förhållanden och områden där det kan finnas risk för översvämning, erosion av stränder vid kuster och vattendrag samt skred, ras och slamströmmar i dagens klimat och vid framtida klimatförändringar.

Denna utredning redovisar översiktligt förutsättningar och bedömda risker för naturolyckor i Västerbottens län. Redovisningen avser att ge en bild över var det kan finnas riskområden som närmare behöver analyseras.

### **2.2 Klimat- och sårbarhetsanalys för Västerbottens län**

Utredningen har omfattat:

- Översiktlig beskrivning av geologiska och topografiska förhållanden i Västerbottens län.
- Förväntade klimatförändringar i länet med avseende på temperatur, nederbörd, snö, tjäle och vindförhållanden.
- Översiktlig bedömning av förändrade höga flöden för större vattendrag i länet och förändrad säsongsvariation av flöden till följd av klimatförändringar.
- Översiktlig bedömning av ras-, skred- och erosionsrisker inom bebyggda områden idag och i ett framtida klimat.
- Med utgångspunkt från risker för naturolyckor har identifierats bebyggelse, transportinfrastruktur, vattenkraftsdammar, miljöfarlig verksamhet och förorenade markområden som kan vara i riskzonen för översvämning, ras, skred och erosion.
- Strategier och rekommendationer för anpassning till förändrat klimat för befintlig bebyggd miljö och vid fysisk planering.

Resultaten redovisas i denna rapport inklusive kartor över länet, Karta 1-9, med identifierade riskområden, principförslag till åtgärder för att minska och förebygga risker och skador i riskutsatta områden samt förutsättningar för den fysiska planeringen.

### **2.3 Underlagsmaterial**

Utredningen har baserats på sammanställning och värdering av befintligt material med uppgifter om förutsättningar för naturolyckor som finns hos länsstyrelsen, SGI och andra myndigheter, t.ex. skredriskinventering, översvämningsskartering, geologiskt och topografiskt kartmaterial.

Klimatförändringar för Västerbottens län beskrivs utifrån beräkningar baserade på regionala klimatscenarier från EU-projektet ENSEMBLES och från Rossby Centre vid SMHI.

Det bör observeras att underlagsmaterialet har varierande detaljeringsgrad. Några nya undersökningar eller inventeringar har inte ingått i denna utredning med undantag av en inventering av erosionsförutsättningar längs vattendrag, och klimatanalys av nederbörd, temperatur och vattenföring. Det har inte ingått i denna utredning att inventera om det i kommunerna pågår eller på senare tid utförts utredningar som underlag för klimatanpassning. Underlagsmaterial, kontakter och referenser som använts i utredningen framgår av referenslistan i slutet av rapporten.

## **2.4 Redovisning av resultat**

Resultaten av utredningen redovisas som beskrivande text och tillhörande kartor. Kartorna är utförda i skalorna 1:250 000 respektive 1:500 000 och avsedda för utskrift i format A2. Redovisade områden och förhållanden på tillhörande kartor är anpassad till utredningens översiktliga nivå. Kartorna bör därför inte förstöras till annan detaljeringsgrad.

Kartmaterialet är producerat i GIS och levereras som GIS-skikt för olika analysdelar, och en förteckning över dessa finns i Bilaga 3. Som underlagskarta i analysen och för redovisning har använts Lantmäteriets översiktskarta, vilken tillhandahållits av länsstyrelsen.

### 3 GEOLOGISK / GEOTEKNISK ÖVERSIKT

En stor del av Västerbottens län karakteriseras av ett storkuperat landskap. Bergshöjderna har vanligen mjukt rundade former. Kalt berg har störst utbredning i fjällkedjan i norra delen av Sorsele och Storumans kommuner samt i kustlandskapet framför allt mellan Nordmaling, Umeå och Vännäs samt mellan Robertfors, Skellefteå och Byske. Där är jordtäcket oftast obefintligt på höjderna, medan bergssidor och dalbottnar kan vara täckta av mäktiga jordlager.

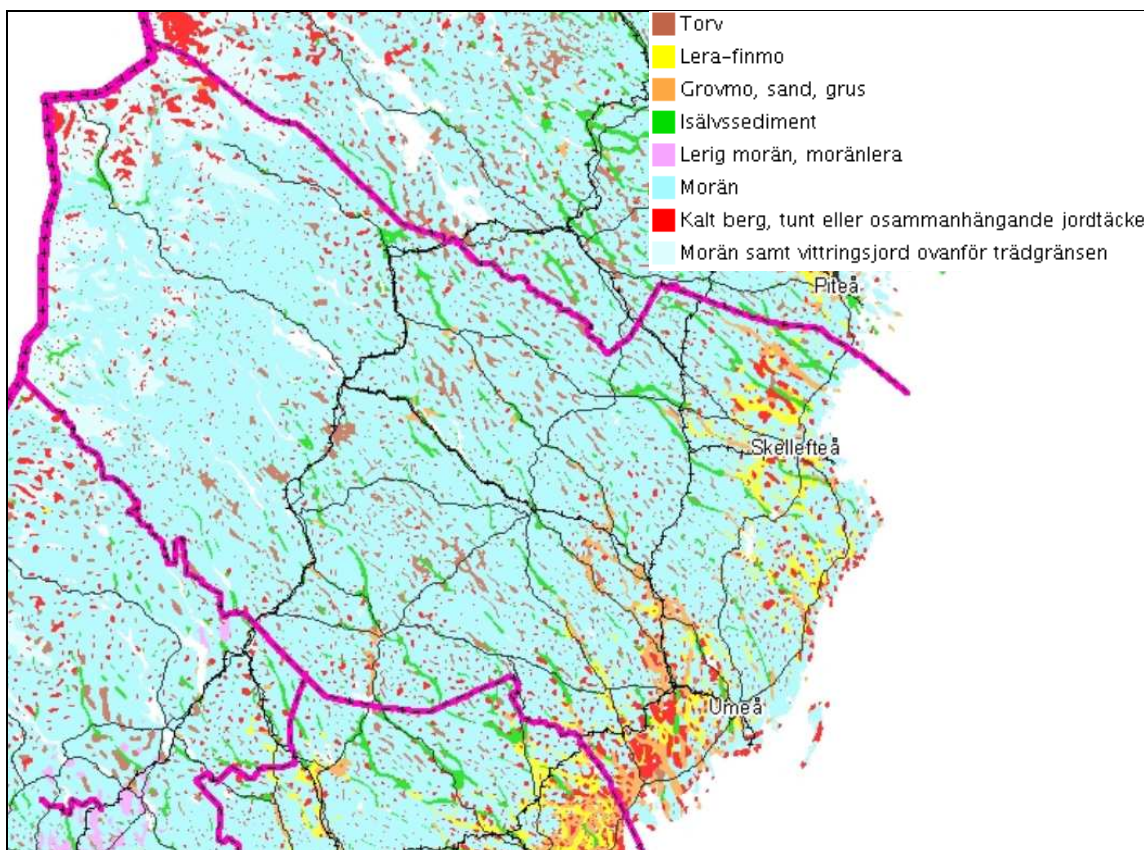
Med hänsyn till den geologiska utvecklingen under landisens avsmältning och efter istiden, berggrundsunderlagets karaktär samt terrängformerna kan området indelas i tre zoner – fjällen, inlandet och kustlandet.

Jordförhållandena i Västerbottens län har huvudsakligen präglats av den senaste istiden, som upphörde för ca 10 000 år sedan, samt av den efterföljande landhöjningen, Figur 3-1. Under istiden var området täckt av ett ca tre kilometer tjockt istäcke. Inom större delen av länet utgörs det översta jordtäcket av morän. Moränen har bildats genom direkt materialavlagring från inlandsisen. Ofta underlagrar moränen andra jordar. Moränen och rullstensåsar är delvis täckta av yngre finsediment, se nedan. På höjder och sluttningar belägna under högsta kustlinjen (se nedan) har moränen ofta omlagrats av vågor till svallgrus och svallsand, som kan ha en betydande mäktighet (mer än 10 m).

Den västligaste delen av Västerbottens län utmed gränsen mot Norge utgör en del av den skandinaviska fjällkedjan. Den innefattar en inre västlig högfjällszon – delvis med alpina former, som i öster angränsar till en lågfjällszon. De stora dragen i fjällkedjans topografi härrör från de karakteristiska s.k. överskjutningarna från väster, som skapat en trappstegsformad relief med branta avsatser mot öster.

Det största massivet i länets högfjällszon är Norra Stortfjället vid Tärnaby (1767 m ö.h.). De enskilda högfjällen är ibland pyramidformiga med spetsiga toppar och vassa kammar. Med en höjd över 1500 m ö.h. är de mestadels snötäckta och kan ha glaciärer som går ner i breda U-formade dalar som tidigare skapats av inlandsisen. Typiska landformer är glaciärnischer, moränryggar, blockhav, rasrännor, blocktungor, taluskoner och rester av slamströmmar, Nationalencyklopedin (1993).

Lågfjällsområdena med en höjd av 700-1200 m ö.h. med mjukare former samt vågiga fjällslätter. Mer än andra områden präglas lågfjällsområdena av inlandsisens smältvattenflöden med former exempelvis isälvrännor, slukrännor, rullstensåsar och isälvsterasser. De vidsträckta fjällhedarna som finns inom lågfjällsområdet utmärks av olika mönster i marken som stenringar, tundrapolygoner, slukhål och grottor, Nationalencyklopedin (1993).



Figur 3-1. Översiktskarta över jordförhållanden i Västerbottens län. Utdrag ur Sveriges jordarter – en översikt, WMS-tjänst från Sveriges Geologiska Undersökning (2011-03-03).

Förfjällszonen utgör en övergång mellan fjällen och urbergsplatån längre österut. Här finns toppar på ca 1000 mö.h. samt fjällslätter. Typiskt är en kuperad moränterräng och stora myrmarksområden, palsar och blocksänkor. Berggrundsförhållandena tillsammans med sprickzoner har medverkat till att ge landskapet en varierad relief. Så kallad bergkullslätt är den förhärskande landformstypen med stora plåtårtade arealer som höjer sig över om givningen, Nationalencyklopedin (1993).

Fjällens jordarter domineras av moränen, som här kännetecknas av att den kan innehålla skiffer och andra lösare bergarter. Moränen kan därigenom vara något siltig och lerig. Terrängformerna och klimatet medför att tjälskjutning och jordflytning starkt påverkar det ytliga jordtäcket. Frostsprängt, söndersprucket berg har också stor utbredning. Dessutom förekommer främst i dalgångarna isälvsavlagringar (åsar, sand- och grusfält, delvis utbildade som deltan), och vidare lokala yngre sedimentavlagringar (sand, silt), t.ex. i de dalar som leder ut från nutida glaciärer, Fysisk Riksplanering (1979).

I vissa dalgångar kan finnas något mäktigare avlagringar, mest silt och sand från de av landisen uppdammade sjöar, som tillfälligt existerade under isavsmältningsskedet, särskilt inom de södra fjälltrakterna.

I fjällen har torvmarkerna inte så stor utbredning, bl.a. beroende på den bättre dräneringen i det kuperade området.



Inlandets jordarter är nästan enbart de som bildats av landisen och vid dennas avsmältning, samt torvmarker. Moränen, som dominerar helt, kan vara av växlande karaktär. Utöver den normala hårda bottenmoränen finns i inlandet utbredda småkulliga moränområden med även luckrare och grusigare inslag. Inom vissa områden har även isälvsavlagringar (åsar samt grus- och sandfält) stor utbredning. Isälvsavlagringar i form av rullstensåsar följer ofta dalgångarna och kan vid högsta kustlinjen utbreda sig till vidsträckt grus- och sanddeltan. I älvdalarna har den geologiska utvecklingen i många fall orsakat en mycket komplex, mäktig jordartslagerföljd.

Intill älv- och sjöstränder kan det dessutom ovanpå moränen finnas svämsediment – tunna täcken av sand och silt (i allmänhet med någon meters mäktighet). Torvmarker bildar stora terrängtäckande myrar, som upptar betydligt mer än halva landarealen. Trots den stora arealen är torvens mäktighet vanligen endast 2-3 m, och den underlagras i regel direkt av morän, Fysisk Riksplanering (1979).

Inom en ca 20-30 km bred zon utmed kusten är landskapet flackt. Den högst belägna strandnivån efter istiden kallas Högsta Kustlinjen (HK). De områden som låg under HK var tidigare havsområden och fjärdar, som stod i kontakt med dagens Bottenviken och Norra Kvarnen. På botten av dessa tidigare havsområden och fjärdar avlagrades finkorniga sediment bestående av lera och siltig lera samt ställvis av sulfidjord (sulfidlera och sulfidsilt), vars äldre beteckning är ”svartmocka”. De finkorniga sedimenten är mäktigast vid kusten för att successivt minska in mot land och helt upphöra vid HK-gränsen. På höjder och sluttningar har moränen i samband med landhöjningen ofta omlagrats av havsvågorna och isskrivning från havsis till svallgrus och sand, som kan uppnå betydande mäktighet (mer än 10 m).

Leran är ofta en siltig grovlera. Leran är i allmänhet inte mäktigare än 10 - 15 m.

I förening med klimatet medför de siltiga jordarterna problem med tjälksjutning. I Västerbottens län är ofta leran starkt sulfidhaltig (s.k. svartmocka) och får därför vid oxidation, t.ex. vid dränering, en extremt sur markreaktion, vilket bl.a. kan leda till korrosionsproblem, Fysisk Riksplanering (1979).

Närmast kusten består de lösa jordlagren huvudsakligen av de ovan beskrivna havs- och fjärdsedimenten.

På större avstånd från kusten, utgörs de lösa jordlagren utmed vattendragen av deltasediment bestående av sand och silt. Deltasedimenten har i ett tidigare skede avlagrats av vattendragen där de nådde den dåvarande kustlinjen men har senare ”lyfts upp på land” på grund av landhöjningen. Deltasediment påträffas längs älvdalarna i stort sett hela vägen nedströms HK. Där älvar och vattendrag har mynnat ut i områden som tidigare varit täckta av havsfjärdar har på många ställen deltasediment bestående av sand och silt avlagrats ovanpå tidigare avlagrade finkorniga fjärd- och havssediment bestående av lera och siltig lera samt även sulfidjord. Efterhand som landhöjningen har fortskridit har sedan vattendragen eroderat sig ned i deltasedimenten. Längs vissa älvstränder har branta så kallade nipor uppstått, d.v.s. rasslänter som normalt är instabila. Förrådiska men vanligt förekommande instabila förhållanden råder längs älvsälänter där jordlagren närmast släntrönet består av fastare sand och silt medan de djupare jordlagren utgörs av

lös lera eller siltig lera. Ibland ligger de finkornigare jordlagren på nivåer under älvens vattenlinje. Olyckligtvis har man kanske inte alltid uppmärksammat de lösa finkorniga jordlagren, och bebyggelse och infrastruktur kan därmed ha byggts i ett ur stabilitets-synpunkt utsatt läge i eller nära slänter, Fysisk Riksplanering (1979)..

Talrika älvar och åar, ofta med kedjor av långsmala sjöar, rinner i östsydöstlig till sydöstlig riktning, från söder räknat bl.a. Ångermanälven, Umeälven, Vindelälven samt Skellefteälven. Många av sjöarna i fjällområdet är djupa klippbäckar, t.ex. Hornavan, Vojmsjön och Malgomaj, andra bildar långa sjökedjor, t.ex. Storavan och Storuman, Nationalencyklopedin (1993).

Ångermanälven, som till större delen rinner genom Västerbottens län, har sina källor i södra Lappland och flyter genom Vilhelmina och Åsele kommuner men rinner sedan ner genom Västernorrlands län för att mynna i Bottenhavet i Kramfors kommun, Wikipedia (2011).

Umeälven rinner upp i sjön Överuman vid norska gränsen, i sydvästra Lappland, Storumans kommun, rinner mot sydöst och mynnar i Norra Kvarken mellan de av Obbola-bron förenade samhällena Holmsund och Obbola i Umeå kommun, Wikipedia (2011). Den största sjön i Umeälvens vattensystem är Storuman. Andra större sjöar som älven genomrinner inkluderar Gäuta, Ajaure och Gardiken. Samtliga dessa sjöar ligger i älvens övre lopp. Umeälvens nedre lopp är sjöfattigt, men bildar vid mynningen, där älven delas i Öster- och Västerfjärden, ett delta med ett flertal öar, bland andra Obbolaön, Storsandskär och Tuvan.

Största biflöde är Vindelälven, som är nästan lika lång som Umeälven, och som ansluter vid Vännäsby bara några mil från mynningen i havet, Wikipedia (2011). Vindelälven rinner upp nära gränsen mot Norge i södra delen av Arjeplogs kommun i Norrbottens län, rinner mot sydost ned genom Västerbottens län, och rinner slutligen i Vännäs kommun samman med Umeälven endast 25 km från havet. Vindelälvens största biflöde är Laisälven.

Skellefteälven mynnar i Bottenviken nedströms Skellefteå, Wikipedia (2011). Den rinner upp i Ikesjaure, Arjeplogs kommun i Norrbottens län, och avvattnar de tre stora sjöarna Hornavan, Uddjaur och Storavan.

#### **4 KLIMATANALYS AV TEMPERATUR, NEDERBÖRD OCH VINDFÖRHÅLLANDEN**

Klimatsammanställningen för Västerbottens län har gjorts avseende nederbörd, temperatur, vind, vattenföring och snö samt tjäle. Dessutom beskrivs översvämnings- och dammproblematik idag och i framtida klimat översiktligt.

Metodiken för klimatanalysen beskrivs i Bilaga 1.

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 möjliga framtida utvecklingar är att arbeta med så kallade scenarier som beskriver framtiden på olika sätt. Inom det internationella forskningssamhället genomförs stora ansträngningar för att beräkna och skatta ett framtida klimat.

Dynamiken och förekomsten av vatten kommer att förändras då ett förändrat klimat innebär väsentliga skillnader i årstidernas karaktär, speciellt med avseende på temperatur och nederbörd. Säsongsvariationen i vattenföring drivs till stor del av nederbörds- mönster och lagring av vatten i landskapet i till exempel snö och sjöar. Norra Sverige karakteriseras av längre köldperioder. Betydande mängder vatten lagras under vintern 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 högre flöden kan uppträda vintertid. Intensiva skyfall uppträder idag främst sommartid och orsakar ibland översvämnings, 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.

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 mer beskrivning av dessa i Bilaga 1-8). Ett delbetänkande berörde även översvämningsproblematiken 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).

Inom det EU-finansierade projektet ENSEMBLES (van der Linden m.fl., 2009) har ett ensemblesystem utvecklats för beräkning av klimatförändringar baserat på europeiska globala och regionala klimatmodeller med hög upplösning. Idag finns fler klimatscenarier tillgängliga än tidigare, och för analys av temperatur, nederbörd och klimatpåverkade flöden i denna rapport har 16 olika klimatscenarier använts. Dessa scenarier kommer både från ENSEMBLES-projektet och från Rossby Centre vid SMHIs forskningsenhet. Analys av en samling klimatscenarier ger nya och bättre möjligheter att behandla de osäkerheter som är nära förknippade med frågeställningen.

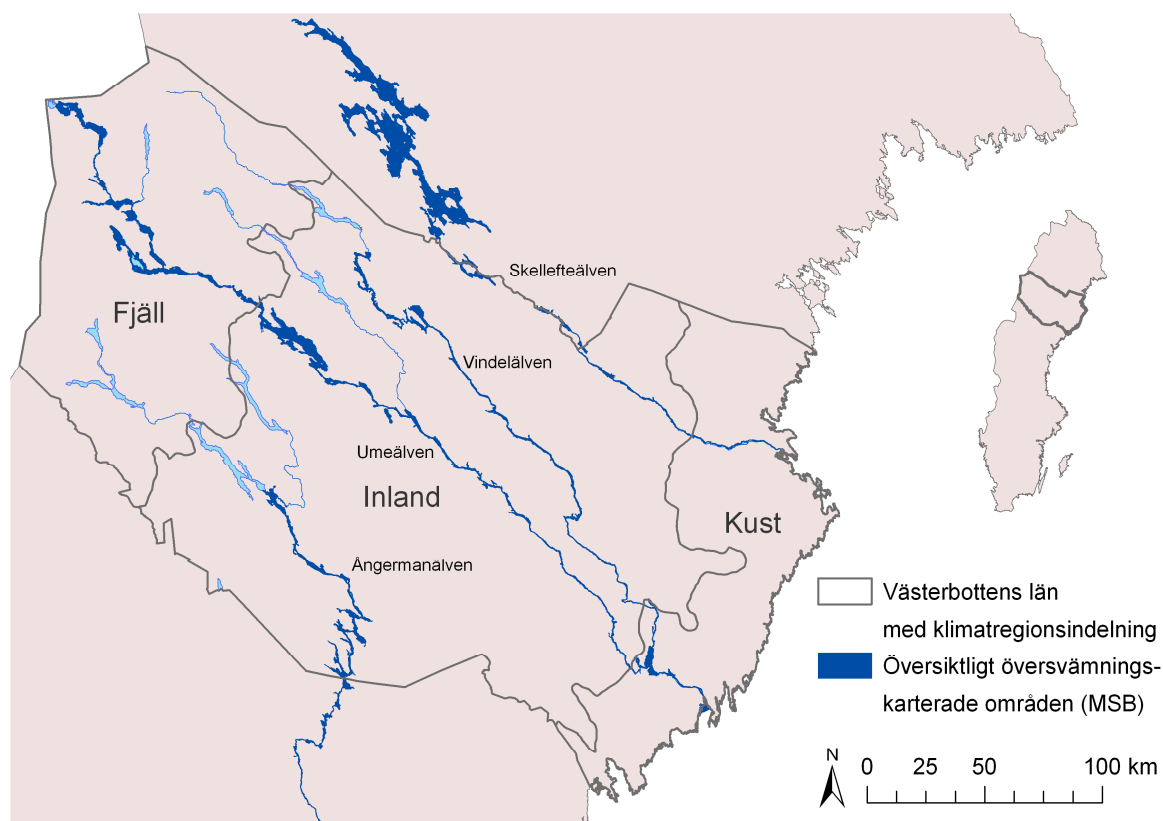
#### **4.1 Referensperiod**

I klimatstudier jämförs aktuella värden med medelvärden för en längre period, en referensperiod. I enlighet med internationell praxis används i denna rapport den meteorologiska standardnormalperioden 1961-1990 som referensperiod. Denna standardnormalperiod används fram till år 2021 då en ny 30-årsperiod, 1991-2020, är fullbordad. Referensperiod och analysperiod för olika undersökta parametrar i denna utredning kan variera med ett par år beroende på datatillgång och den tid det tar för modellerna att nå ett rimligt starttillstånd.

#### **4.2 Geografiskt analysområde**

Figur 4-1 visar Västerbottens län, och dess större sjöar och vattendrag. Vidare visas de av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB, tidigare Räddningsverket) avseende dagens klimat översiktligt översvämningskarterade vattendragssträckor inom länet. De översvämningskarterade vattendragen är Skellefteälven, Umeälven med biflödet Vindelälven och Åselegrenen i Ångermanälven, Räddningsverket (2006, 1999a, 2002, 1999b och 2000). För punkter i dessa älvar studeras hydrologiska parametrar särskilt.

För klimatindex analyserade på nederbörds- och temperaturdata presenteras resultat för länet indelat på tre regioner: fjäll, inland och kust. Denna indelning visas också i Figur 4-1. Indelningen av regioner är gjord efter den naturgeografiska indelning som används i Svenskt Vattenarkiv (SVAR) vid SMHI. Region fjäll motsvarar i den naturgeografiska indelningen delarna av "Fjällområdet", region inland motsvarar "Mellersta och norra skogsområdena" och region kust motsvarar "Norra Norrlands kust- och slättområden" inom länet.



Figur 4-1. Västerbottens län och dess större vattendrag. Av MSB översiktligt karterade vattendrag, Räddningsverket (2006, 1999a, 2002, 1999b och 2000) framgår, samt regionindelningen fjäll, inland och kust.

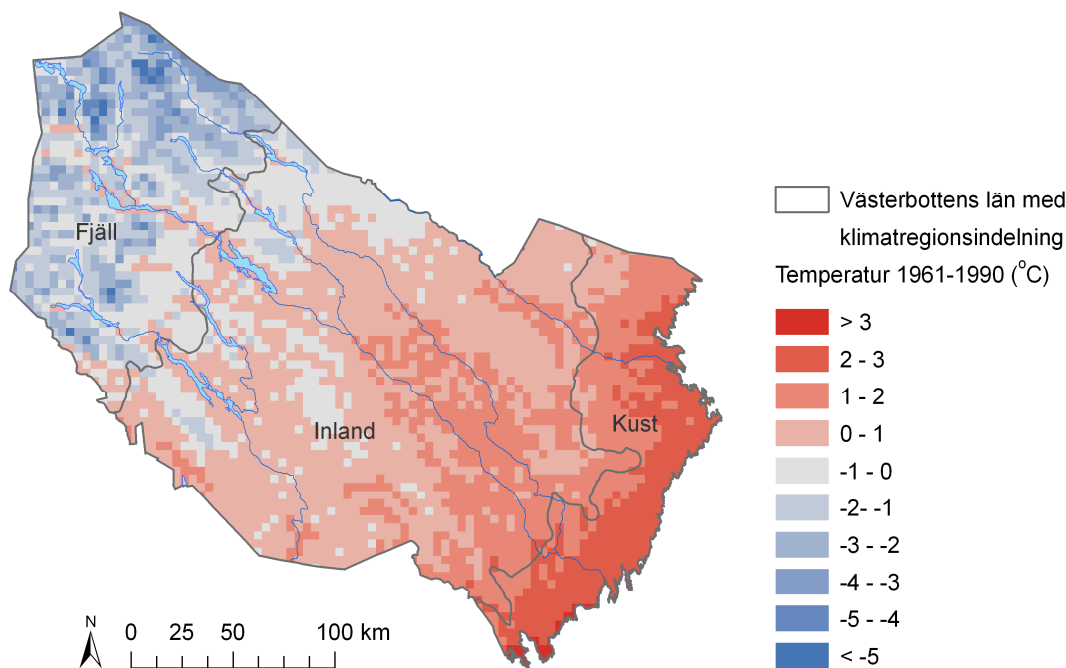
## 4.3 Temperatur

### 4.3.1 Temperatur i dagens klimat

Temperatur är en klimatvariabel som varierar måttligt både i tid och rum. Temperaturen är således relativt likartad över större områden. Höjden (egentligen trycket) har dock ett avgörande inflytande på temperaturen vilket spelar in när lågt och högt belägna områden jämförs med varandra och vilket är anledningen till att det är kallare i fjällen än närmre kusten. En tumregel är att temperaturen sjunker med ca  $0,6\text{ }^{\circ}\text{C} / 100\text{ m}$ .

I Figur 4-2 visas den rumsliga variationen av temperaturen i länet under referensperioden 1961 – 1990 med data från PTHBV. PTHBV är SMHI:s databas med areellt interpolerad temperatur och nederbörd (Johansson, 2000, Johansson och Chen 2003; 2005) och innehåller optimalt interpolerade observationer med en upplösning på  $4 \times 4\text{ km}$  från och med 1961. Genom att använda PTHBV kan områden mellan klimatstationer analyseras med hänsyn taget till bland annat topografi och regionala trender.

Årsmedeltemperaturen 1961-1990 för hela länet var ca  $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . För fjällregionen är årsmedel ca  $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , för inlandet är årsmedel ca  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  och för kustregionen är årsmedel ca  $2,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



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

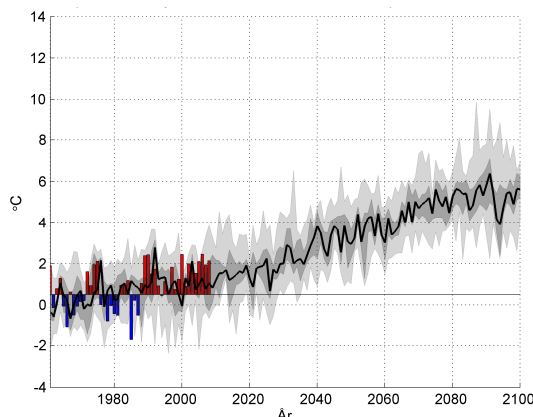
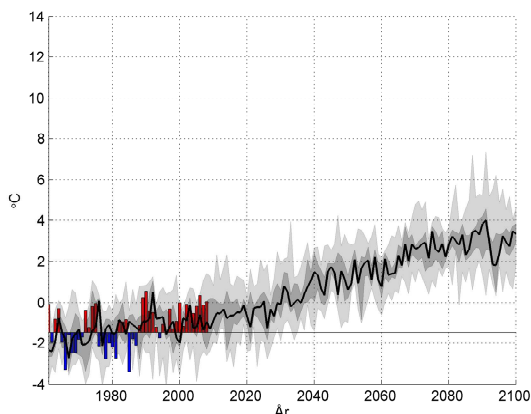
#### 4.3.2 Medeltemperatur för år och säsong i framtida klimat

För att sammanställa statistik för dagens klimat för Västerbottens län har observationer för nederbörd hämtats från databasen PTHBV.

Beräknad utveckling av årsmedeltemperaturen för Västerbottens län, region fjäll, inland och kust, baserat på samtliga klimatscenarier i Bilaga 1, Tabell B1-1, visas i Figur 4-3. Årsmedeltemperaturen för respektive region under referensperioden 1961-1990 visas som en horisontell linje. Historiska observationer för länet illustreras som avvikelse från medeltemperaturen med staplar. Positiv avvikelse visas i röda staplar och negativ avvikelse visas i blå staplar.

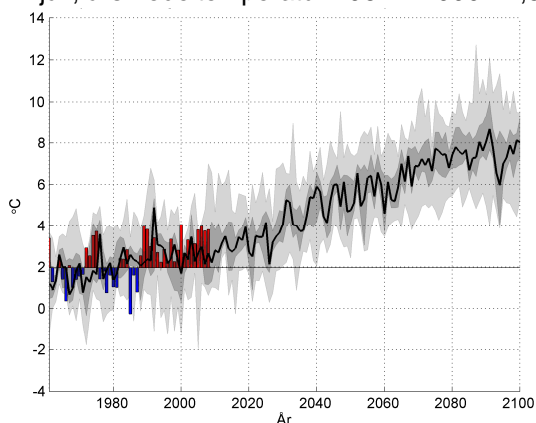
De olika skuggningarna är statistiska mått som beskriver variationen i resultat mellan olika klimatscenarier. Dessa fält är uppifrån och nedåt: maximalt värde, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimalt värde från samtliga klimatscenarier jämfört med referensperioden. Medianvärdet av ensemblens klimatscenarier visas med en svart linje.

Resultaten visar på en gradvis ökning av årsmedeltemperaturen under resten av seklet men också på en stor spridning. Det kan exempelvis inte uteslutas att vi får kalla år en bra bit in på seklet. Förändringen av årsmedeltemperaturen tenderar att vara något större för kustregionen (ca 4-7 °C ökning) än för inlandsregionen (ca 3,5-5,5 °C ökning) och för fjällregionen (ca 3,5-5,5 °C ökning) mot slutet av seklet då medianen studeras. För fjällregionen innebär ökningen att årsmedeltemperaturen förskjuts från under noll grader till över.



Fjäll, årsmedeltemperatur 1961 – 1990: -1,5 °C

Inland, årsmedeltemperatur 1961 – 1990: 0,5 °C

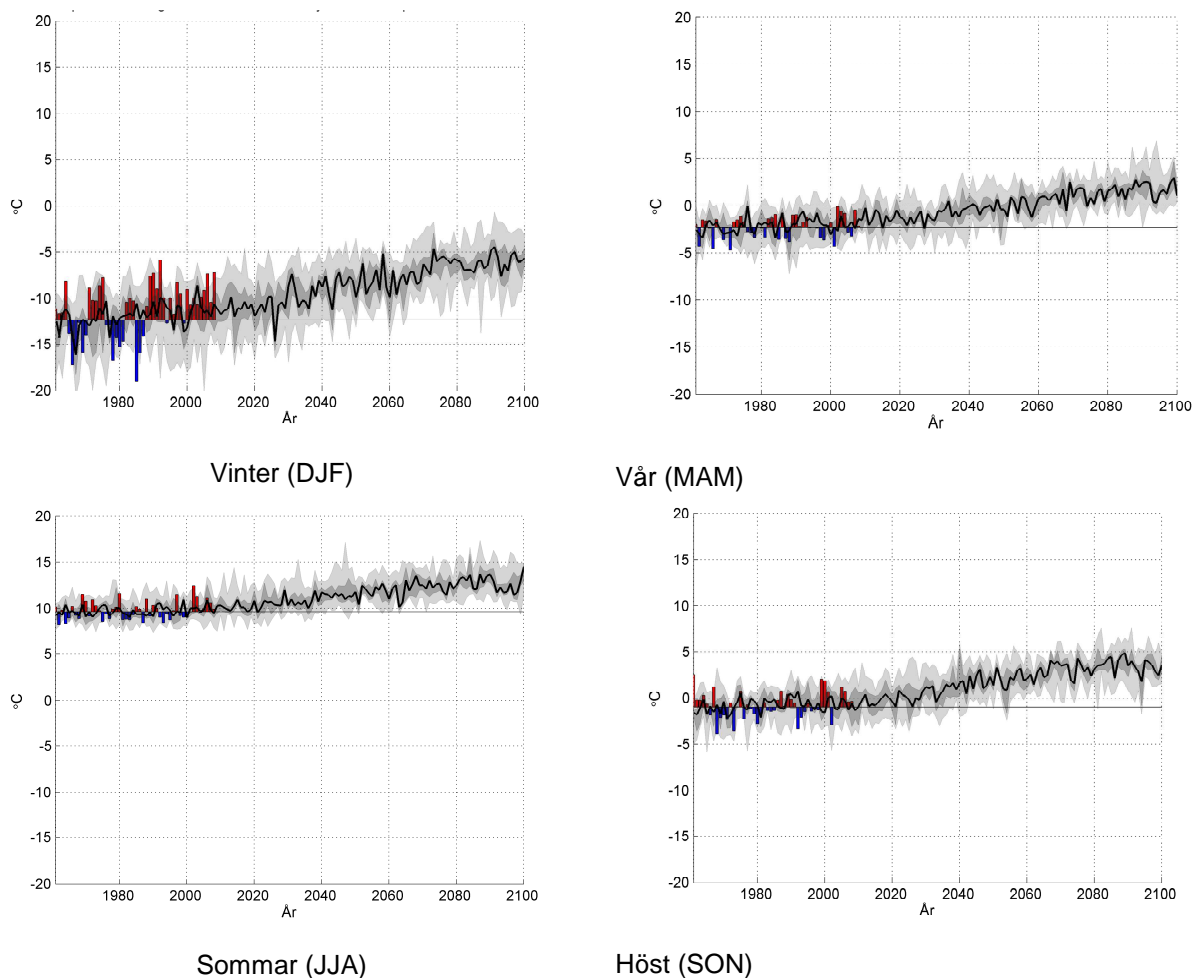


Kust, årsmedeltemperatur 1961 – 1990: 2,0 °C

*Figur 4-3. Beräknad temperaturutveckling i Västerbottens län uppdelat på region fjäll, inland och kust, baserat på samtliga klimatscenarier i Tabell B1-1. 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.*

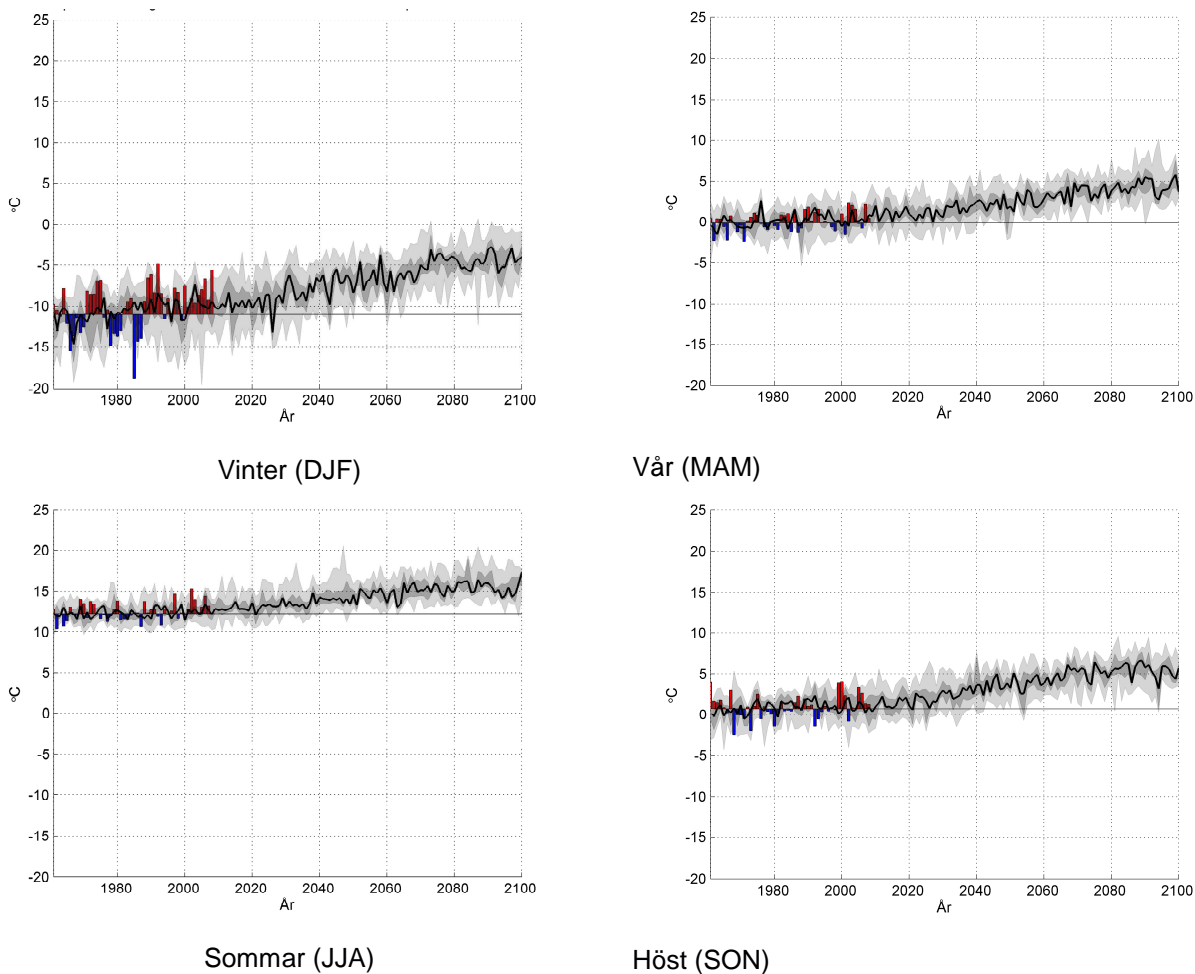
Figur 4-4 till Figur 4-6, som visar säsongsvariationer av medeltemperatur för de olika regionerna, är det värt att notera att temperaturökningen är något större under vinterperioden men att den framträder under alla årstider. Kust och fjäll ser ut att påverkas något mer än inlandet. Vinter definieras som december – februari (DJF), vår som mars – maj (MAM), sommar som juni – augusti (JJA) och höst som september – november (SON).

Generellt för figurerna är att trenden är likartad för de flesta klimatscenarier och att även de lägsta temperaturerna mot slutet av seklet med få undantag ligger på ett högre värde än referensperiodens medeltemperatur. Observera att medianen av klimatscenarioensemblen följer trenden i observationerna fram till 2009 mot högre värden.

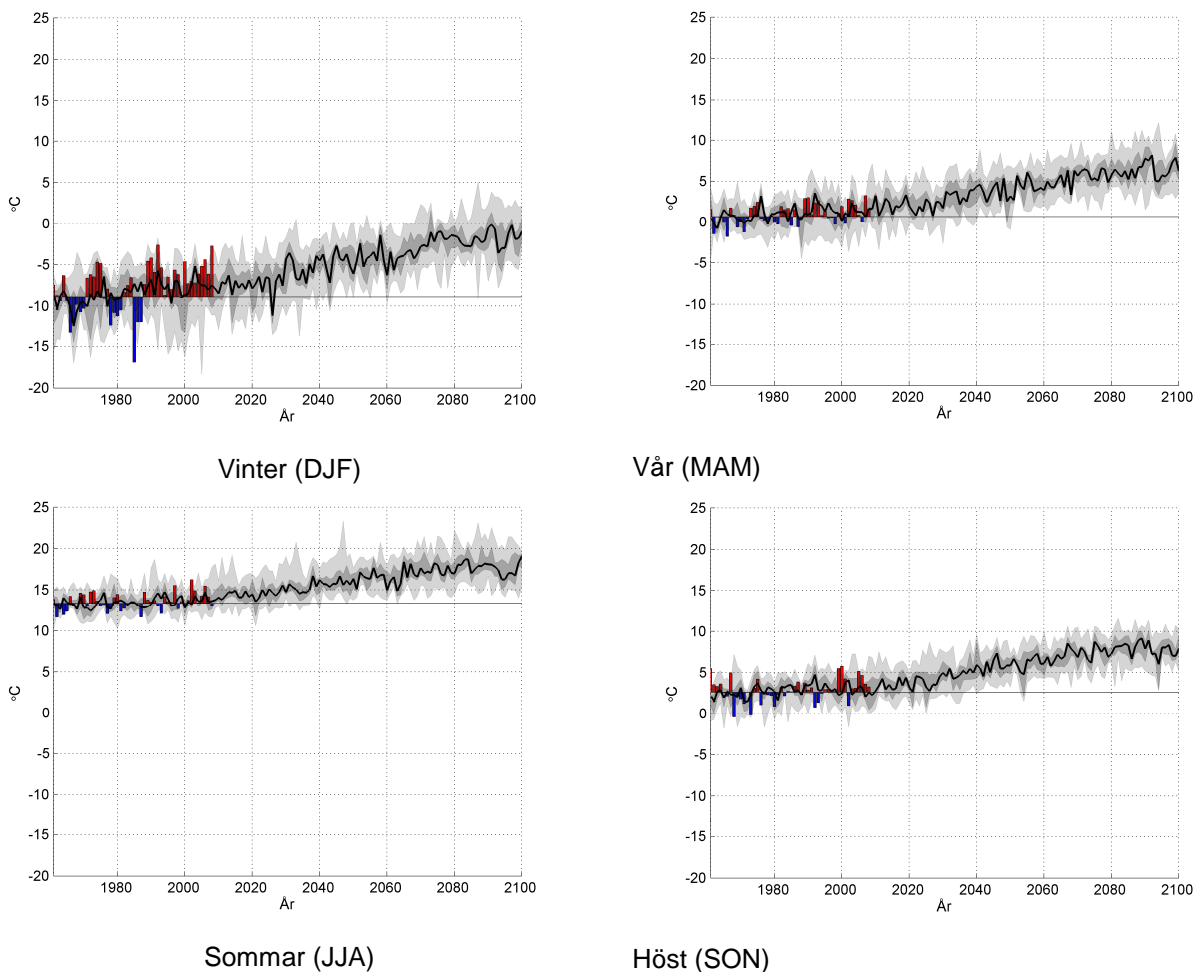


*Figur 4-4. Beräknad temperaturutveckling i Västerbottens län, region fjäll, för de olika årstiderna baserat på samtliga klimatscenarier i Tabell B1-1. Historiska observationer visas som staplar. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximumvärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimumvärdet av säsongmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar.*





Figur 4-5. Beräknad temperaturutveckling i Västerbottens län, region Inland, för de olika årstiderna baserat på samtliga klimatscenarier i Tabell B1-1. 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, maximumvärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimumvärdet av säsongsmedeltemperaturen från samtliga klimatberäkningar.



*Figur 4-6. Beräknad medeltemperaturutveckling i Västerbottens län, region kust, för de olika årstiderna baserat på samtliga klimatscenarier i Tabell B1-1. 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 säsongsmedel-temperaturen från samtliga klimatberäkningar.*

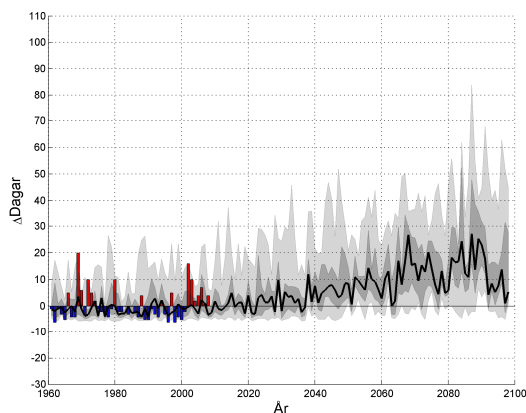
### 4.3.3 Varma dagar: Antal dygn med dygnsmedeltemperatur > 15 °C

Analys av maxtemperatur bör egentligen göras utgående från dygnets högsta temperatur. Det datamaterial som har använts i denna studie beskriver enbart dygnsmedelvärden och denna analys har därför istället gjorts utgående från dessa data. Korrelationen mellan maxtemperatur och dygnsmedeltemperatur är god vilket gör analysen möjlig. Det är dock viktigt att poängtera att tröskelvärdet för vilken temperatur som är hög skiljer sig åt beroende på om det är dygnets maxtemperatur eller dygnsmedeltemperatur som analyseras. Tröskeltemperaturen som har valts för analysen av dygnsmedeltemperatur är 15 °C för samtliga regioner, vilket motsvarar en maxtemperatur på ca 20 °C.

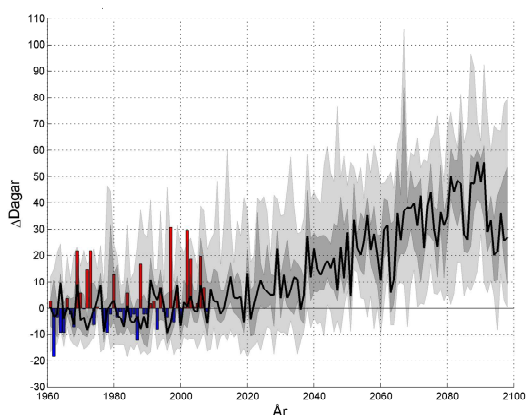
Analys har gjorts över antal dygn per år som dygnsmedeltemperaturen överstiger 15 °C. Resultatet presenteras i Figur 4-7 och visar antalet dygn per år relativt referensperioden

1961-1990. Referensperiodens medelvärde ligger på 6, 18 och 26 dygn per år för region fjäll, inland respektive kust. 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 samtliga klimatberäkningar.

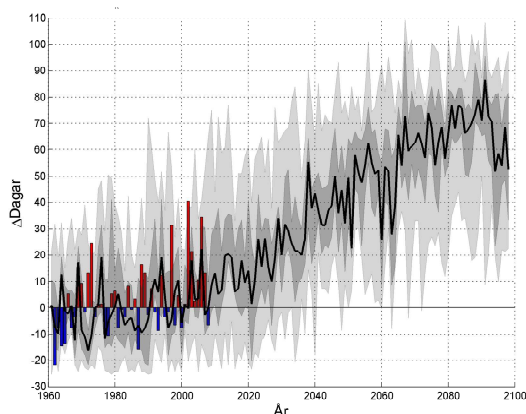
Trenden som kan ses i figurerna ger att antalet dygn med hög dygnsmedeltemperatur och därmed också hög maxtemperatur förväntas öka. Mot slutet av seklet visar medianlinjen på en ökning i region fjäll, inland och kust på 0-30, 20-60 respektive 50-90 dygn jämfört med referensperioden. Det förekommer stor spridning av resultaten.



Fjäll, medelvärde 1961 – 1990: 6 dygn



Inland, medelvärde 1961 – 1990: 18 dygn



Kust, medelvärde 1961 – 1990: 26 dygn

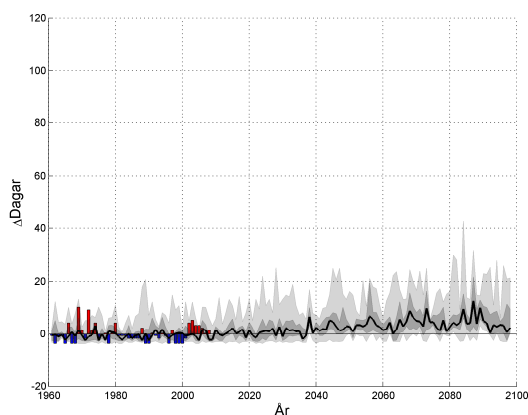
*Figur 4-7. Antal dygn med dygnsmedeltemperatur överstigande 15 °C relativt referensperioden 1961-1990 i Västerbottens län, uppdelat på distrikt fjäll, inland respektive kust. Historiska observationer visas som staplar. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar 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 samtliga klimatberäkningar. Längden på värmeböljor väntas öka gradvis mot slutet av seklet.*

#### 4.3.4 Värmeböljor: Maximalt antal sammanhängande dygn med dygnsmedeltemperatur över 15°C

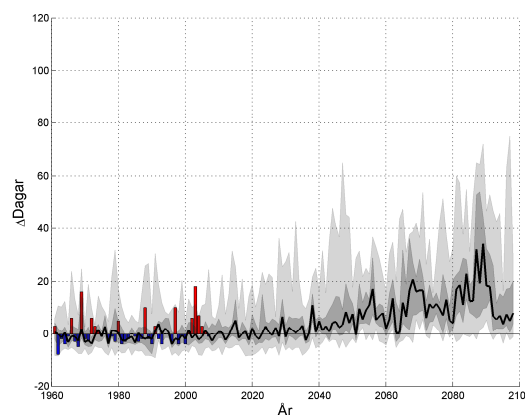
Analys har gjorts över maximalt antal sammanhängande dygn per år som dygnsmedeltemperaturen överstiger 15 °C. Tröskeltemperaturen som har valts för analysen av dygnsmedeltemperatur är 15 °C för samtliga regioner, vilket motsvarar en maxtemperatur på ca 20 °C, analogt med resonemanget i föregående avsnitt.

Resultatet presenteras relativt referensperioden 1961-1990 och visas i Figur 4-8. Referensperiodens medelvärde ligger på 4, 8 och 11 dygn per år för region fjäll, inland respektive kust. 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 samtliga klimatberäkningar.

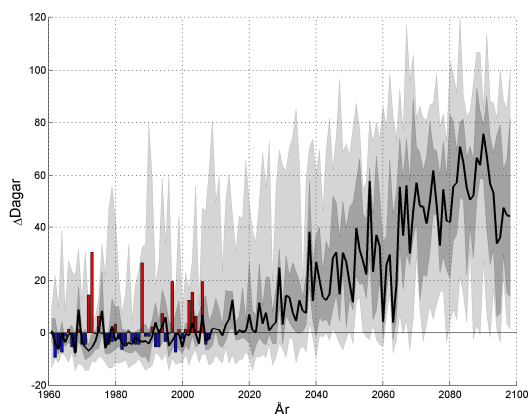
I figuren ses en gradvis ökning av antalet varma sammanhängande dygn mot slutet på seklet. Dock förekommer det en tydlig spridning i resultaten. Medianlinjen visar på en ökning med uppemot 0-15, 10-30 och 30-80 dygn för region fjäll, inland respektive kust mot slutet av seklet.



Fjäll, medelvärde 1961 – 1990: 4 dygn



Inland, medelvärde 1961 – 1990: 8 dygn



Kust, medelvärde 1961 – 1990: 11 dygn

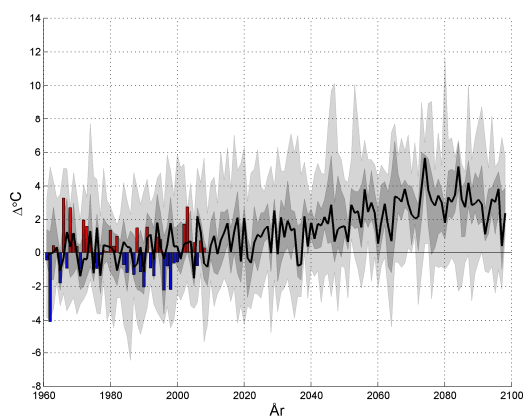
*Figur 4-8. Maximalt antal sammanhängande dygn med medeltemperatur överstigande 15 °C relativt referensperioden 1961-1990 för Västerbottens län, uppdelat på distrikt fjäll, inland respektive kust. Historiska observationer visas som staplar. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas 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 samtliga klimatberäkningar. I figurerna ses en gradvis ökning av antalet varma sammanhängande dygn mot slutet på seklet.*

#### 4.3.5 Maxtemperatur: Framtida förändring av årets högsta dygnsmedeltemperatur

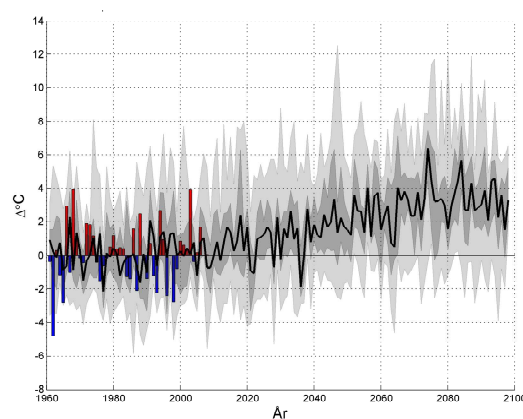
Analys har gjorts över framtida förändring av årets högsta dygnsmedeltemperatur. Resultatet presenteras relativt referensperioden 1961-1990 och visas i Figur 4-9. Referensperiodens medelvärde ligger på 17,1, 19,6 och 19,8 °C för årets högsta dygnsmedeltemperatur för region fjäll, inland respektive kust. 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 samtliga klimatberäkningar.

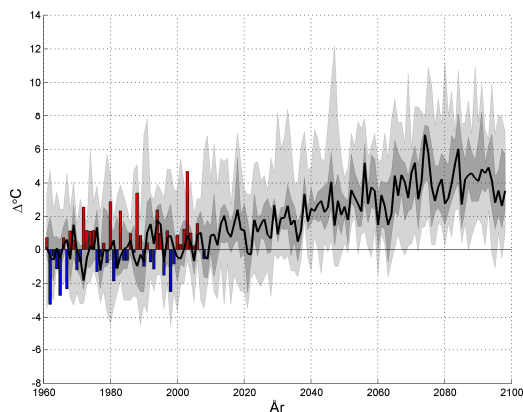
I figuren ses en gradvis ökning av årets högsta dygnsmedeltemperatur under innevarande sekel. Dock förekommer det en tydlig spridning i resultaten. Medianlinjen visar på en ökning med cirka 0-5 °C, 1-6 °C och 2-7 °C för region fjäll, inland och kust mot slutet av seklet.



Fjäll, medelvärde 1961 – 1990: 17,1 °C



Inland, medelvärde 1961 – 1990: 19,6 °C



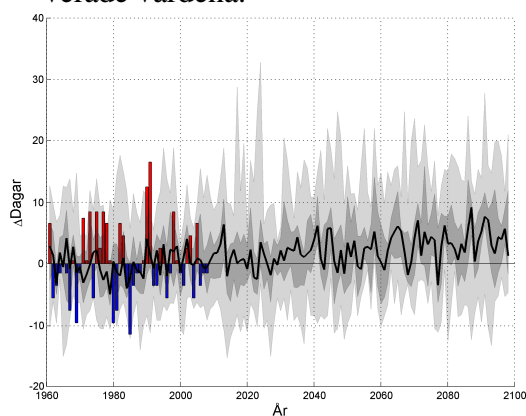
Kust, medelvärde 1961 – 1990: 19,8 °C

**Figur 4-9.** Framtida förändring av maxtemperatur under året relativt referensperioden 1961-1990 för Västerbottens län, uppdelat på distrikt fjäll, inland respektive kust. 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 samtliga klimatberäkningar. I figurerna ses en gradvis ökning av maxtemperaturen mot slutet på seklet.

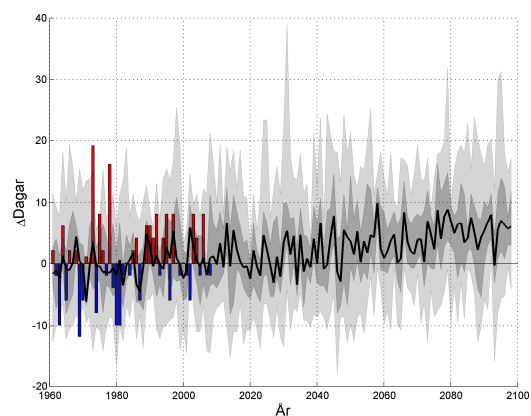
### 4.3.6 Nollgenomgångar över dygnstemperatur

Antalet nollgenomgångar har beräknats genom att studera när två på varandra följande dygn har en skillnad i temperatur som genomkorsar 0 °C. Antalet sådana tillfällen per år relativt referensperioden 1961-1990 presenteras i Figur 4-10. Referensperiodens medelvärde ligger på 24 tillfällen per år för regionerna fjäll och inland och 28 tillfällen för kustregionen. 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 samtliga klimatberäkningar.

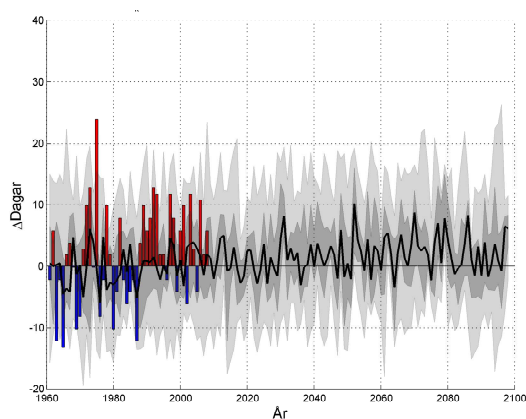
Trenden som kan ses i figurerna är svagt ökande för antalet nollgenomgångar i länet. Trenden är svagast för kustregionen. Spridningen av resultaten är stor, liksom de observerade värdena.



Fjäll, medelvärde 1961 – 1990: 24 dygn



Inland, medelvärde 1961 – 1990: 24 dygn



Kust, medelvärde 1961 – 1990: 28 dygn

**Figur 4-10.** *Antal nollgenomgångar relativt referensperioden 1961-1990 för Västerbottens län, uppdelat på distrikt fjäll, inland respektive kust. 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 samtliga klimatberäkningar. Trenden som kan ses i figuren är att antalet nollgenomgångar öka något.*

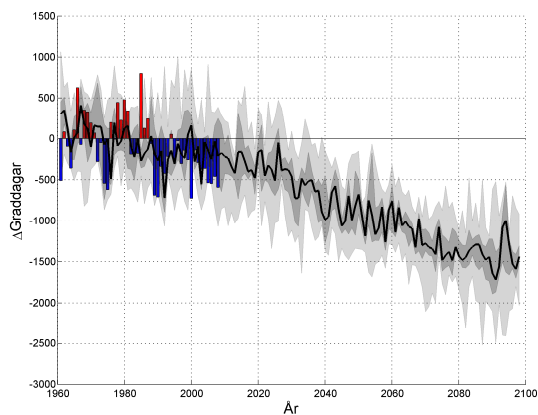
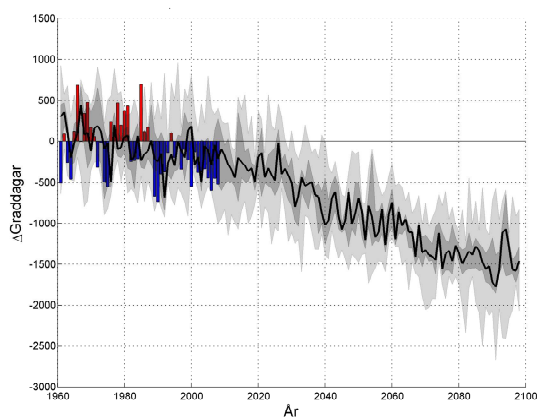


#### **4.3.7 Antal graddagar med värmebehov**

Beräkningen av graddagar utgår från att en byggnads värmesystem ska värma upp byggnaden till 17 °C. Resterande energibehov antas tillkomma från solinstrålning samt från värme som alstras av personer och elektrisk utrustning i byggnaden. Beräkningen av graddagar med värmebehov görs genom att för varje dygn under året beräkna skillnaden mellan dygnsmedeltemperaturen och 17 °C, förutsatt att dygnsmedeltemperaturen understiger 17 °C. Denna skillnad summeras sedan årsvis. Till exempel ger en dag då medeltemperaturen varit 5 °C ett bidrag med 12 graddagar under året. Vår, sommar och höst har solinstrålningen särskilt stor betydelse, varför graddagar då endast beräknas när dygnsmedeltemperaturen underskrider följande värden: April 12 °C, maj-juli 10 °C, augusti 11 °C, september 12 °C, oktober 13 °C.

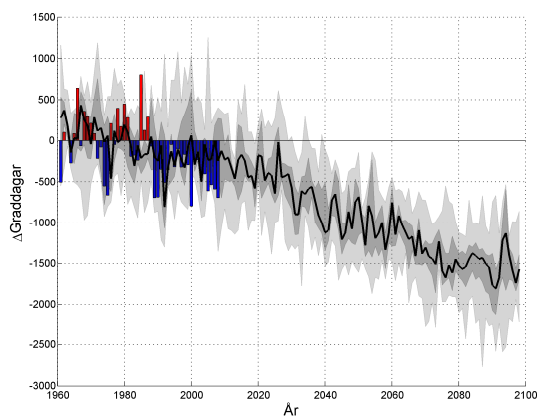
Resultatet från utförda beräkningar av graddagar per år relativt referensperioden visas i Figur 4-11. Medelvärdet för referensperioden 1961-1990 var för region fjäll, inland och kust cirka 5600, 5000 respektive 4500 graddagar per år. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som 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 samtliga klimatberäkningar.

Det förekommer en spridning av resultaten, men den tydliga trenden är att antalet graddagar med värmebehov kommer att minska i framtiden som en följd av det förväntat varmare klimatet, med mellan 1000-2000 graddagar i länet.



Fjäll, medelvärde 1961 – 1990: ca 5600 graddagar

Inland, medelvärde 1961 – 1990: ca 5000 graddagar



Kust, medelvärde 1961 – 1990: ca 4500 graddagar

**Figur 4-11** *Antal graddagar understigande 17 °C relativt referensperioden 1961-1990 för Västerbottens län, uppdelat på distrikt fjäll, inland och kust. 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, maximumvärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimumvärdet av samtliga klimatberäkningar. Det förekommer spridning i resultaten, men den tydliga trenden är att antalet graddagar med värmebehov kommer att minska i framtiden.*

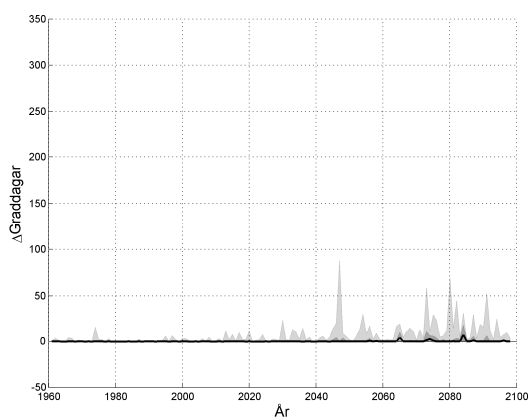
#### 4.3.8 Antal graddagar med kylbehov

Beräkning av antal graddagar per år överstigande 20 °C har utförts genom att för varje dygn då dygnsmedeltemperaturen överstiger 20 °C beräkna skillnaden mellan detta dygns värde och 20 °C.

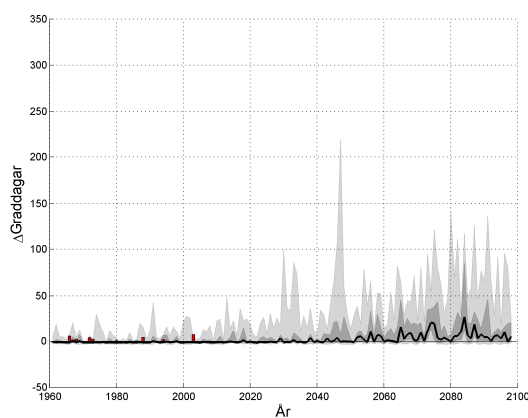
Till exempel ger en dag då dygnsmedeltemperaturen varit 23 °C ett bidrag med 3 graddagar under året. En summering har sedan gjorts för de skillnader som erhållits under året.

Resultatet från utförda beräkningar relativt referensperioden 1961-1990 presenteras i Figur 4-12. Referensperiodens medelvärde var för region fjäll, inland och kust 0 graddagar, 1 graddag respektive 1.5 graddag per år. 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 samtliga klimatberäkningar.

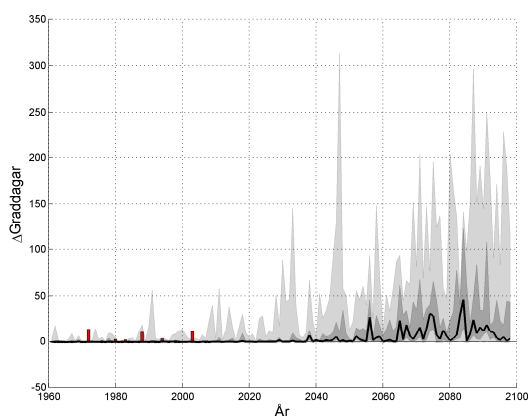
Då medianen från klimatensemblen studeras ses att kylbehovet förväntas öka något mot slutet av seklet med 0 – 50 graddagar för kustregionen och 0 – 25 graddagar för inlandet medan fjällregionen är i princip oförändrad, då ensemblemedianen studeras. Dessförinnan är det ingen större skillnad i antalet graddagar för någon region. Dock förekommer en ganska stor spridning i resultaten, vilket indikerar att extremt varma somrar kan ge avsevärt större kylbehov än vad som ses enbart från medianvärdet.



Fjäll, medelvärde 1961 – 1990: 0 graddagar



Inland, medelvärde 1961 – 1990: 1 graddag



Kust, medelvärde 1961 – 1990: 1.5 graddag

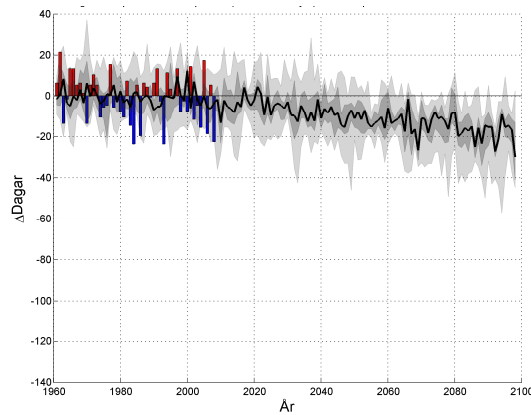
**Figur 4-12** *Antal graddagar överstigande 20 °C relativt referensperioden 1961-1990 för Västerbottens län, uppdelat på distrikt fjäll, inland och kust. Historiska observationer visas som staplar. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som röda staplar och lägre värden visas som blå staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av samtliga klimatberäkningar. Det förekommer spridning i resultaten, men den generella trenden är att antalet graddagar med kylbehov kommer vara något ökande mot slutet av seklet.*

#### 4.3.9 Vegetationsperiodens start

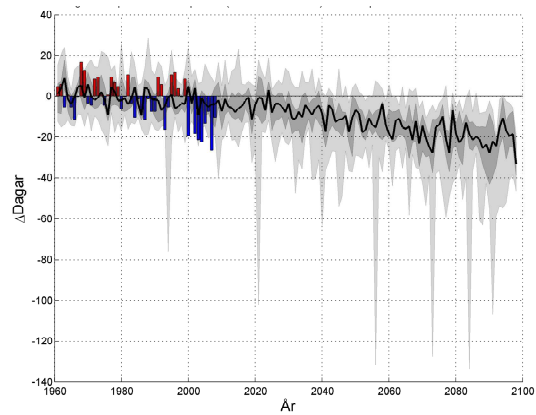
Vegetationsperiodens start har beräknats genom att studera första tillfället för varje år då dygnsmedeltemperaturen överstiger 5 °C under 4 dygn i följd. Resultaten presenteras relativt referensperioden 1961-1990 och visas i Figur 4-13. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas 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 samtliga klimatberäkningar. Referensperiodens medelvärde av växtperiodens startdag är för region fjäll, inland och kust dag 145 (slutet av maj), dag 131 (början av maj) respektive dag 132 (början av maj).

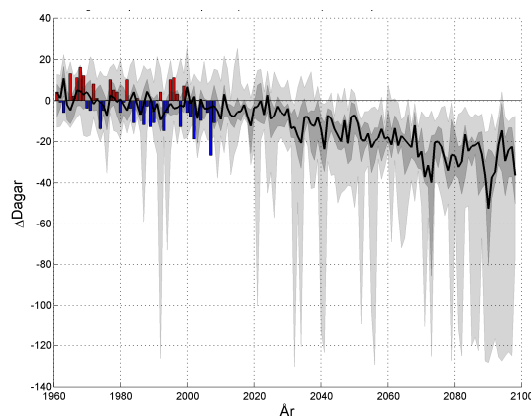
Ur figurerna kan utläsas att vegetationsperiodens start beräknas infalla tidigare under året i ett framtida varmare klimat. Mot slutet av seklet rör det sig om 10-30 dagar tidigare för region fjäll och inland och cirka 20-50 dagar tidigare för region kust då medianvärdet studeras. Det förekommer en spridning i resultaten, där vissa extrema år till och med har vegetationsperioder nära årets start. De flesta klimatscenerierna visar på en tidigare start av vegetationsperioden, även om det finns stora skillnader mellan enskilda år.



Fjäll, medelvärde 1961 – 1990: dag 145 (slutet av maj)



Inland, medelvärde 1961 – 1990: dag 131 (början av maj)



Kust, medelvärde 1961 – 1990: dag 131 (början av maj)

*Figur 4-13. Vegetationsperiodens start på året relativt referensperioden 1961-1990 för Västerbottens län, uppdelat på distrikt fjäll, inland och kust. 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 samtliga klimatberäkningar. Vegetationsperiodens start beräknas infalla tidigare under året i ett framtida varmare klimat.*

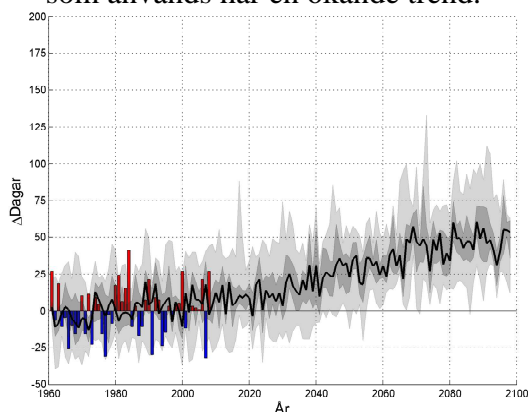
#### 4.3.10 Vegetationsperiodens längd

Vegetationsperiodens längd har studerats genom att beräkna antal dygn mellan första tillfället under året då medeltemperaturen överstiger 5 °C under 4 sammanhängande dygn och sista tillfället under året då medeltemperaturen överstiger 5 °C under 4 sammanhängande dygn.

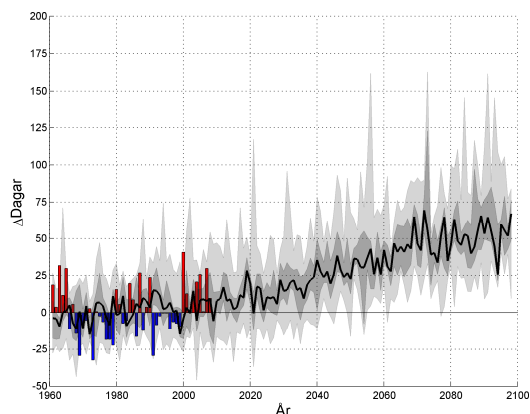
Resultatet från dessa beräkningar presenteras relativt referensperioden 1961-1990 och visas i Figur 4-14. Medelvärdet för referensperioden 1961-1990 är för region fjäll, inland och kust 120 dagar, 140 dagar respektive 150 dagar. Observerade värden större än

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 samtliga klimatberäkningar.

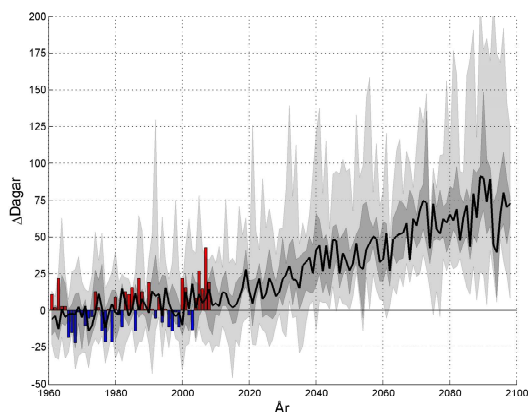
Figuren visar att i ett framtida varmare klimat beräknas vegetationsperioderna bli längre. Medianlinjen i figuren visar på en ökning med 25-60 dagar för region fjäll och inland och 40-90 dagar för region kust fram mot slutet av seklet. Alla klimatscenarierna som används har en ökande trend.



Fjäll, medelvärde 1961 – 1990: 120 dagar



Inland, medelvärde 1961 – 1990: 140 dagar



Kust, medelvärde 1961 – 1990: 150 dagar

**Figur 4-14** *Vegetationsperiodens längd* relativt referensperioden 1961-1990 för Västerbottens län, uppdelat på distrikt fjäll, inland och kust. 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 samtliga klimatberäkningar. Vegetationsperiodens längd antas bli längre i ett framtida varmare klimat.

## 4.4 Nederbörd

### 4.4.1 Nederbörd i dagens klimat

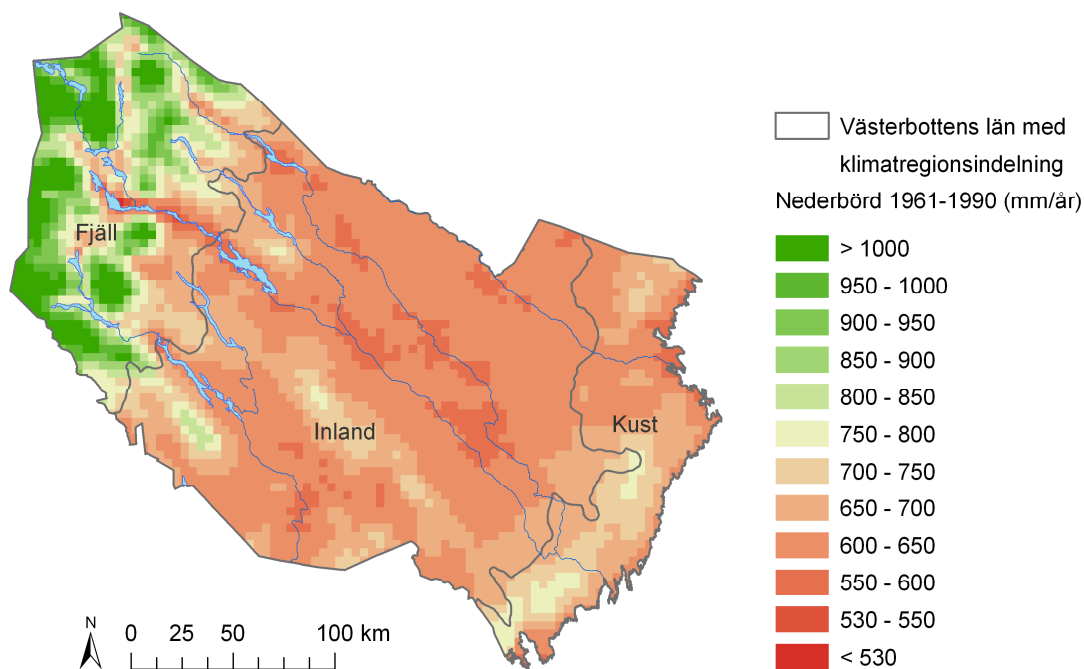
Nederbörd varierar till skillnad från temperaturen avsevärt både i tid och rum. Nederbördens varaktighet och intensitet är nära kopplat till den mekanism som genererar ne-

derbörden. 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 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 nederbördstillfällen. Nederbörd har, sett över större områden, en tendens att öka med höjden vilket leder till att länets höglänta områden har högre årsnederbörd än de låglänta.

Andelen nederbörd som faller som snö varierar inom länet, mellan 30 % i de södra kustområdena till upp mot 50 % i fjällen. 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.

På motsvarande sätt som för temperatur har interpolerad areell nederbörd från PTHBV analyserats för studieområdet, se Figur 4-15. Årsmedelnederbörden över analysområdet var för perioden 1961 – 1990 850 mm/år för region fjäll, 640 mm/år för region inland och 670 mm/år för region kust. Medelvärdet över hela området var för samma period 740 mm/år.



Figur 4-15. Årsmedelnederbörd under referensperioden 1961 – 1990 med data från PTHBV.



#### **4.4.2 Medelnederbörd för år och säsong framtida klimat**

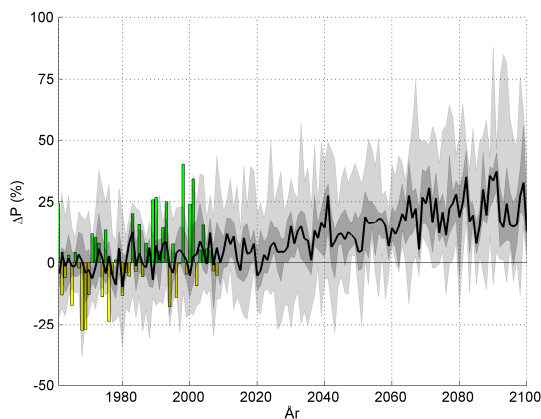
För att sammanställa statistik för dagens klimat för Västerbottens län har observationer av nederbörd hämtats från SMHIs areellt interpolerade databas PTHBV.

Beräknad utveckling av årsmedelnederbörd för Västerbottens län, region fjäll, inland och kust baserat på samtliga klimatscenarier i Bilaga 1, Tabell B1-1 visas i Figur 4-16. Förändringen anges i procentuell avvikelse. Historiska observationers avvikelse från referensperiodens medelnederbörd för respektive region visas med staplar. Positiv avvikelse visas i gröna staplar och negativ avvikelse visas i gula staplar.

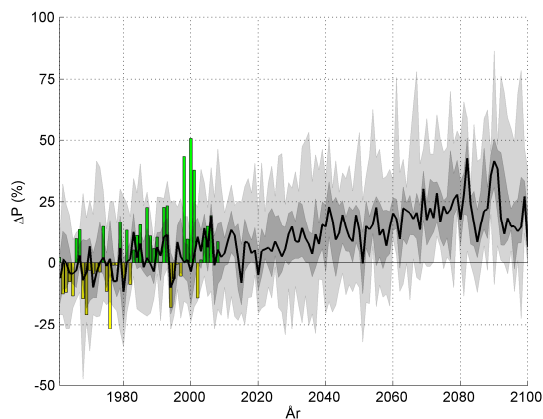
De olika skuggningarna är statistiska mått som beskriver variationen i resultat mellan olika klimatscenarier. Dessa fält är uppifrån och nedåt: maximalt värde, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimalt värde från samtliga klimatscenarier jämfört med referensperioden. Medianvärdet av ensemblens klimatscenarier visas med en svart linje.

Figur 4-17 till Figur 4-19 visar motsvarande data för de olika regionerna uppdelat på de fyra årstiderna, där vinter definieras som december – februari, vår som mars – maj, sommar som juni – augusti och höst som september – november.

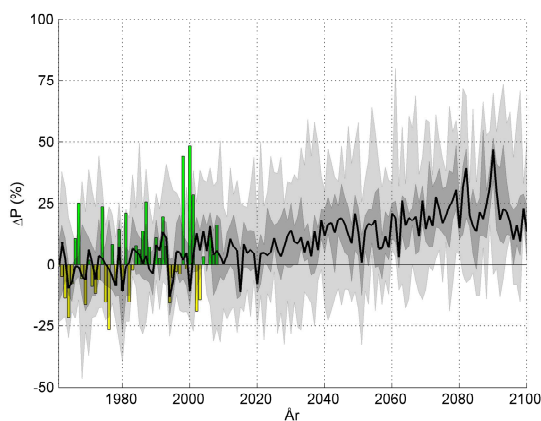
Figur 4-16 visar en gradvis ökning av årsmedelnederbörden under resten av seklet. Förändringen är likartad i de olika studerade regionerna och ligger på en ökning med 10-40 % i slutet av seklet då medianlinjen studeras för fjäll och inland och något högre, 10-50 % för kusten. Ur årstidsfigurerna i Figur 4-17 till 4-19 framgår att förändringarna är likartade också för de olika årstiderna, men något mindre ökning sommartid och något större vintertid kan anas. Gemensamt för både årsmedelnederbörd och säsongsnederbörd är att resultaten visar på stor spridning.



Fjäll, medelvärde 1961 – 1990: 850 mm

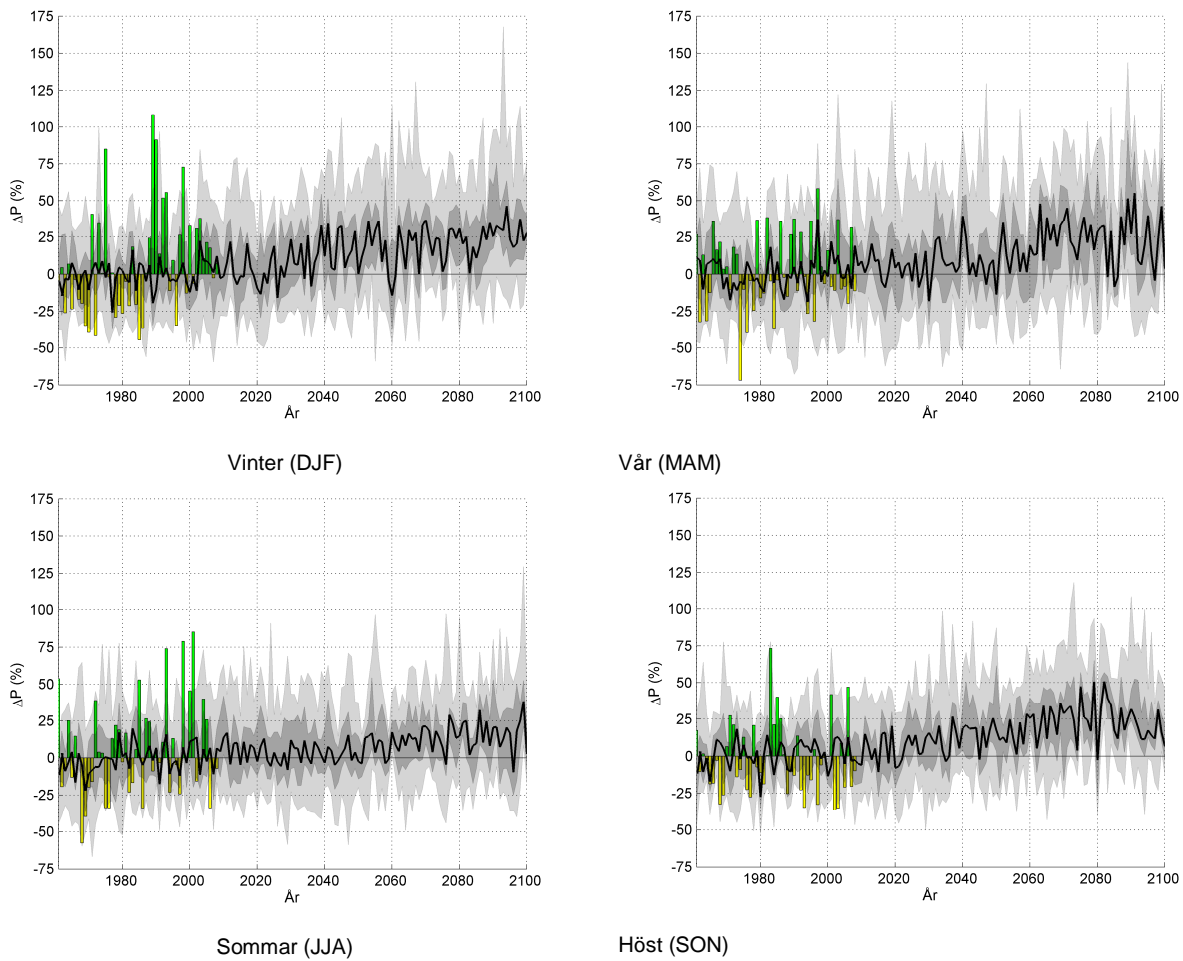


Inland, medelvärde 1961 – 1990: 640 mm

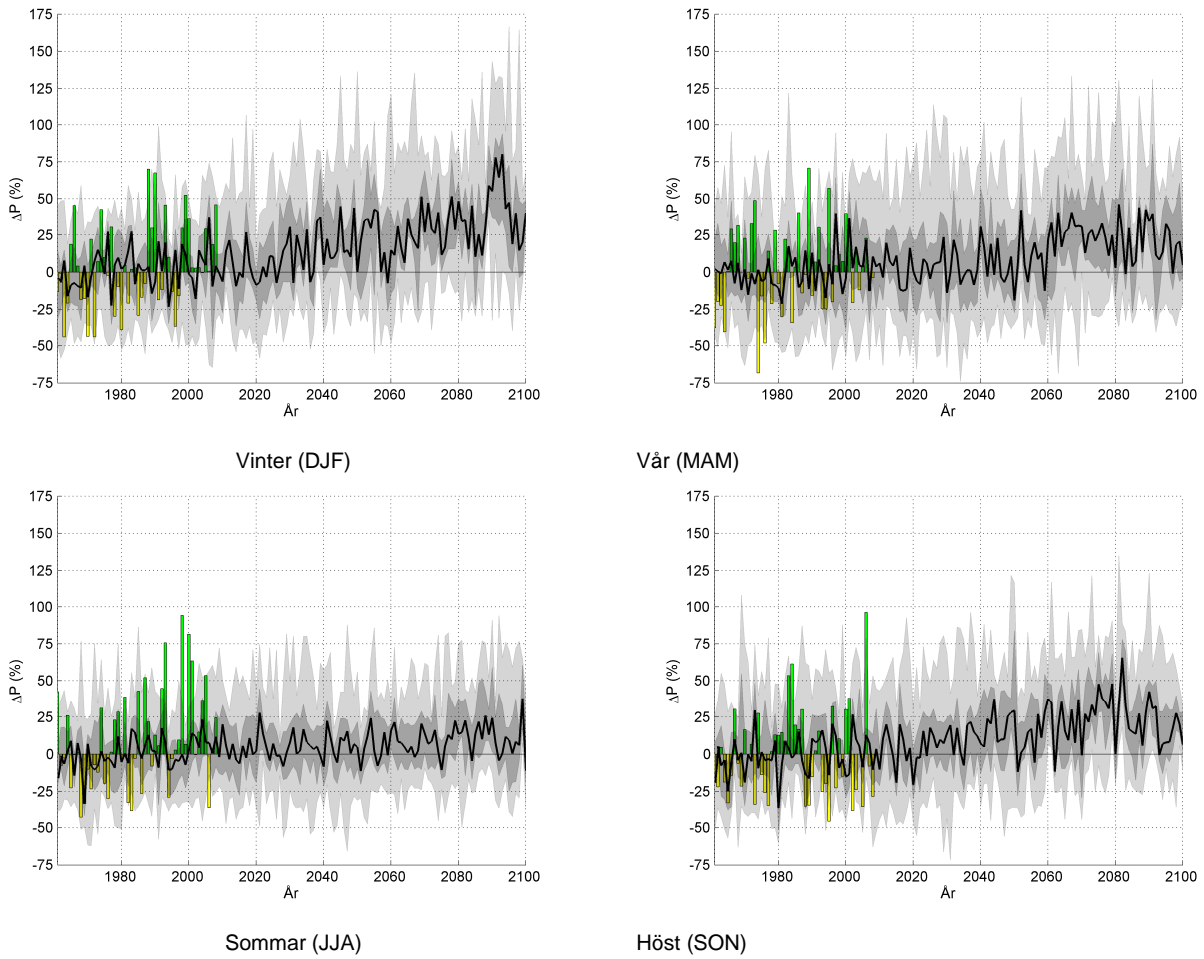


Kust, medelvärde 1961 – 1990: 670 mm

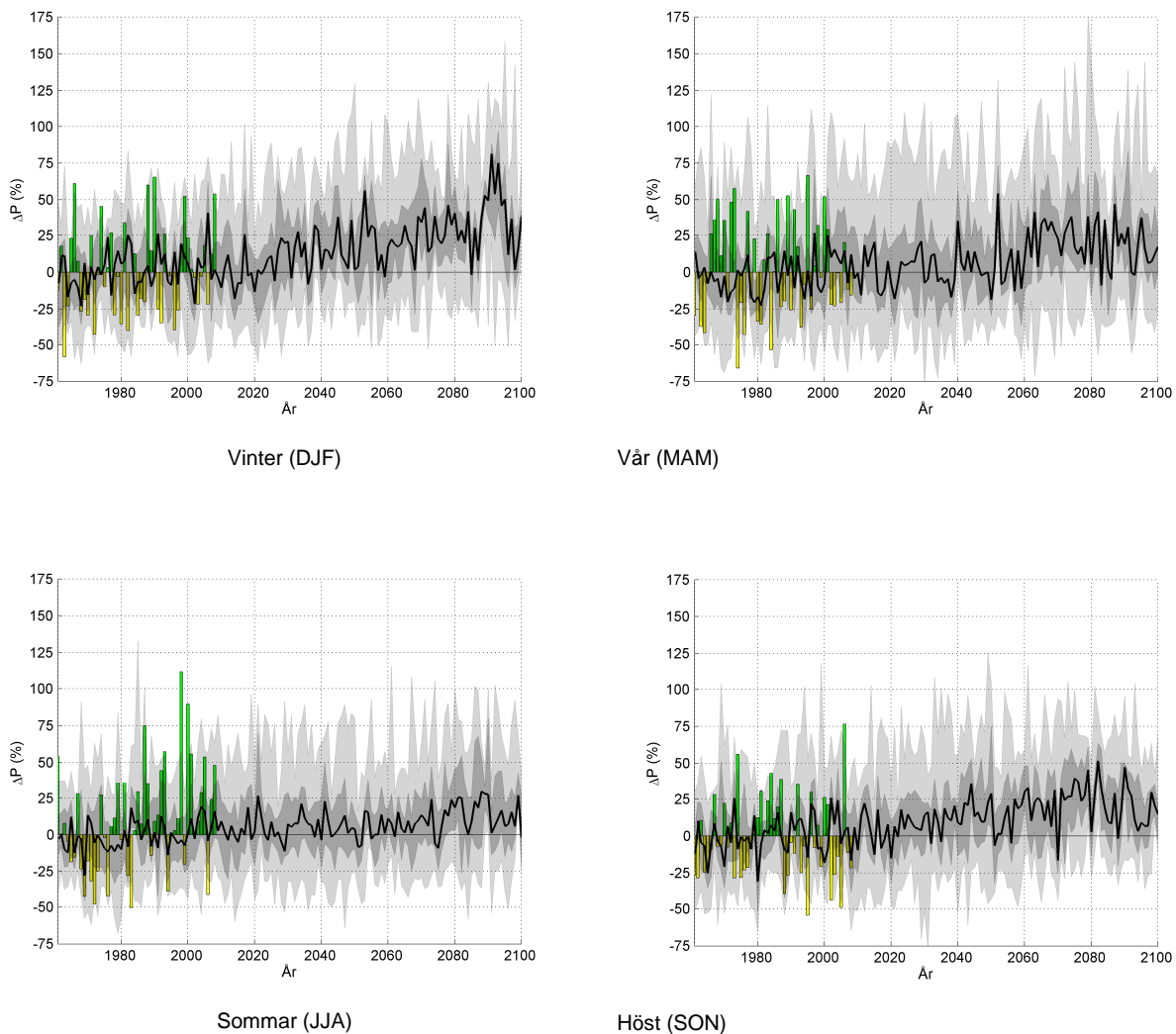
Figur 4-16. *Beräknad nederbördsutveckling i Västerbottens län, uppdelat på distrikt fjäll, inland och kust, baserat på samtliga klimatscenarier i Bilaga 1, Tabell B1-1. Historiska observationer visas som staplar där positiv avvikelse från referensperiodens medelvärde visas som gröna staplar och negativ som gula staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximumvärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimumvärdet av från samtliga klimatberäkningar. Figuren visar en gradvis ökning av årsmedelnederbörden under innevarande sekel.*



*Figur 4-17. Beräknad nederbördsutveckling i Västerbottens län distrikt fjäll, uppdelat på de fyra årstiderna, baserat på samtliga klimatscenarier i Tabell B1-1. 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 säsongsnederbörden från samtliga klimatberäkningar*



Figur 4-18. *Beräknad nederbördsutveckling i Västerbottens län distrikt inland, uppdelat på de fyra årstiderna, baserat på samtliga klimatscenarier i Tabell B1-1. 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 säsongsnederbörden från samtliga klimatberäkningar.*



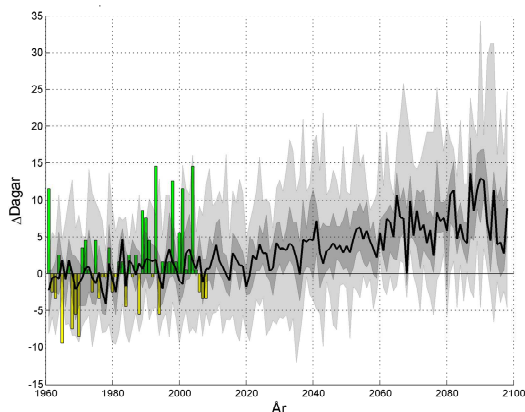
Figur 4-19. *Beräknad nederbördsutveckling i Västerbottens län distrikt kust, uppdelat på de fyra årstiderna, baserat på samtliga klimatscenarier i Tabell BI-1. Historiska observationer visas som staplar där positiv avvikelse från referensperiodens medelvärde visas som gröna staplar och negativ som gula staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximivärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimivärdet av säsongsnederbörden från samtliga klimatberäkningar.*

#### **4.4.3 Kraftig nederbörd: Antal dygn med dygnsmedelnederbörd över 10 mm**

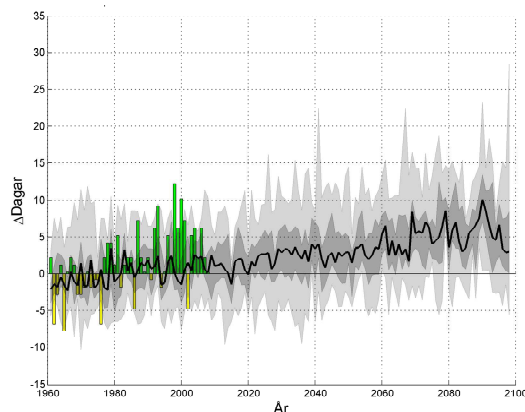
Beräkningar av antal dygn då dygnsmedelnederbörden överstiger 10 mm har utförts för klimatscenerierna i Bilaga 1, Tabell B1-1. Notera att det är dygnsmedelnederbörden för respektive region som helhet (fjäll, inland, kust i länet) som studerats och att en dygnsmedelnederbörd på 10 mm på en så pass stor yta visar på ett kraftigt regn över hela området. Det är även värt att notera att denna typ av analys inte studerar förekomsten av extrema nederbördshändelser (se vidare avsnitt 4.4.7)

Resultaten presenteras relativt referensperioden 1961-1990 och visas i Figur 4-20. Medelvärde för referensperioden är för region fjäll, inland och kust 15, 11 respektive 14 dagar. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som gröna staplar och lägre värden visas som gula staplar. Medianvärdet av samtliga klimatscenerier presenteras av den svarta linjen. De olika skuggningarna i figuren avser uppifrån och nedåt, maximalt antal dagar, 75:e percentilen av antal dagar, 25:e percentilen av antal dagar, samt det minimala antalet dagar av samtliga klimatberäkningar.

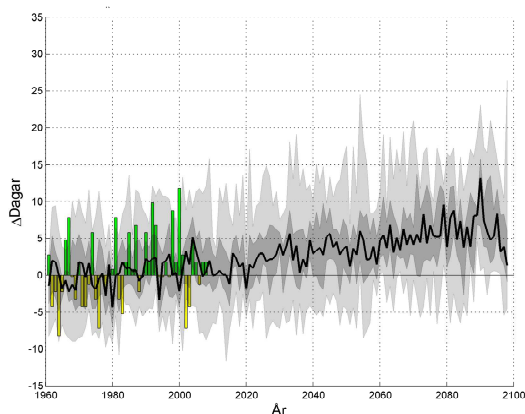
Trenden i figurerna är att antal dagar varje år då dygnsmedelnederbörden överstiger 10 mm ökar med ett antal dagar i ett framtida klimat, för region fjäll 5-15 dagar, för region inland 2-10 dagar och för region kust 2-15 dagar. Dock förekommer det spridning i resultaten, liksom i observationerna.



Fjäll, medelvärde 1961 – 1990: 15 dagar



Inland, medelvärde 1961 – 1990: 11 dagar



Kust, medelvärde 1961 – 1990: 14 dagar

**Figur 4-20.** Figuren visar antal dygn med nederbörd  $> 10\text{mm}$  för samtliga studerade klimatscenarier relativt referensperioden 1961-1990 för Västerbottens län uppdelat på region fjäll, inland och kust. Historiska observationer visas som staplar där positiv avvikelse från referensperiodens medelvärde visas som gröna staplar och negativ som gula staplar. Medianvärdet av samtliga klimatscenarier presenteras av den svarta linjen. De olika skuggningarna i figuren avser uppifrån och nedåt, maximalt antal dagar, 75:e percentilen av antal dagar, 25:e percentilen av antal dagar, samt det minimala antalet dagar av samtliga klimatberäkningar. Trenden i figuren är att antal dagar varje år då dygnsmedelnederbörden överstiger 10 mm ser ut att öka i ett framtida klimat.

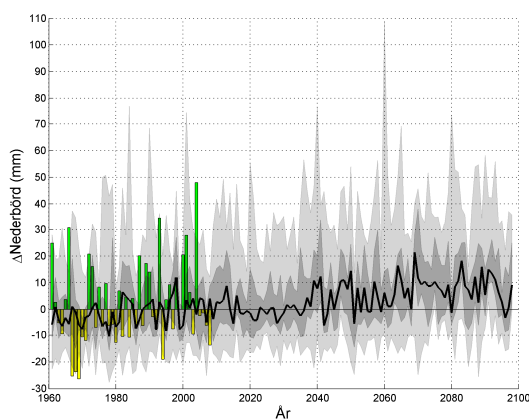
#### 4.4.4 Maximal 7-dagarsnederbörd i framtida klimat

Beräkningar av maximal 7-dagarsnederbörd per år har utförts för samtliga klimatscenarier.

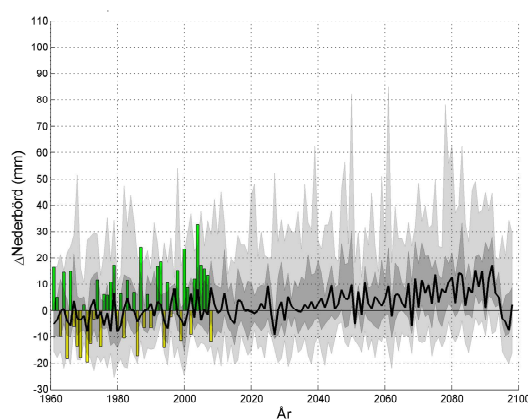
Resultaten presenteras relativt referensperioden 1961-1990 och visas i Figur 4-21. Medelvärdet för referensperioden var 66 mm, 58 mm och 62 mm för region fjäll, inland

respektive kust. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som gröna staplar och lägre värden visas som gula staplar. Medianvärdet av samtliga klimatscenarier presenteras av den svarta linjen. De olika skuggningarna i figuren avser uppifrån och nedåt, maximalt värde, 75:e percentilen, 25:e percentilen, samt minimala värde från samtliga klimatberäkningar.

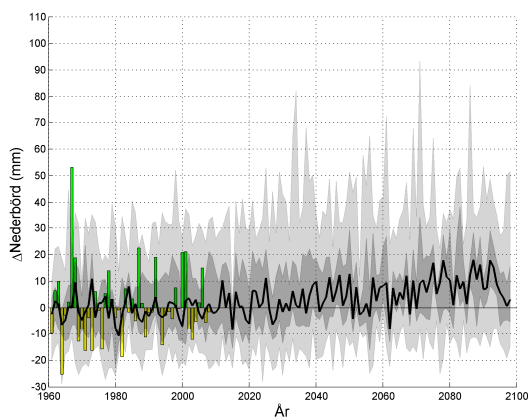
Trenden i figurerna är att maximal 7-dagarsnederbörd ökar något mot slutet av seklet i de framtida klimatscenierna i ungefär samma omfattning, upp mot 0-20 mm, för region fjäll, inland och kust. Stor spridning förekommer i resultaten.



Fjäll, medelvärde 1961 – 1990: 66 mm



Inland, medelvärde 1961 – 1990: 58 mm



Kust, medelvärde 1961 – 1990: 62 mm

**Figur 4-21.** Figuren visar maximal 7-dagarsnederbörd för samtliga studerade klimatscenarier relativt referensperioden 1961-1990 för Västerbottens län uppdelat på region fjäll, inland och kust. Historiska observationer visas som staplar där positiv avvikelse från referensperiodens medelvärde visas som gröna staplar och negativ som gula staplar. Medianvärdet av samtliga klimatscenarier presenteras av den svarta linjen. De olika skuggningarna i figuren avser uppifrån och nedåt, maximalt värde, 75:e percentilen, 25:e percentilen, samt minimala värde från samtliga klimatberäkningar. Maximal 7-dagarsnederbörd ser ut att öka något mot slutet av seklet.

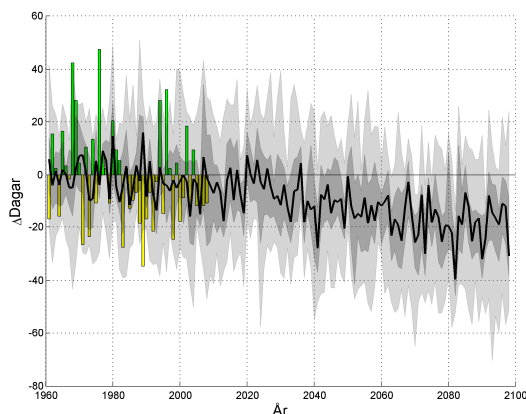


#### **4.4.5 Antal torra dagar med nederbörd mindre än 1 mm**

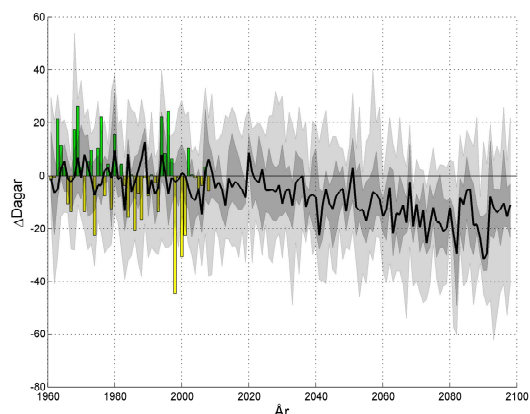
Årsvisa beräkningar av antal dygn då dygnsmedelnederbörden understiger 1 mm har utförts för samtliga klimatscenarier för region fjäll, kust och inland.

Resultaten presenteras relativt referensperioden 1961-1990 och visas i Figur 4-22. Medelvärde för referensperioden var 190, 230 och 235 dagar för region fjäll, inland respektive kust. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som gröna staplar och lägre värden visas som gula staplar. Medianvärdet av samtliga klimatscenarier presenteras av den svarta linjen. De olika skuggningarna i figuren avser uppifrån och nedåt, maximalt antal dagar, 75:e percentilen av antal dagar, 25:e percentilen av antal dagar, samt det minimala antalet dagar av samtliga klimatberäkningar.

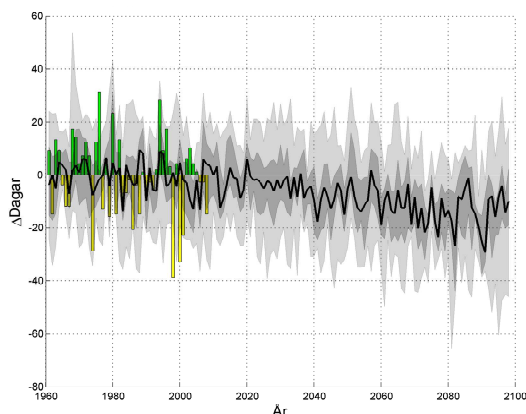
Antalet torra dagar minskar med 10 - 30 dagar för fjäll- och inlandsregionen mot slutet av seklet då medianlinjen studeras. Spridningen mellan beräkningarna är dock stor. För kustregionen väntas en minskning på mellan 0 och 30 dagar.



Fjäll, medelvärde 1961 – 1990: 190 dagar



Inland, medelvärde 1961 – 1990: 230 dagar



Kust, medelvärde 1961 – 1990: 235 dagar

*Figur 4-22. Figuren visar antal dygn varje år som dygnsnederbörden understiger 1 mm relativt referensperioden 1961-1990 för Västerbottens län uppdelat på distrikt fjäll, inland och kust. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som gröna staplar och lägre värden visas som gula staplar. Medianvärdet av samtliga klimatscenarier presenteras av den svarta linjen. De olika skuggningarna i figuren avser uppifrån och nedåt, maximalt antal dagar, 75:e percentilen av antal dagar, 25:e percentilen av antal dagar, samt minimala antalet dagar. Antalet torra dagar väntas minska mot slutet av seklet.*

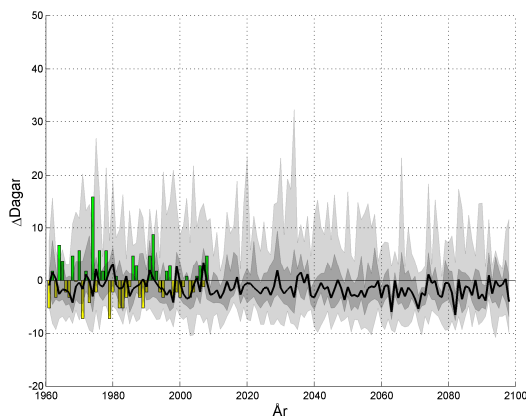
#### 4.4.6 Förändring av längsta sammanhängande torrperiod

Med torrperiod avses det maximala antalet sammanhängande dagar per år med dygnsnederbörd < 1 mm.

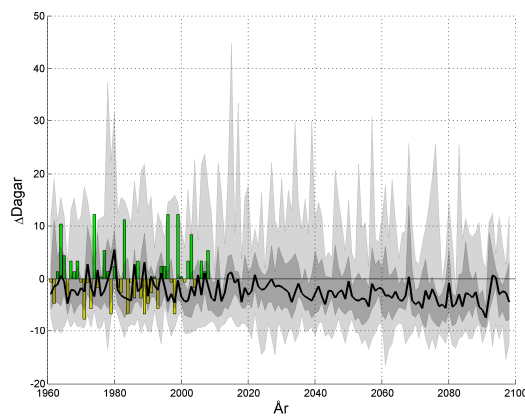
Resultaten presenteras relativt referensperioden 1961-1990 och visas i Figur 4-23. Medelvärdet för referensperioden var 16, 19 och 21 dagar för region fjäll, inland respektive kust. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som gröna stap-

lar och lägre värden visas som gula staplar. Medianvärdet av samtliga klimatscenarioer presenteras av den svarta linjen. De olika skuggningarna i figuren avser uppifrån och nedåt; maximalt antal dagar, 75:e percentilen av antal dagar, 25:e percentilen av antal dagar, samt det minimala antalet dagar av samtliga klimatberäkningar.

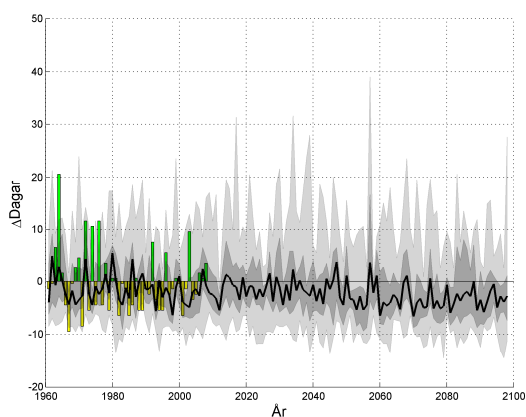
Framtida torrperioders längder tenderar att vara i det närmaste oförändrade eller minska svagt för länets alla regioner under innevarande sekel.



Fjäll, medelvärde 1961 – 1990: 16 dagar



Inland, medelvärde 1961 – 1990: 19 dagar

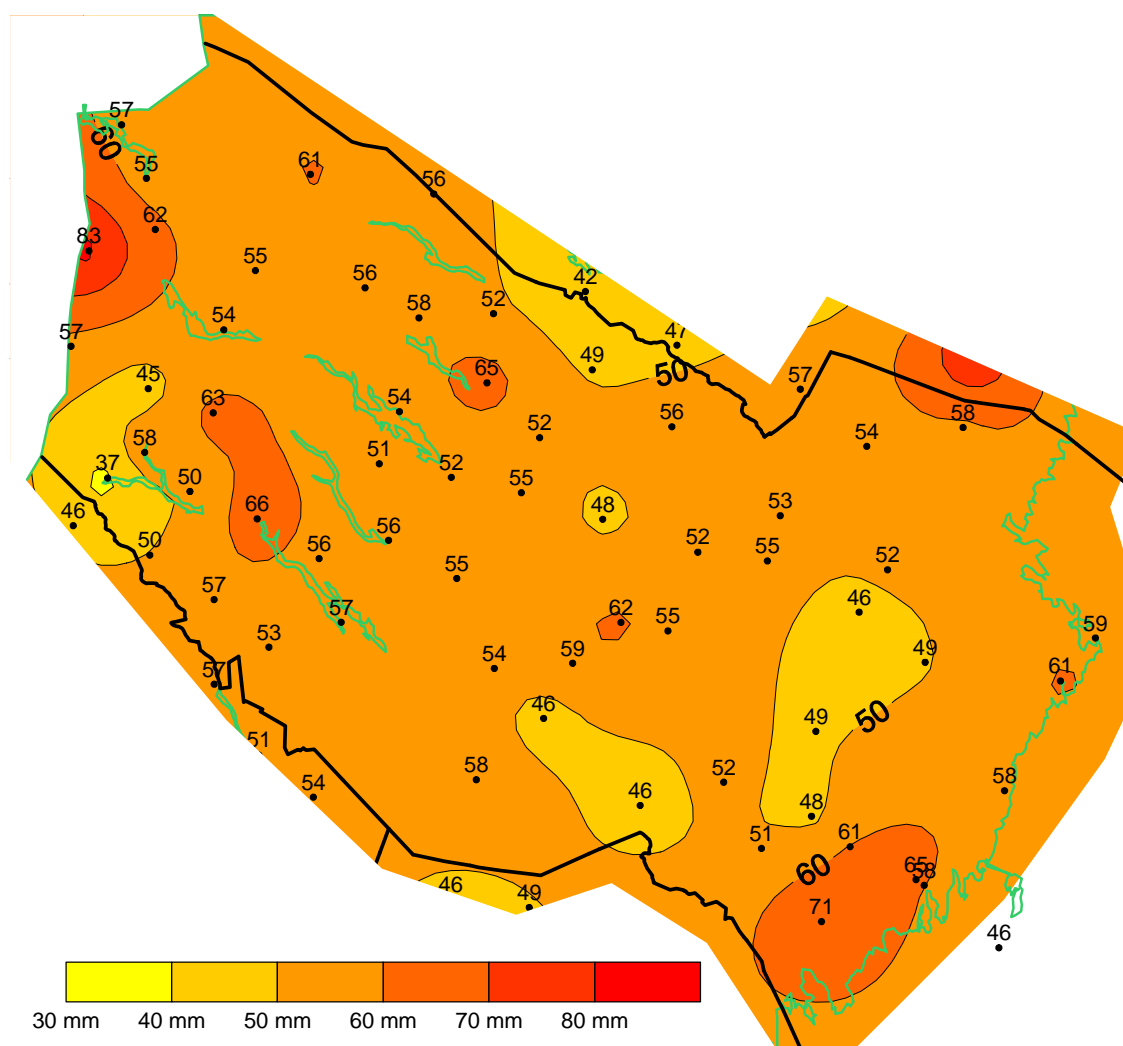


Kust, medelvärde 1961 – 1990: 21 dagar

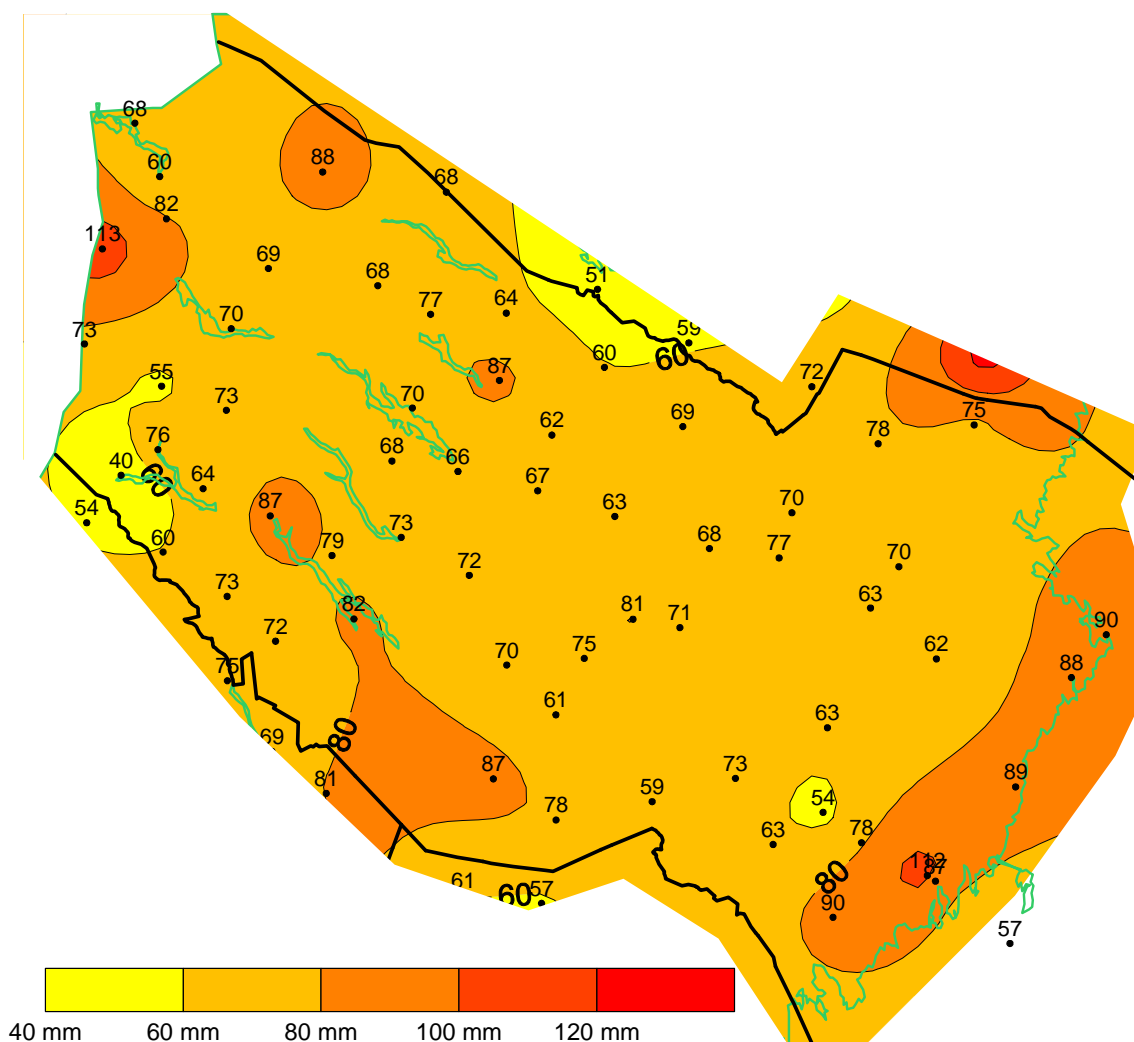
**Figur 4-23.** *Figuren visar förändringen av framtida torrperioders längd med antal dygn relativt referensperioden 1961-1990 för Västerbottens län uppdelat på distrikt fjäll, inland och kust. Observerade värden större än referensperiodens medelvärde visas som gröna staplar och lägre värden visas som gula staplar. Medianvärdet av samtliga klimatscenarioer presenteras av den svarta linjen. De olika skuggningarna i figuren avser uppifrån och nedåt, maximalt antal dagar, 75:e percentilen av antal dagar, 25:e percentilen av antal dagar, samt det minimala antalet dagar. Framtida torrperioders längder tenderar att vara i princip oförändrade eller minska svagt i länet under innevarande sekel.*

#### 4.4.7 Den mest extrema nederbördens utveckling

Figur 4-24 och 4-25 visar beräknade dygnsnederbördsmängder med 20 respektive 100 års återkomsttider för Västerbottens län i dagens klimat. Analysen bygger på data som avlästs vid fasta tider på dygnet vilket kan medföra en viss underskattning av de verkliga mängderna. För alla stationer har årets största dygnsnederbörd tagits fram för perioden 1961 - 2010. Om minst 25 års data funnits under 50-årsperioden har extremvärdesanalys gjorts. Den statistiska analysen är baserad på den statistiska fördelningsfunktionen GEV (Generalized Extreme Value). Analysen representerar punktnederbörd till skillnad från nederbördsanalyserna i avsnitt 4.4.2-4.4.6, som representerar arealnederbörd.



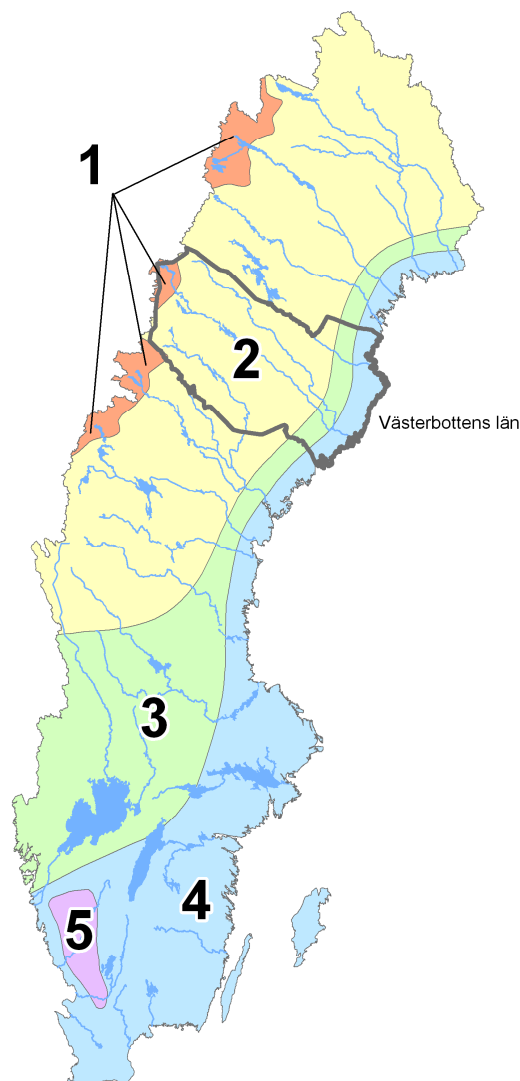
Figur 4-24. Nederbörd (mm) med en återkomsttid av 20 år i dagens klimat, baserad på fasta stationsvisa avläsningstillfällena och den statistiska fördelningsfunktionen GEV (Generalized Extreme Value). Begreppet återkomsttid förklaras mer detaljerat i avsnitt 5.1.1.



Figur 4-25. Nederbörd (mm) med en återkomsttid av 100 år i dagens klimat, baserad på fasta stationsvisa avläsningstillfällen och den statistiska fördelningsfunktionen GEV (Generalized Extreme Value). Begreppet återkomsttid förklaras detaljerat i avsnitt 5.1.1.

För att analysera den mest extrema nederbördens framtida utveckling har den metodik som utvecklats inom projektet *Dimensionerande flöden för dammanläggningar för ett klimat i förändring - Scenarier i ett 50-årsperspektiv*, Andréasson m.fl. (2009) utnyttjats. Det innebär att nederbörd med en viss återkomsttid beräknats regionvis enligt de 5 regioner som används vid flödesdimensionering enligt riktlinjer fastställda av Svensk Energi, Svenska Kraftnät och SveMin (2007). Dessa regioner redovisas i Figur 4-26. Som framgår av figuren är både region 1, 2, 3 och 4 av intresse för Västerbottens län. I analysen har såväl regionala 20-årsregn som regionala 100-årsregn beräknats i dessa regioner. Eftersom dessa avser *regionens högsta värden* är de inte helt jämförbara med de värden som visas i Figur 4-24 och Figur 4-25. De är i själva verket betydligt mer extrema. 100-årsvärdet avser i detta fall det högsta värdet under 100 år för hela regionen. Analysen ger dock en bild av utvecklingen av extrema regn i allmänhet och bör kunna överföras till punktvärden, åtminstone kvalitativt. Beräkningarna är baserade på

de 12 scenarierna i Bilaga 1, Tabell B1-1, som sträcker sig till slutet av århundradet. Resultaten sammanfattas i Tabell 4-1 och Tabell 4-2.



Figur 4-26. Regionindelning för den dimensionerande nederbörden i de svenska riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar.

Tabell 4-1. Sammanfattning av den beräknade utvecklingen av den mest extrema dygnsnederbörden uttryckt som regionala 20-årsregn i de regioner som definieras i de svenska riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar. Förändringarna avser mellan perioderna 1961-1990 respektive 2068-2097.

% ändring 20-årsregn	Region 1	Region 2	Region 3	Region 4	Region 5
Maximum	+46	+56	+48	+47	+55
Medel	+14	+21	+20	+16	+21
Minimum	-6	+5	+9	-2	+2

Tabell 4-2. *Sammanfattning av den beräknade utvecklingen av den mest extrema dygnsnederbörden uttryckt som regionala 100-årsregn i de regioner som definieras i de svenska riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar. Förändringarna avser mellan perioderna 1961-1990 respektive 2068-2097.*

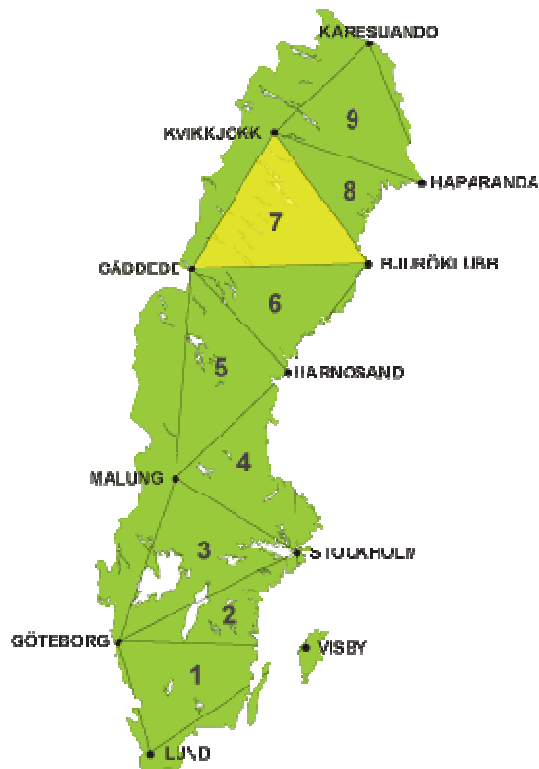
% ändring 100-årsregn	Region 1	Region 2	Region 3	Region 4	Region 5
Maximum	+52	+67	+55	+54	+67
Medel	+16	+23	+20	+16	+23
Minimum	-11	+4	+5	-5	+1

Som framgår av tabellerna är spridningen stor i förändringen av extrem nederbörd beräknad med olika klimatscenarier. Förändringen i medelvärdena är dock förhållandevis stabila och skiljer sig inte åt mellan regionala 20-årsregn och motsvarande 100-årsregn. Det talar för att man även bör kunna använda dessa siffror som underlag för bedömningar av ändringar av framtidens extrema regn i Västerbottens län. Med tanke på osäkerheter i bedömningarna av framtida extrem nederbörd bör inte beräkningarna tolkas alltför bokstavligt. Det är rimligt att för Västerbottens län tills vidare räkna med en framtida ökning av extrem dygnsnederbörd med en återkomsttid av 100 år med ca 20 % i länet som helhet till år 2100. Ökningen är något mindre för de högsta fjälltrakterna och kusten.

#### 4.5 Vind

Inom detta avsnitt görs en sammanfattning av kunskapsläget när det gäller vind.

Direkta vindmätningar har gjorts sedan 1800-talet men det var först på 1950-talet som mätningarna standardiserades och fick tillräcklig kvalitet för att man skall kunna bedöma förändringar av vindklimatet över tid. Istället för direkta vindmätningar bygger därför SMHIs klimatindikator på s.k. *geostrofisk vind*. Detta är en slags idealiserad genomsnittlig vindhastighet som beräknats utifrån långa serier av lufttrycksobservationer. Vindstatistik för Sverige för perioden 1961-2004 finns sammanfattad i en rapport av Alexandersson (2006). Det har även genomförts en studie av hur vinden har varierat i Sverige mellan åren 1901 – 2008, Wern och Barring (2009). I studien utgick man från tryckmätningar och beräknade den geostrofiska vinden i 11 trianglar definierade av mätstationer som täcker Sverige. Sedan dess har statistik för fler trianglar i Sverige tagits fram, vilken presenteras på SMHIs hemsida. Trianglarna visas i Figur 4-27.



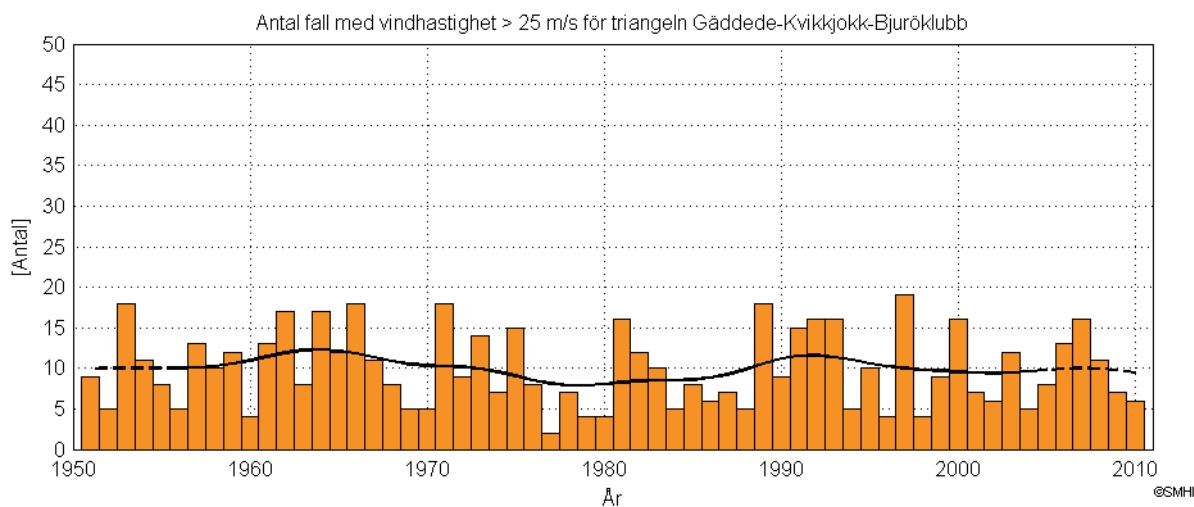
Figur 4-27. Mätstationer och trianglar som använts i analyser av geostrofisk vind. Triangeln Gäddede-kvikkjock-Bjuröklubb är gulmarkerad ([smhi.se](http://smhi.se)).

Bland annat studerade Wern och Barring följande variabler:

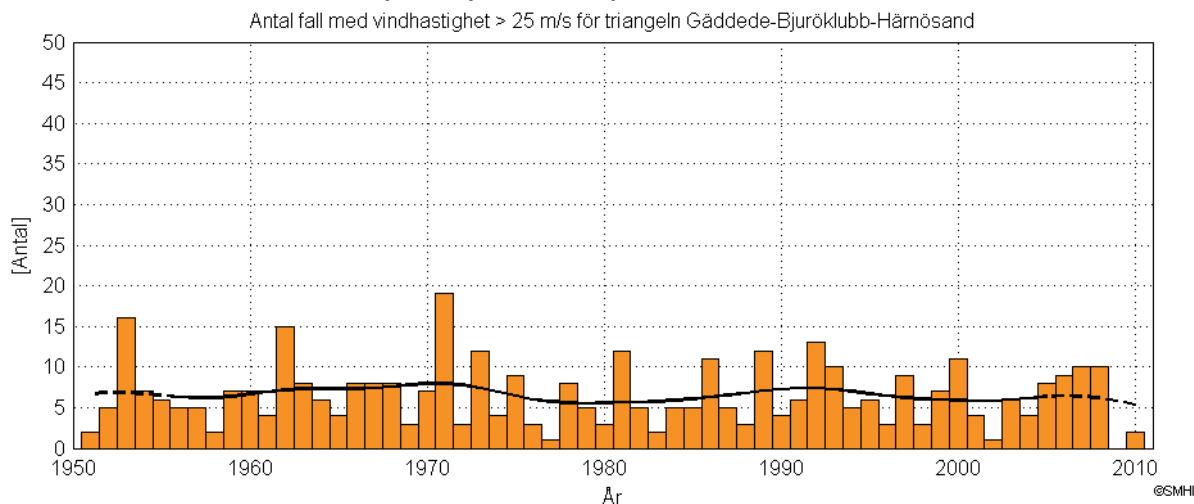
- Årets högsta vindhastighet
- Årets medelvindhastighet
- Antal fall på minst 25 m/s under året
- Potentiell vindenergi under året

Fall med geostrofisk vind över 25 m/s i triangeln Gäddede-Kvikkjock-Bjuröklubb och i triangeln Gäddede-Bjuröklubb-Härnösand (sedan 1950) vilka är de beräkningstrianglar som motsvarar Västerbottens län bäst, redovisas i Figur 4-28 respektive Figur 4-29.





Figur 4-28. Antalet tillfällen per år med geostrofisk vind över 25 m/s i triangeln Gäddede-Kvikkjokk-Bjuröklubb (från smhi.se).



Figur 4-29. Antalet tillfällen per år med geostrofisk vind över 25 m/s i triangeln Gäddede-Bjuröklubb-kvikkjokk (från smhi.se).

Wern och Bärning drog följande slutsatser i sin rapport:

- ”Årets högsta vindhastighet har ökat i fem trianglar och minskat i sex trianglar sedan 1951. Den sammanvägda trenden i Sverige visar på en svag ökning som inte är statistiskt signifikant.
- Antal tillfällen per år då vindhastigheten varit minst 25 m/s har minskat i sju av de 11 trianglarna sedan 1951.
- Medelvindhastigheten har minskat i 10 av de 11 trianglarna sedan 1951. För fyra trianglar i norra Sverige är denna minskning statistiskt signifikant. Sammantaget för Sverige har medelvindhastigheten minskat med 4 %.
- På samma sätt har den potentiella vindenergin minskat i dessa 10 trianglar sedan 1951-talet. Minskningen är statistiskt signifikant i de fyra nordliga trianglarna. Sammantaget för Sverige har energin minskat med 7 %.”

#### **4.5.1 Framtida extrema vindar**

Sedan Klimat och Sårbarhetsutredningen har Nikulin m.fl (2010) studerat utvecklingen av extrema vindar över Skandinavien och Europa. De kom fram till att för den framtida utvecklingen av extrema vindförhållanden finns idag inga säkra svar, även om några modeller antyder att starka vindar kan öka över Östersjön. Dock råder det stor spridning mellan de olika modellerna. För Västerbottens län går det således inte att ge några entydiga svar angående framtida extrema vindar. Ett omfattande arbete pågår för att kartlägga vilka processer som är viktigast för att förstå utvecklingen för vindarna.

## **5 KLIMATPÅVERKADE FLÖDEN SAMT SNÖ-, TJÄLE- OCH ÖVERSVÄMNINGSFÖRHÅLLANDEN**

### **5.1 Flöden**

#### **5.1.1 Vattenföring i dagens klimat**

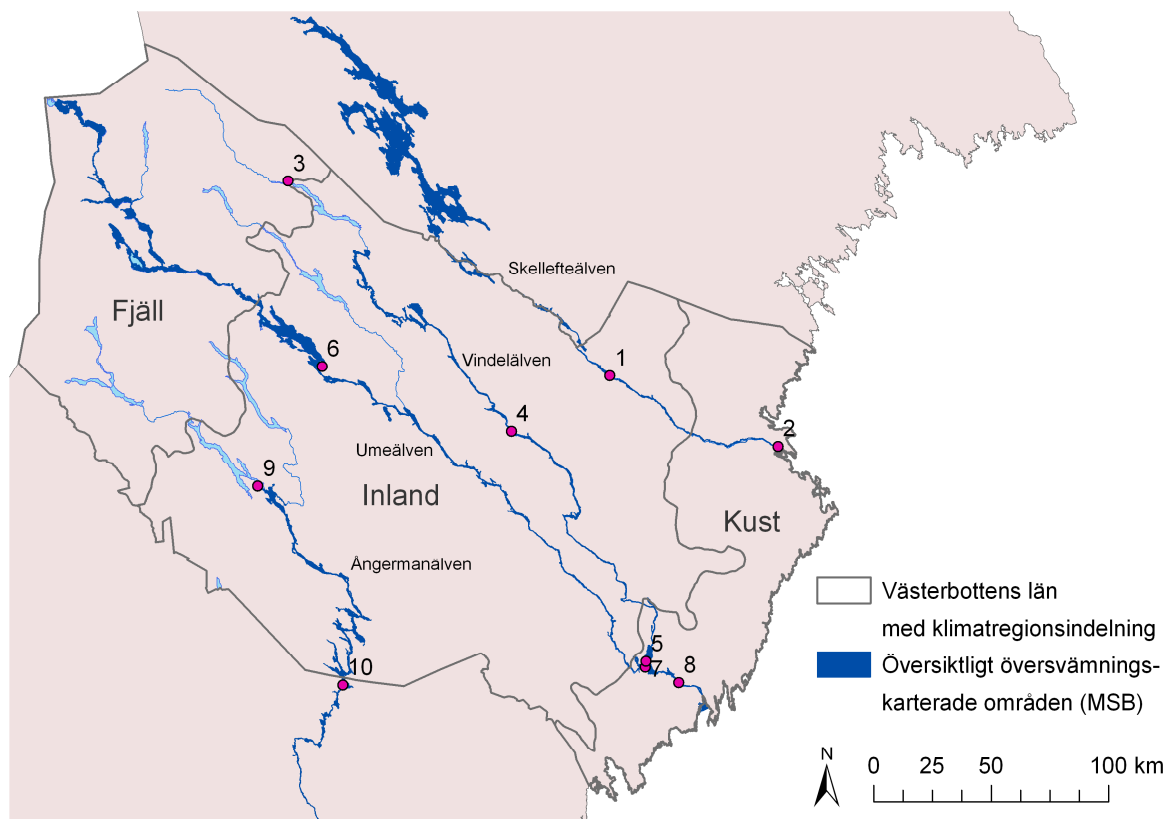
Vattenföring är benämningen för den mängd vatten som rinner fram i ett vattendrag och mäts i ofta i kubikmeter per sekund ( $\text{m}^3/\text{s}$ ). Vattenföringen i en plats i ett vattendrag är det samma som den totala tillrinningen från hela uppströms avrinningsområdet. Varje vattendrag har sin egen rytm och storleken på flödet varierar under året främst med klimatet i avrinningsområdet men också till följd av eventuella regleringar. Sjöar har en utjämnande effekt på vattenföringen i ett vattendrag vilket 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.

Tabell 5-1 redovisar den observerade medelvattenföringen och beräknad 100-årsvattenföring i dagens klimat för de vattendrag som behandlas vidare under analysen i detta avsnitt. I Figur 5-1 visas vattendragen i en översiktskarta med platserna för vattenföringsberäkningarna markerade. Vattendragen i har en tydlig årstidsvariation med snösmältningen som en markerad period med vanligtvis höga flöden.

Tabell 5-1. Årsmedelvattenföring och beräknad 100-årsvattenföring i mynningen för utvalda vattendrag i Västerbottens län, dagens klimat (SMHI flödesstatistik).

	Plats i vattendrag	Medelvattenföring [m <sup>3</sup> /s] (reglerad) (Naturlig)	100-årsvattenföring [m <sup>3</sup> /s] (reglerad) (Naturlig)
1	Skellefteälven, utlopp Vargforsen (Vargfors krv)	120.7	650
		121.1	720
2	Skellefteälven, mynning i Bottenviken	162.5	850
		163	872
3	Vindelälven, inlopp Storvindeln	44.2*	695*
4	Vindelälven, nedom Ruskträsk	157.6*	1625*
5	Vindelälven, mynning i Umeälven	190*	1725*
6	Umeälven, utlopp Storuman (Umluspens krv)	181	950
		157.3	1250
7	Umeälven ovan Vindelälven	249.5	1415
		250	1625
8	Umeälven, mynning i Bottenviken	442.5	2600
		443	3080
9	Åseleälven (Ångermanälven), utlopp Malgomaj	72.6	690
		72.7	735
10	Åseleälven (Ångermanälven) vid länsgränsen (utlopp Hällbymagasinet)	167.1	1395
		167.5	1520

\*Vindelälven är oreglerad



Figur 5-1. Beräkningspunkter för vattenföring inom länet (se Tabell 5-1). De sträckor som tidigare översiktligt översvämningskarterats framgår av de mörkt blåa ytorna, Räddningsverket (2006, 1999a, 2002, 1999b och 2000), likaså regionindelningarna fjäll, inland och kust.

Begreppen återkomsttid, risk och sannolikhet är centrala i samband med diskussioner om högflöden, 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 dimensionerad för att klara en 100-årsnivå är den ackumulerade sannolikheten för översvämning med nivåer över 100-årsnivån under denna period 63 %. Detta är skälet till att man för riskobjekt såsom till exempel större dammar ofta sätter gränsen vid, eller till och med bortom, flöden med en återkomsttid på 10 000 år. Sannolikheten under 100 års exponering uppgår då till ca 1 %. Tabell 5-2 visar sambandet mellan återkomsttid, exponerad tid och sannolikheten under 100 år. Sannolikheter under 1 % redovisas ej.

Tabell 5-2. Sambandet mellan återkomsttid, exponerad tid och sannolikhet i procent.

Återkomsttid (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

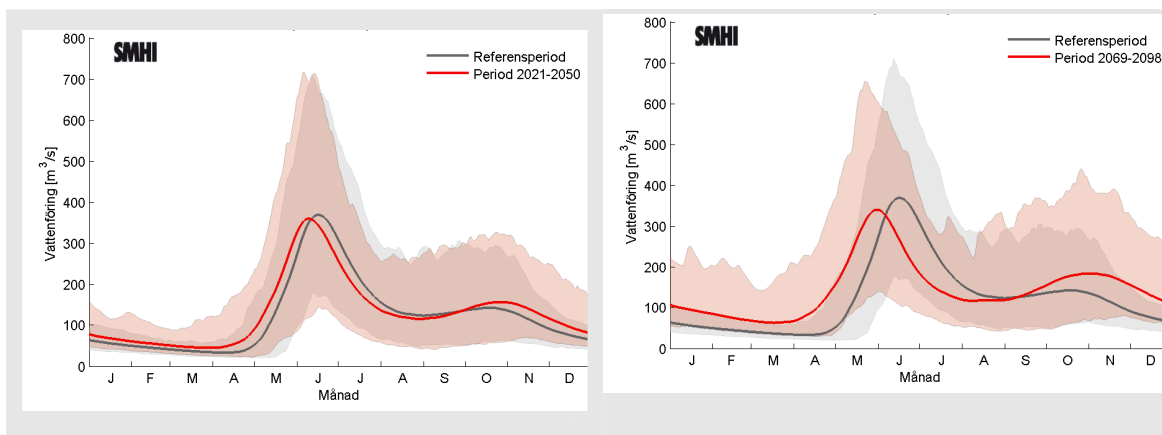
Beräkningen av 100-årsflödets storlek görs med en statistisk beräkning, sk frekvensanalys, baserad på vattenföringens årliga maxvärden från en tidsserie. Genomgående har Gumbel-fördelningen använts vid flödesanalysen, även kallad Extreme Value Type I. Resultat från en frekvensanalys måste tolkas med 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 försvåras 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 tidsseriens längd som en standardperiod, d.v.s. 30 år.

### 5.1.2 Framtida förändring av vattenföringens säsongsvariation

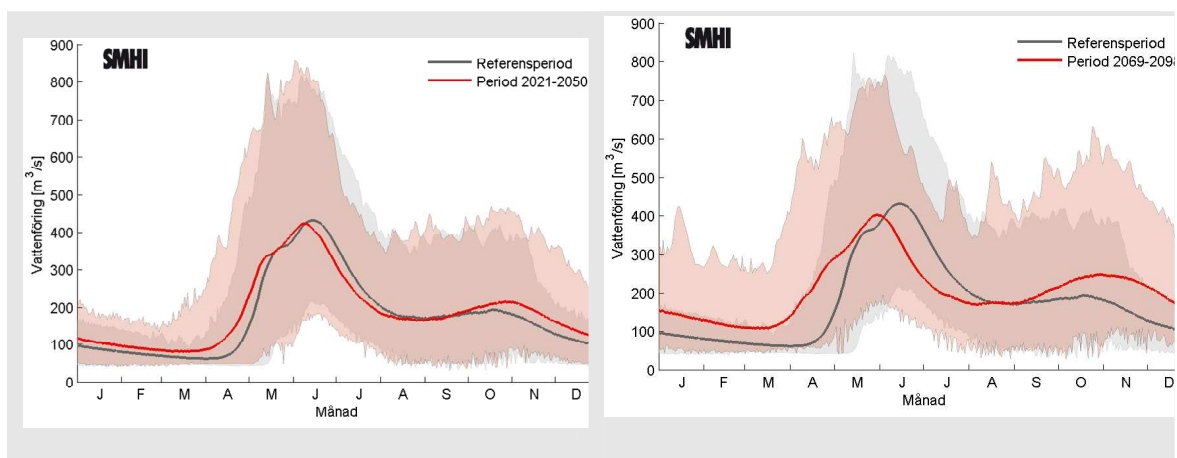
I Figur 5-2 till Figur 5-11 presenteras beräknad flödesvariation under året för Skellefteälven, Umeälven, Vindelälven och Ångermanälven (Åselegrenen) vid samma platser som i Tabell 5-1 för total tillrinning (total vattenföring) för oreglerade förhållanden. Att total tillrinning är beräknad betyder att allt tillrinnande vatten från uppströms delavrinningsområden är inräknat. Då flöde redovisas på kartor används däremot oftast lokal tillrinning, d.v.s endast tillrinningen från varje delavrinningsområde visas. Den lokala tillrinningen ger en bild av hur vattenföringen i mindre vattendrag, vilka endast påverkas av lokala förhållanden, påverkas.

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 trend mot en något tidigare lagd vårflod med ett något lägre toppflöde utläsas. Denna trend blir tydligare mot slutet av seklet i och med att mindre nederbörd väntas lagras som snö och snösmältningen väntas starta tidigare på året. Samtidigt väntas höstnederbörden, i form av regn, öka vilket ökar höstflödena.

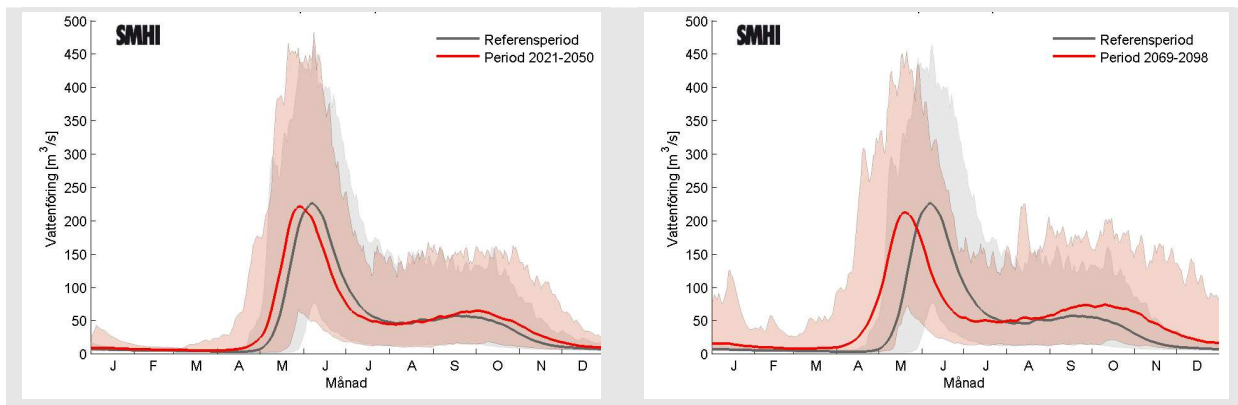


*Figur 5-2. Den vänstra figuren visar ändring av säsongsdynamik för total tillrinning till Skellefteälven, utlopp Vargforsdammen för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Figuren är en sammanfattning från 16 klimatsimuleringar. Den högra figuren visar motsvarande baserat på 12 klimatsimuleringar för slutet på seklet (2069-2098). Heldragen svart linje visar medeltillrinning för referensperioden och heldragen röd linje visar medeltillrinning för den framtida tidsperioden. Det grå fältet visar variationen mellan 75:e percentilen av alla scenariers maxvärde och 25:e percentilen av alla scenariers minvärde under referensperioden. Det ljusröda fältet visar motsvarande för de framtida tidsperioderna.*

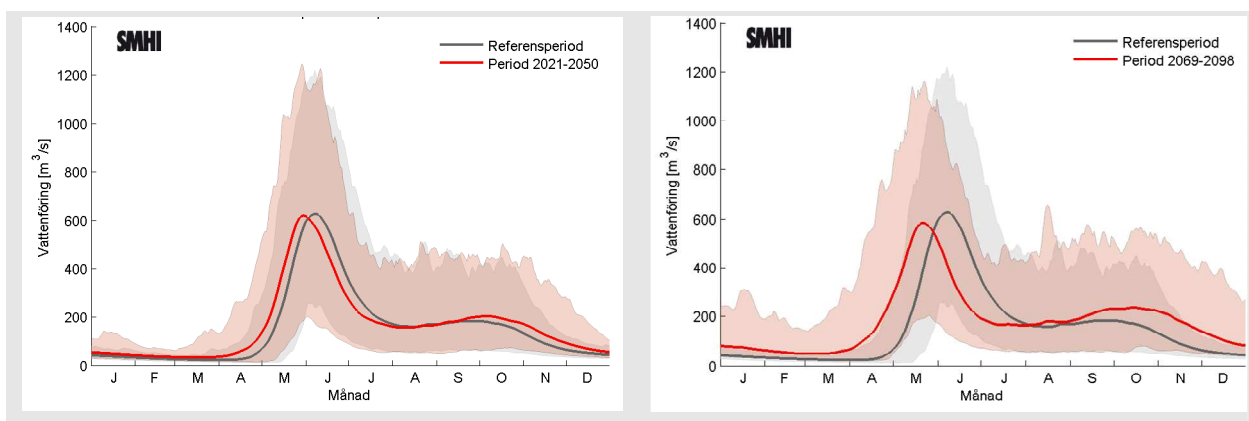


**Figur 5-3.** Den vänstra figuren visar ändring av säsongsdynamik för total tillrinning till Skellefteälvens mynning i Bottenviken för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Figuren är en sammanfattning från 16 klimatsimuleringar. Den högra figuren visar motsvarande baserat på 12 klimatsimuleringar för slutet på seklet (2069-2098). Helledragen svart linje visar medeltillrinning för referensperioden och helledragen röd linje visar medeltillrinning för den framtida tidsperioden. Det grå fältet visar variationen mellan 75:e percentilen av alla scenariers maxvärde och 25:e percentilen av alla scenariers minvärde under referensperioden. Det ljusröda fältet visar motsvarande för de framtida tidsperioderna.

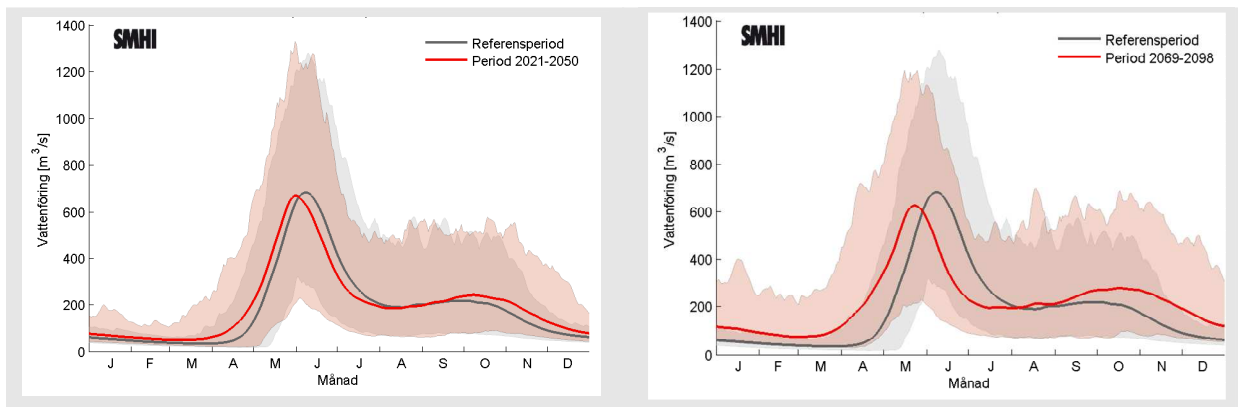




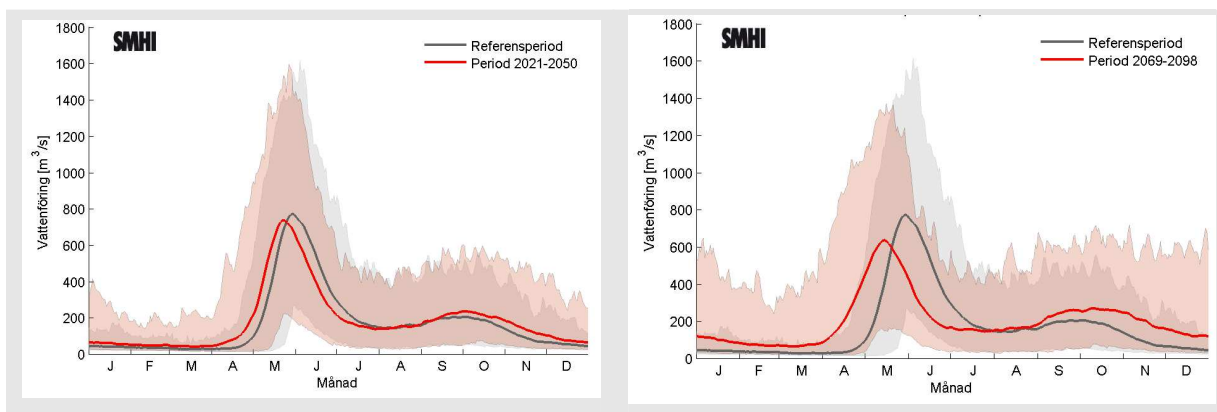
Figur 5-4. Den vänstra figuren visar ändring av säsongsdynamik för total tillrinning till Vindelälvens inlopp i Storvindeln för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Figuren är en sammanfattning från 16 klimatsimuleringar. Den högra figuren visar motsvarande baserat på 12 klimatsimuleringar för slutet på seklet (2069-2098). Heldragen svart linje visar medeltillrinning för referensperioden och heldragen röd linje visar medeltillrinning för den framtida tidsperioden. Det grå fältet visar variationen mellan 75:e percentilen av alla scenariers maxvärde och 25:e percentilen av alla scenariers minvärde under referensperioden. Det ljusröda fältet visar motsvarande för de framtida tidsperioderna.



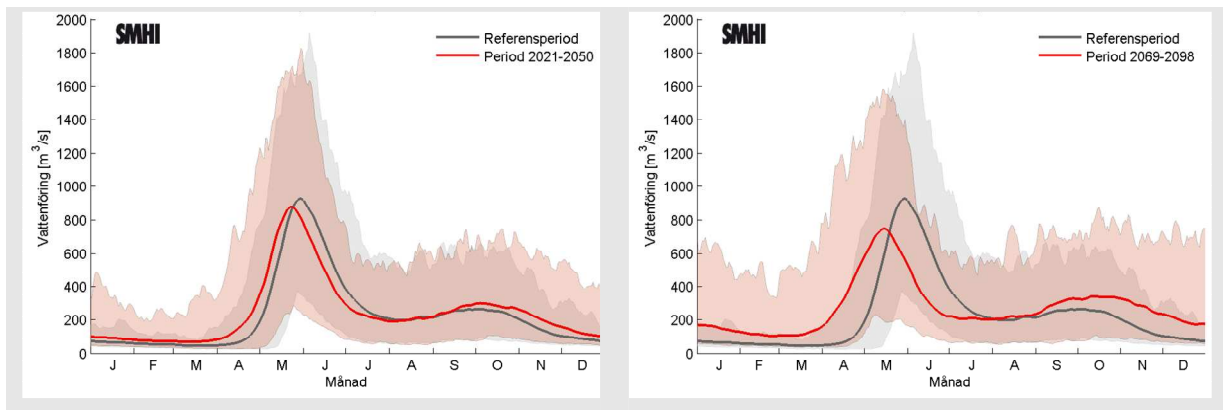
Figur 5-5. Den vänstra figuren visar ändring av säsongsdynamik för total tillrinning till Vindelälven nedom Ruskträsk för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Figuren är en sammanfattning från 16 klimatsimuleringar. Den högra figuren visar motsvarande baserat på 12 klimatsimuleringar för slutet på seklet (2069-2098). Heldragen svart linje visar medeltillrinning för referensperioden och heldragen röd linje visar medeltillrinning för den framtida tidsperioden. Det grå fältet visar variationen mellan 75:e percentilen av alla scenariers maxvärde och 25:e percentilen av alla scenariers minvärde under referensperioden. Det ljusröda fältet visar motsvarande för de framtida tidsperioderna.



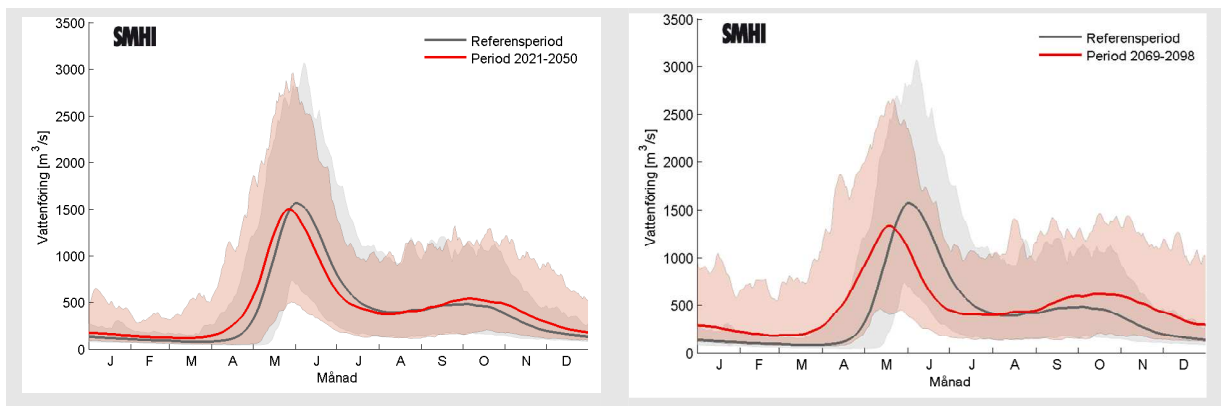
**Figur 5-6.** Den vänstra figuren visar ändring av säsongsdynamik för total tillrinning till Vindelälvens mynning i Umeälven för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Figuren är en sammanfattning från 16 klimatsimuleringar. Den högra figuren visar motsvarande baserat på 12 klimatsimuleringar för slutet på seklet (2069-2098). Heldragen svart linje visar medeltillrinning för referensperioden och heldragen röd linje visar medeltillrinning för den framtida tidsperioden. Det grå fältet visar variationen mellan 75:e percentilen av alla scenariers maxvärde och 25:e percentilen av alla scenariers minvärde under referensperioden. Det ljusröda fältet visar motsvarande för de framtida tidsperioderna.



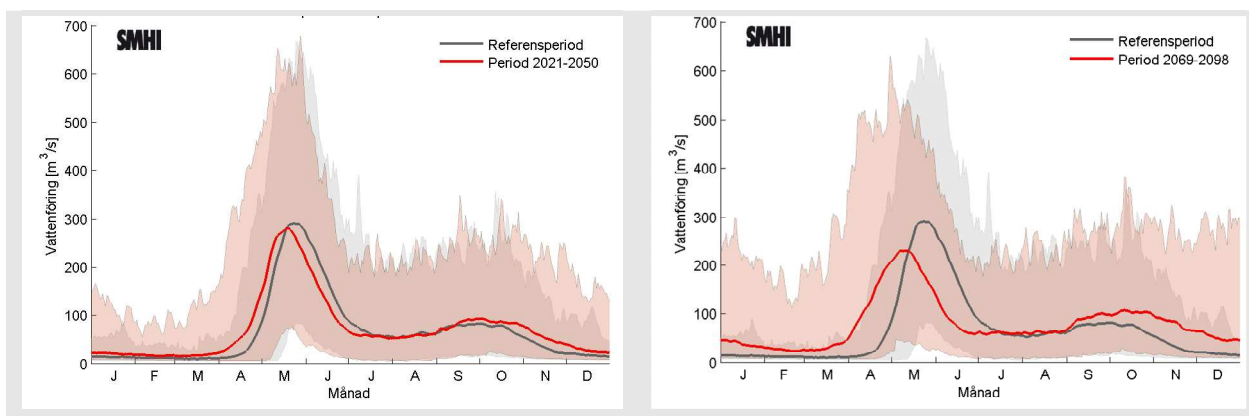
**Figur 5-7.** Den vänstra figuren visar ändring av säsongsdynamik för total tillrinning till Umeälven, utlopp Storuman för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Figuren är en sammanfattning från 16 klimatsimuleringar. Den högra figuren visar motsvarande baserat på 12 klimatsimuleringar för slutet på seklet (2069-2098). Heldragen svart linje visar medeltillrinning för referensperioden och heldragen röd linje visar medeltillrinning för den framtida tidsperioden. Det grå fältet visar variationen mellan 75:e percentilen av alla scenariers maxvärde och 25:e percentilen av alla scenariers minvärde under referensperioden. Det ljusröda fältet visar motsvarande för de framtida tidsperioderna.



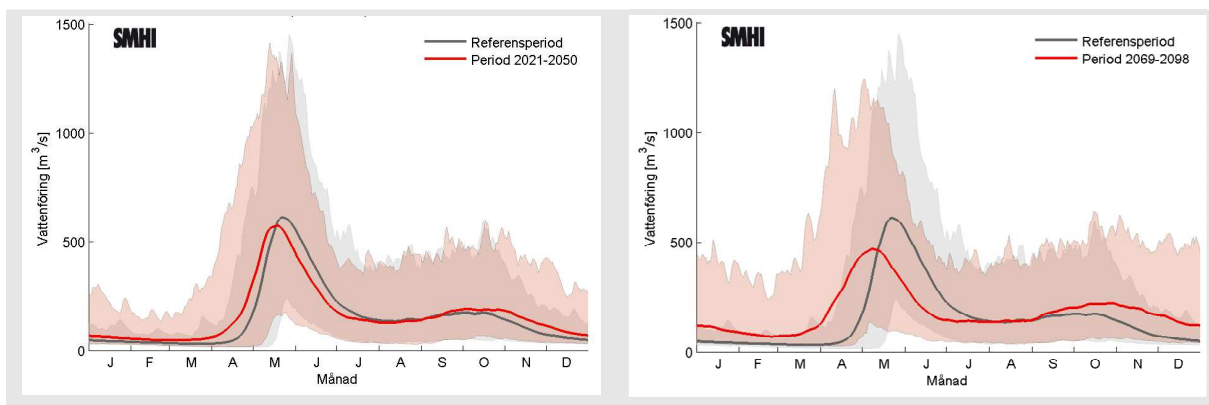
Figur 5-8. Den vänstra figuren visar ändring av säsongsdynamik för total tillrinning till Umeälven ovan Vindelälven för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Figuren är en sammanfattning från 16 klimatsimuleringar. Den högra figuren visar motsvarande baserat på 12 klimatsimuleringar för slutet på seklet (2069-2098). Heldragen svart linje visar medeltillrinning för referensperioden och heldragen röd linje visar medeltillrinning för den framtida tidsperioden. Det grå fältet visar variationen mellan 75:e percentilen av alla scenariers maxvärde och 25:e percentilen av alla scenariers minvärde under referensperioden. Det ljusröda fältet visar motsvarande för de framtida tidsperioderna.



Figur 5-9. Den vänstra figuren visar ändring av säsongsdynamik för total tillrinning till Umeälvens mynning i Bottenviken för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Figuren är en sammanfattning från 16 klimatsimuleringar. Den högra figuren visar motsvarande baserat på 12 klimatsimuleringar för slutet på seklet (2069-2098). Heldragen svart linje visar medeltillrinning för referensperioden och heldragen röd linje visar medeltillrinning för den framtida tidsperioden. Det grå fältet visar variationen mellan 75:e percentilen av alla scenariers maxvärde och 25:e percentilen av alla scenariers minvärde under referensperioden. Det ljusröda fältet visar motsvarande för de framtida tidsperioderna.



Figur 5-10. Den vänstra figuren visar ändring av säsongsdynamik för total tillrinning till Ångermanälven, utlopp Malgomaj för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Figuren är en sammanfattning från 16 klimatsimuleringar. Den högra figuren visar motsvarande baserat på 12 klimatsimuleringar för slutet på seklet (2069-2098). Helledragen svart linje visar medeltillrinning för referensperioden och helledragen röd linje visar medeltillrinning för den framtida tidsperioden. Det grå fältet visar variationen mellan 75:e percentilen av alla scenariers maxvärde och 25:e percentilen av alla scenariers minvärde under referensperioden. Det ljusröda fältet visar motsvarande för de framtida tidsperioderna.



Figur 5-11. Den vänstra figuren visar ändring av säsongsdynamik för total tillrinning till Ångermanälven vid länsgränsen, utlopp Hällbymagasinet för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Figuren är en sammanfattning från 16 klimatsimuleringar. Den högra figuren visar motsvarande baserat på 12 klimatsimuleringar för slutet på seklet (2069-2098). Helledragen svart linje visar medeltillrinning för referensperioden och helledragen röd linje visar medeltillrinning för den framtida tidsperioden. Det grå fältet visar variationen mellan 75:e percentilen av alla scenariers maxvärde och 25:e percentilen av alla scenariers minvärde under referensperioden. Det ljusröda fältet visar motsvarande för de framtida tidsperioderna.

### **5.1.3 Framtida förändring av medelvattenföring**

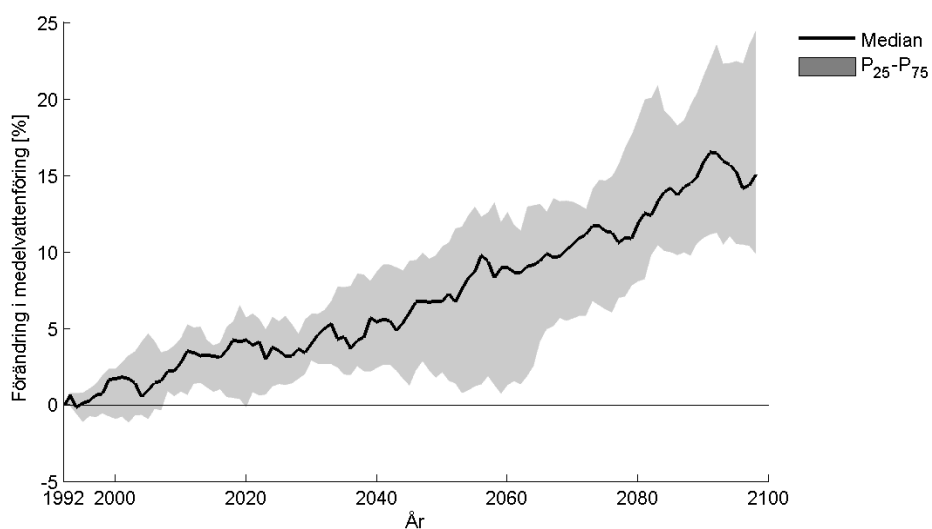
Analys av klimatpåverkad framtida medelvattenföring för vattendrag i Västerbottens län samt lokal tillrinning presenteras i följande avsnitt.

#### **5.1.3.1 Framtida årsmedelvattenföring och säsongsmedelvattenföring**

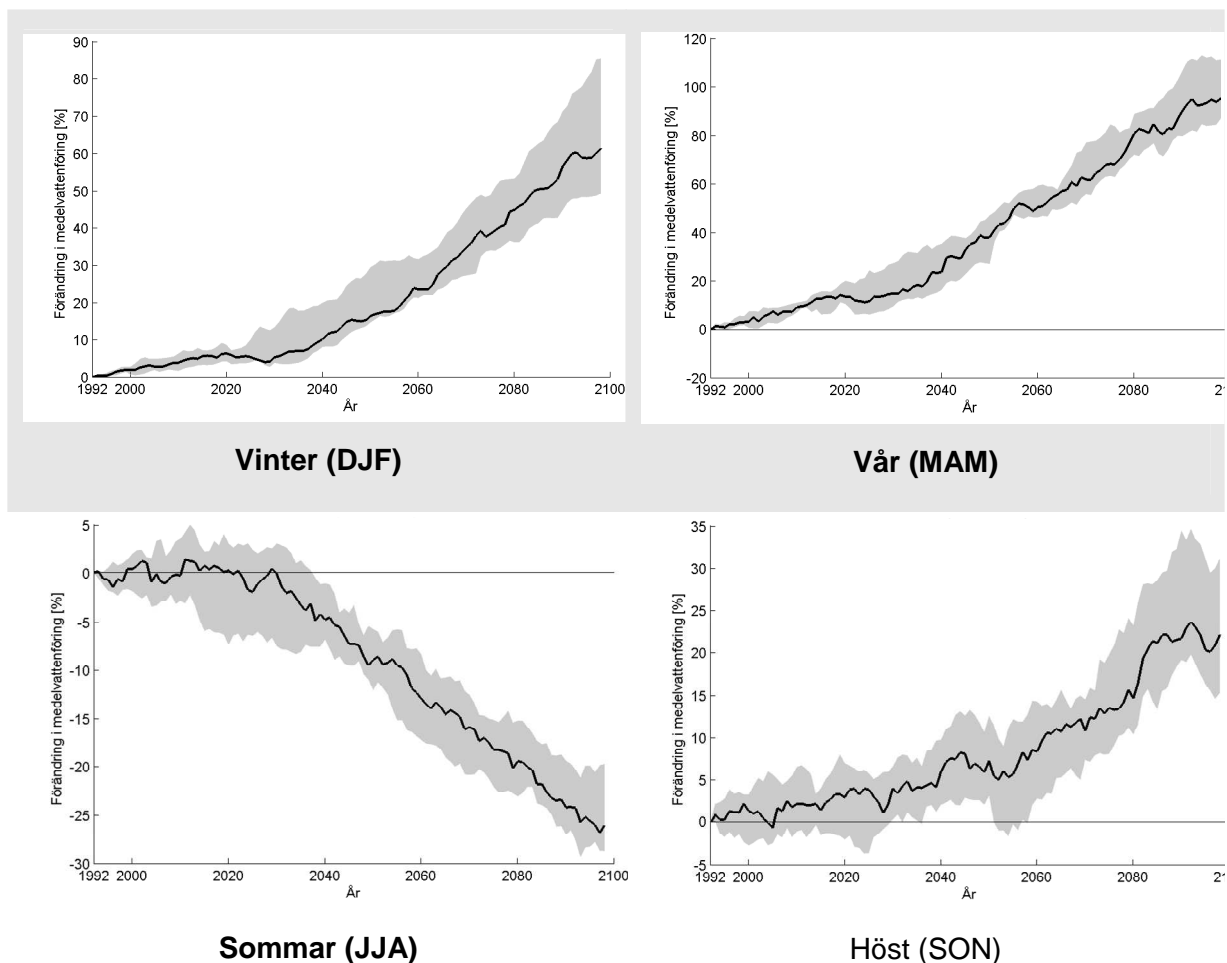
Figur 5-12 till Figur 5-31 visar medianvärdet av förändringen av total medelvattenföring på årsbasis samt säsongvis i Skellefteälven, Vindelälven, Umeälven och Ångermanälven vid samma platser som i Tabell 5-1 för samtliga klimatscenarier under detta sekel relativt referensperioden 1963-1992. I samma figurer visas även maxvärde, minvärde, 25:e percentilen och 75:e percentilen av samtliga scenariers medelvattenföring för samma perioder. I figurerna visas total tillrinning (total vattenföring), d.v.s det vatten som tillkommer från uppströms avrinningsområden tillsammans med tillrinningen från respektive delavrinningsområde (den lokala tillrinningen). Detta bildar vattenföringen i det sammanlagda avrinningsområdet utloppspunkt.

Medeltillrinningen 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. Medeltillrinningen beräknat för perioden 1963-1992 utgör referensvärdet med vilket beräknad medeltillrinning för övriga 30-årsperioder jämförs med. Förändringen av storleken på medeltillrinningen uttrycks i procent.

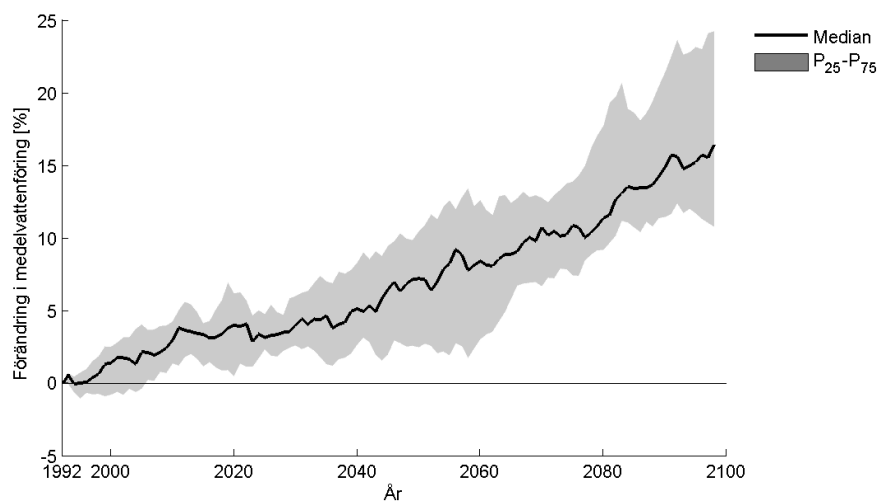
Generellt väntas årsmedelvattenföringen öka med 10 till 25 % i de större älvarna mot slutet av seklet, se Figur 5-12 till Figur 5-31. Till mitten av seklet kan en ökning på upp mot 10 % väntas. Säsongvis syns en tydlig ökning alla årstider utom sommartid då istället en klar minskning väntas, detta till följd av den förändrade flödesregimen under året. Utvecklingen är likartad för samtliga större vattendrag.



Figur 5-12. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning i Skellefteälven, utlopp Vargforsdammen, enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.

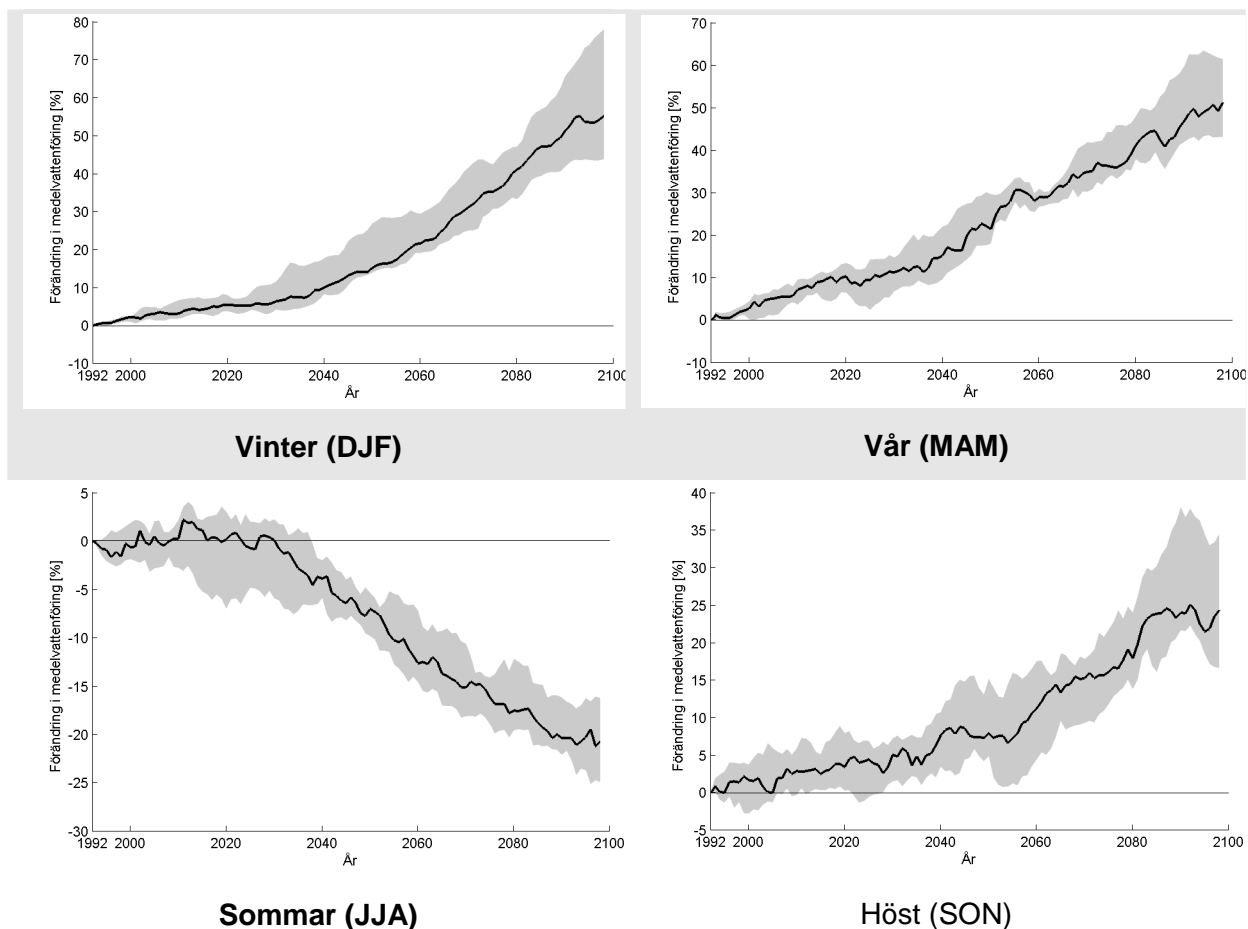


Figur 5-13. Procentuell förändring av total säsongmedeltillrinning Skellefteälven, utlopp Vargforsdammen, enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.

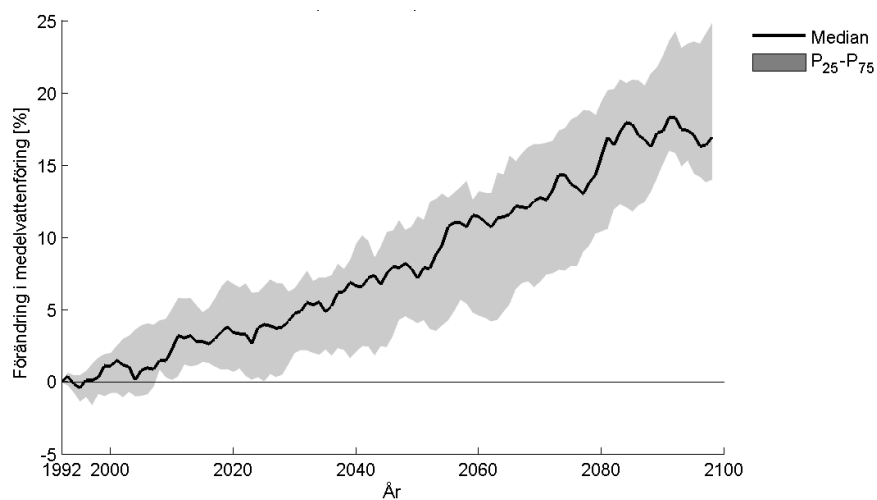


*Figur 5-14. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning i Skellefteälvens mynning i Bottenviken enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.*

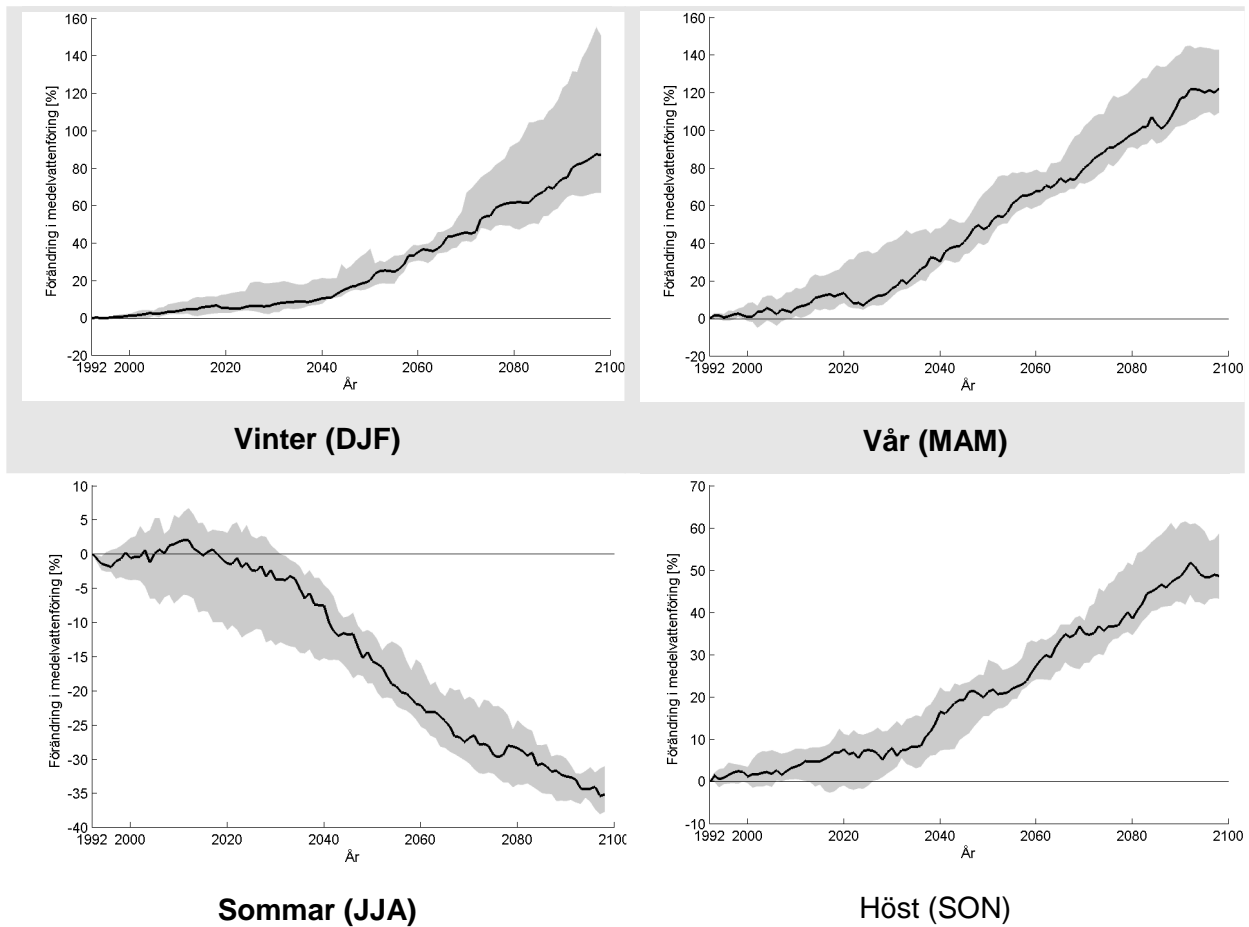




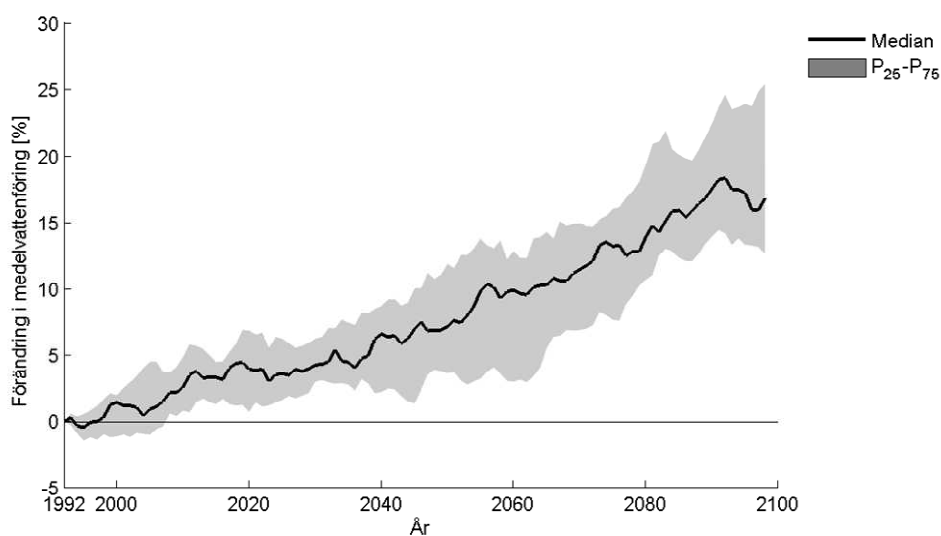
*Figur 5-15. Procentuell förändring av totala säsongmedeltillrinning i Skellefteälvens mynning i Bottenviken enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.*



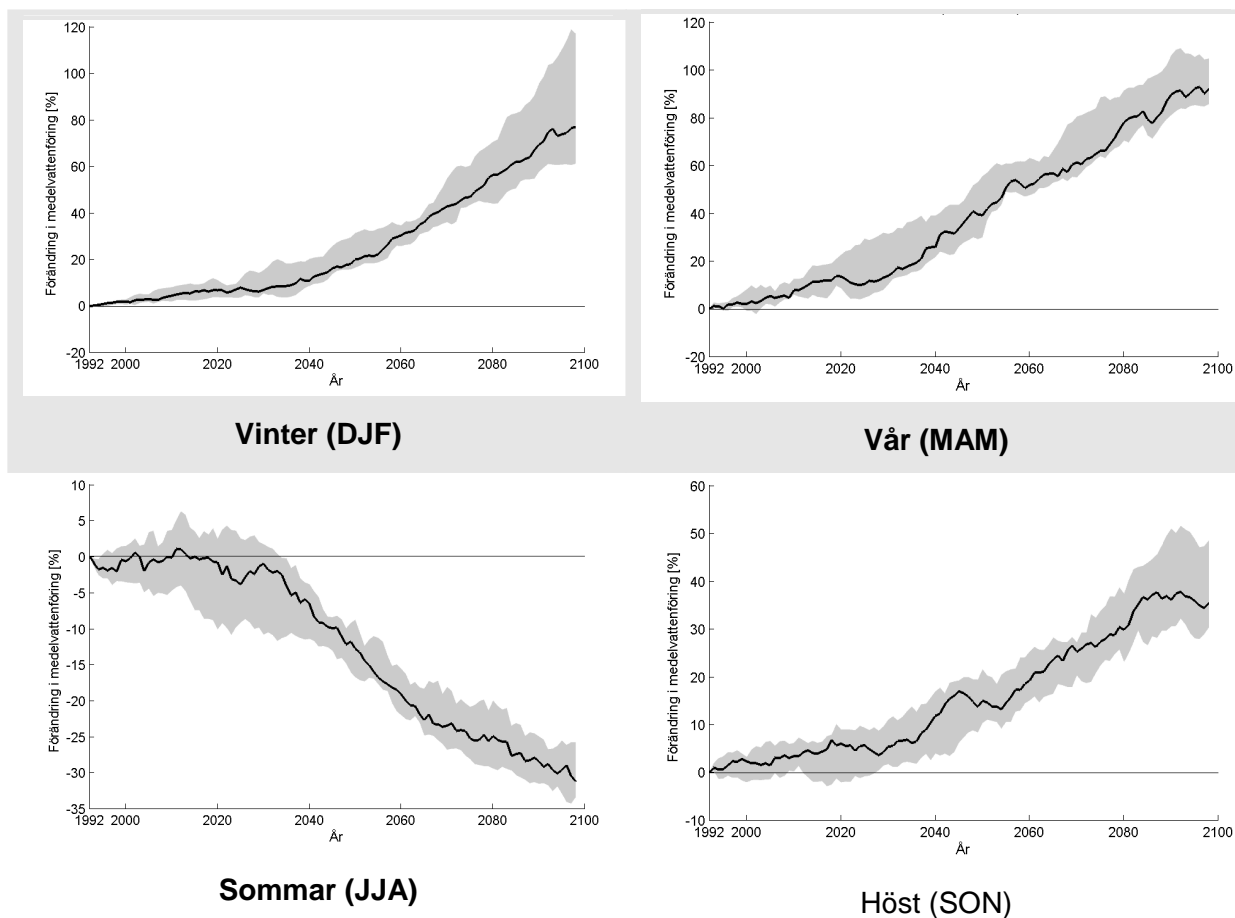
Figur 5-16. Procentuell förändring av totala årsmedeltillrinning i Vindelälvens inflöde i Storvindeln enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



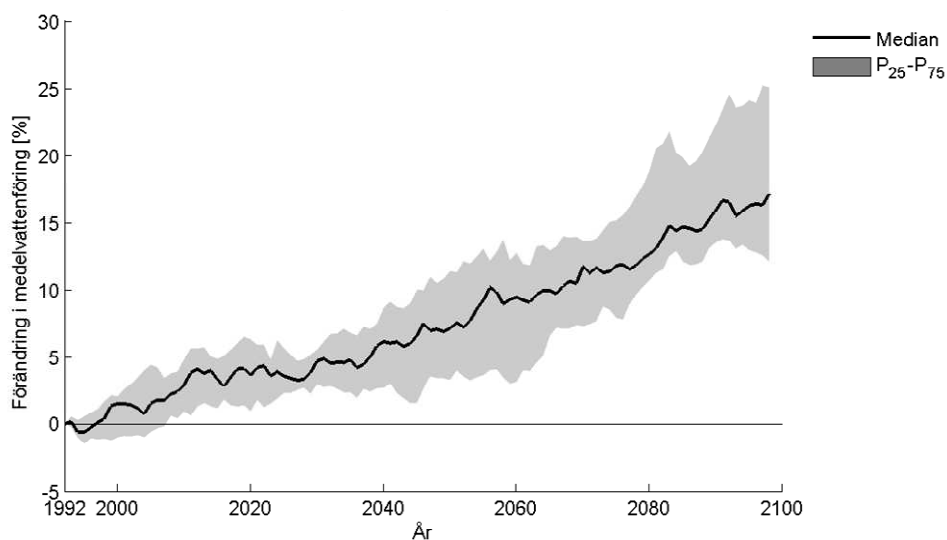
*Figur 5-17. Procentuell förändring av total säsongmedeltillrinning Vindelälvens inflöde i Storvindeln enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Observera att det är olika skala på figurerna. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.*



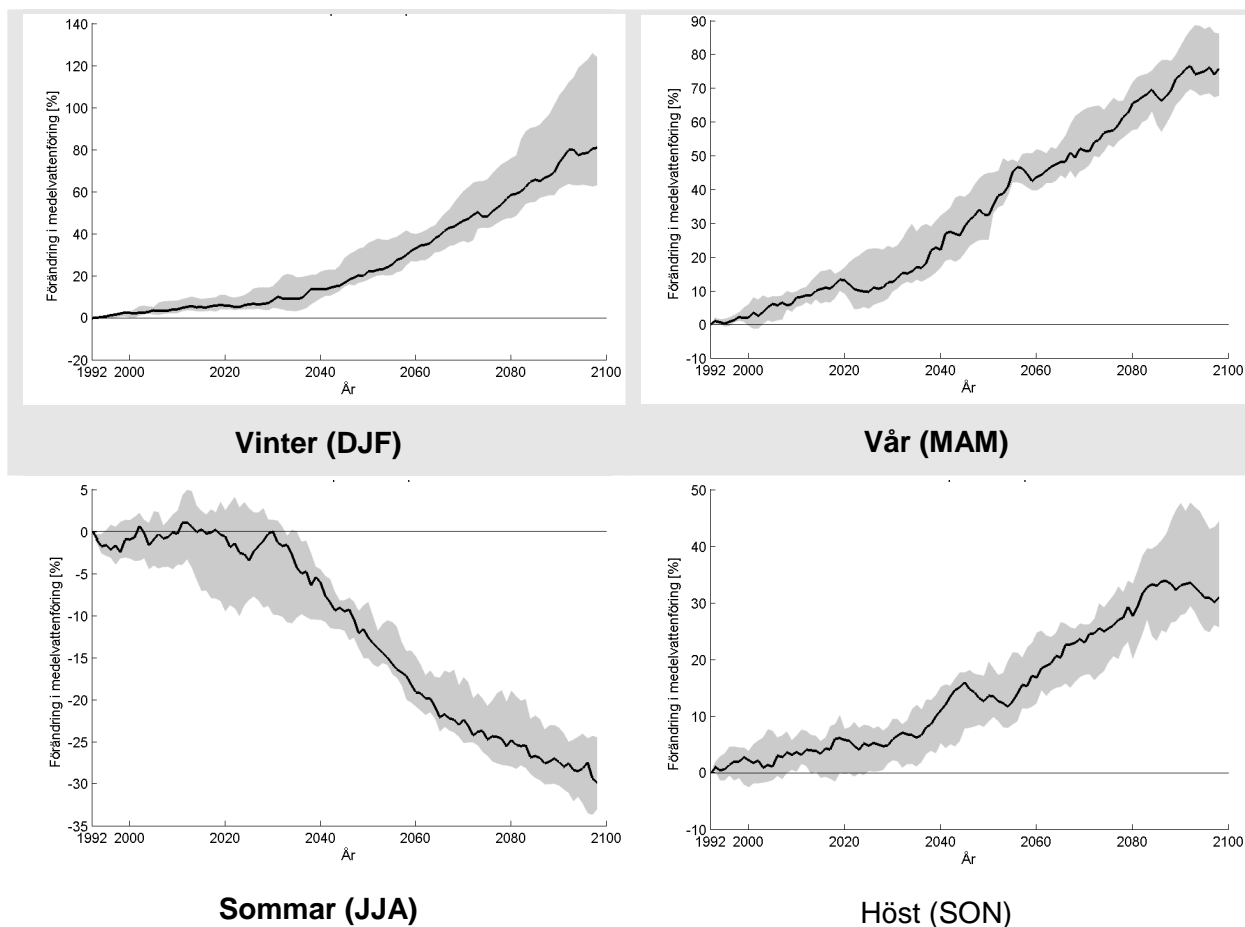
Figur 5-18. Procentuell förändring av Vindelälvens totala årsmedeltillrinning nedom Ruskträsk enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



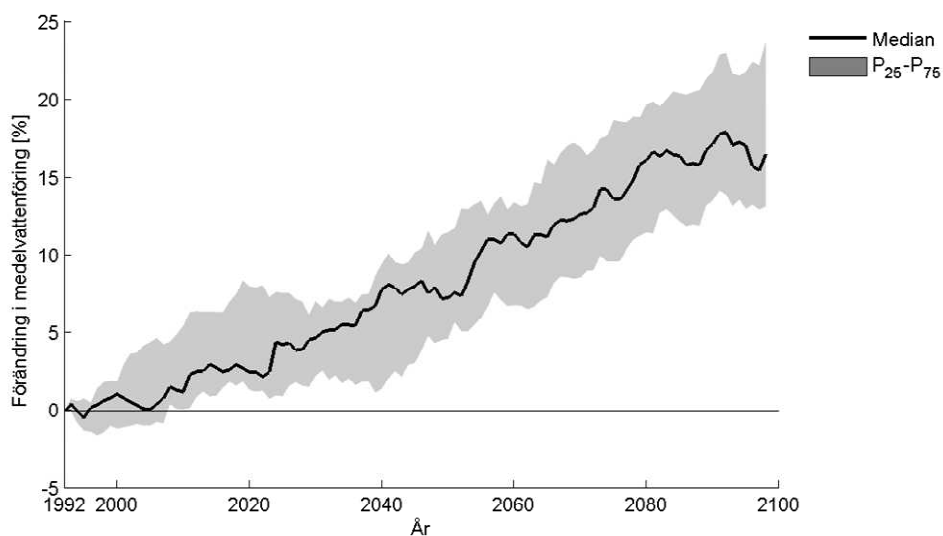
**Figur 5-19.** Procentuell förändring av Vindelälvens totala säsongsmedeltillopp nedom Ruskträsk enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Observera att det är olika skala på figurerna. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



Figur 5-20. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning i Vindelälvens mynning i Umeälven enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.

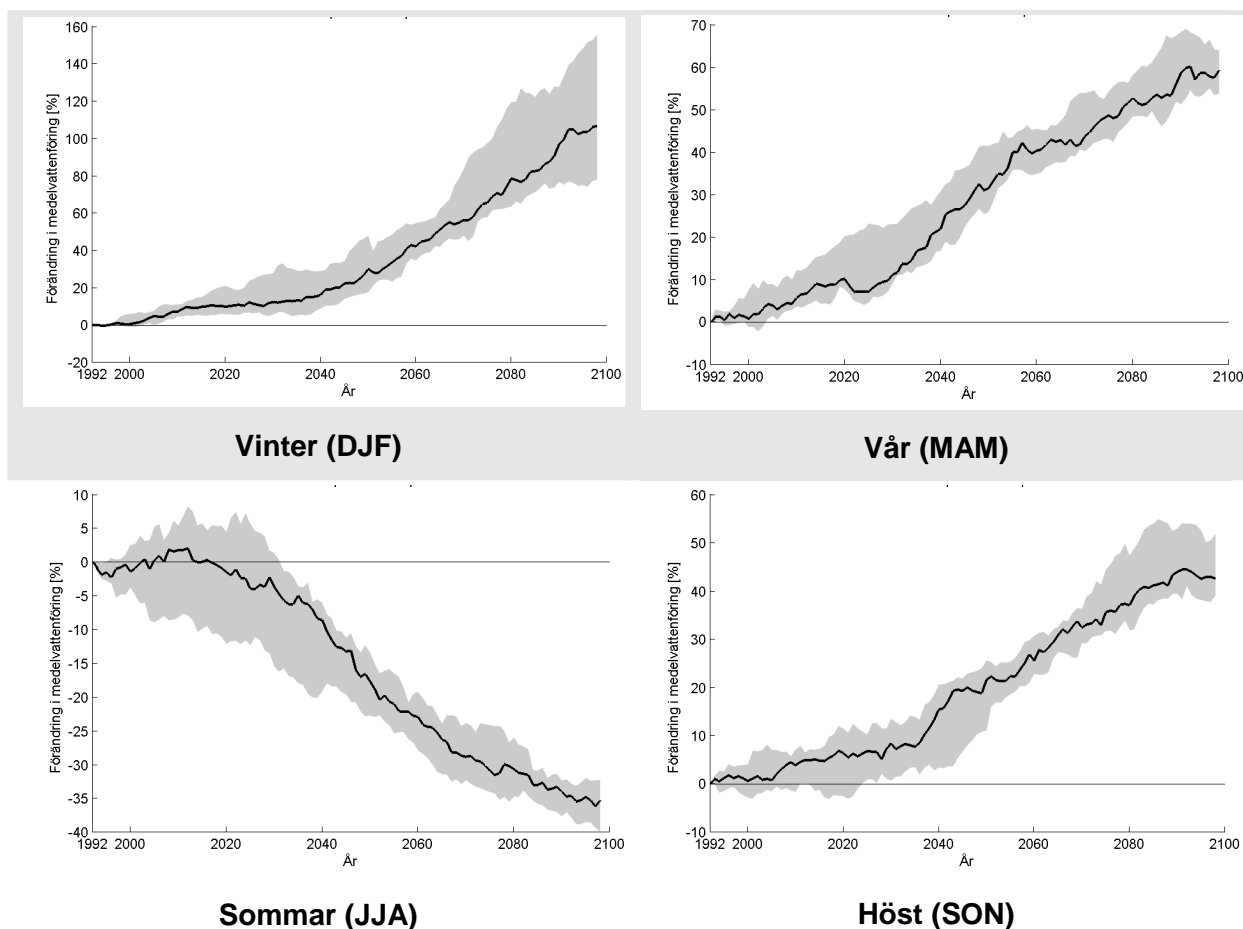


Figur 5-21. Procentuell förändring av total säsongmedeltillrinning i Vindelälvens mynning i Umeälven enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Observera att det är olika skala på figurerna. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.

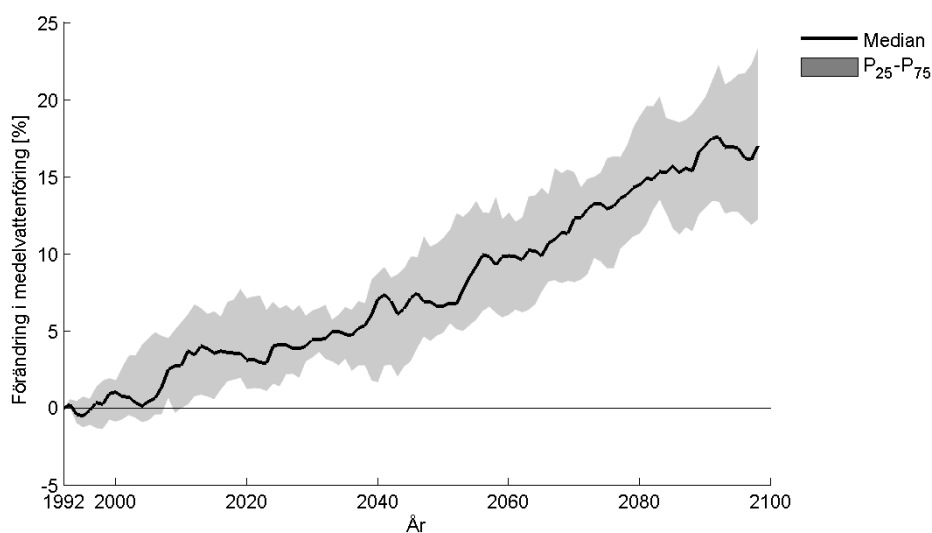


Figur 5-22. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning i Umeälven, utlopp Storuman, enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärde av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärde 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.

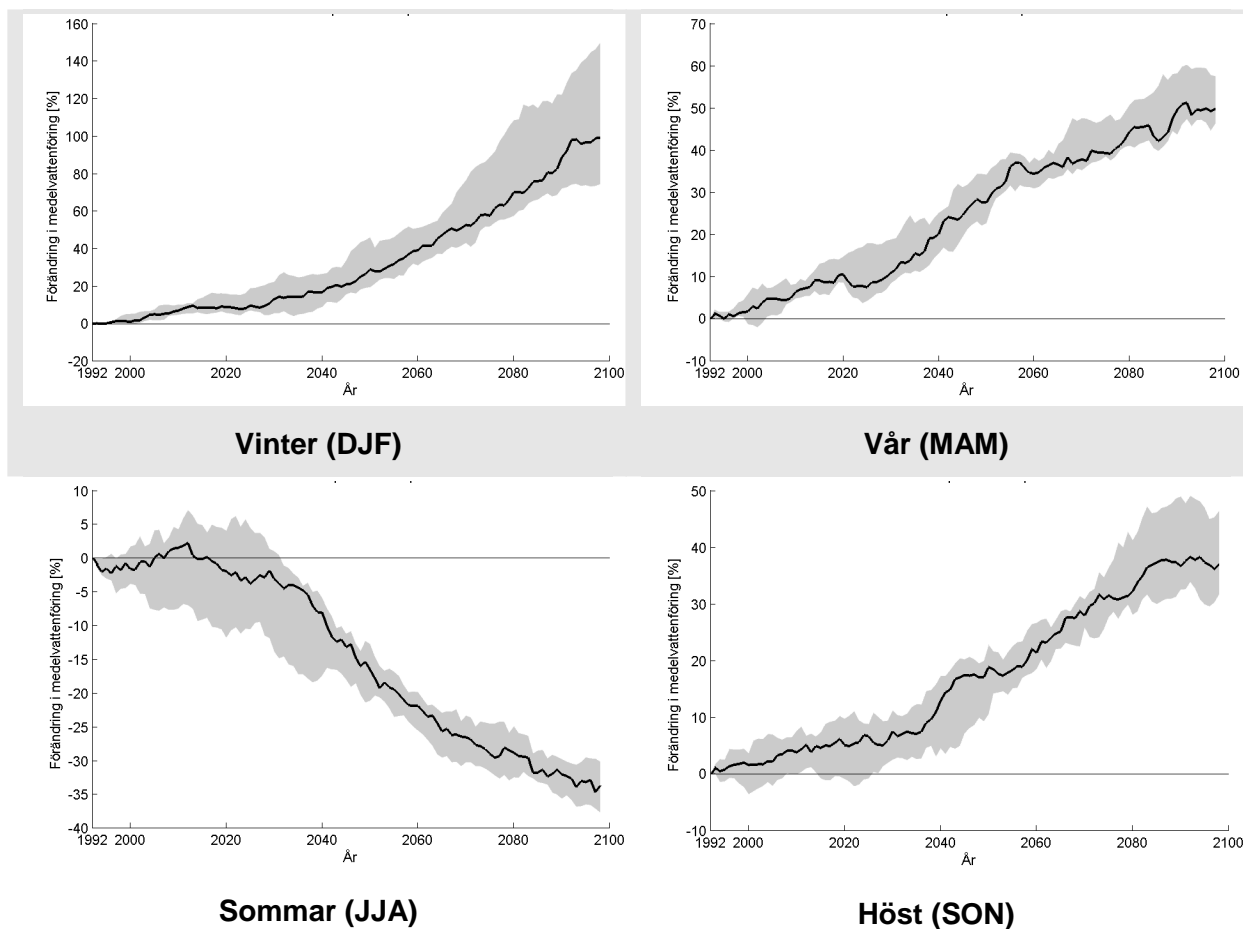




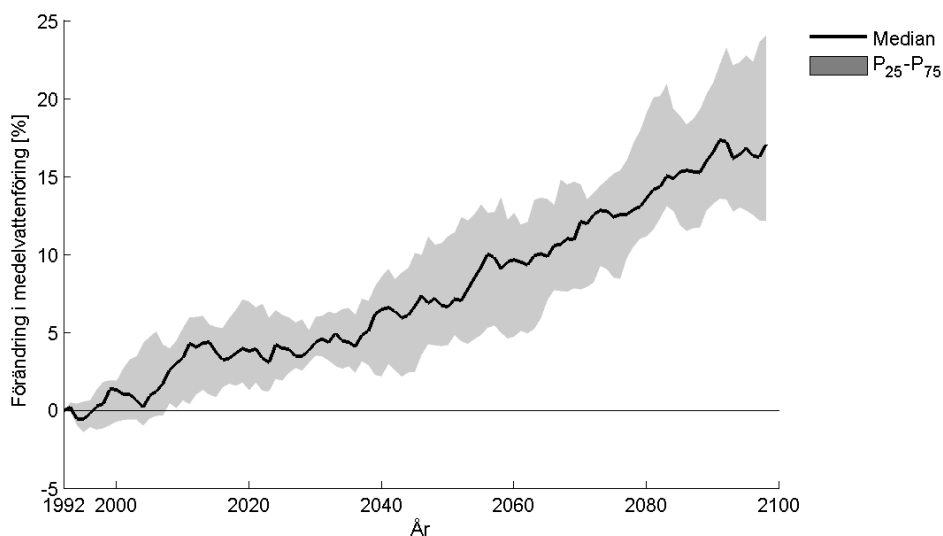
*Figur 5-23. Procentuell förändring av total säsongmedeltillrinning i Umeälven, utlopp Storuman, enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Observera att det är olika skala på figurerna. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.*



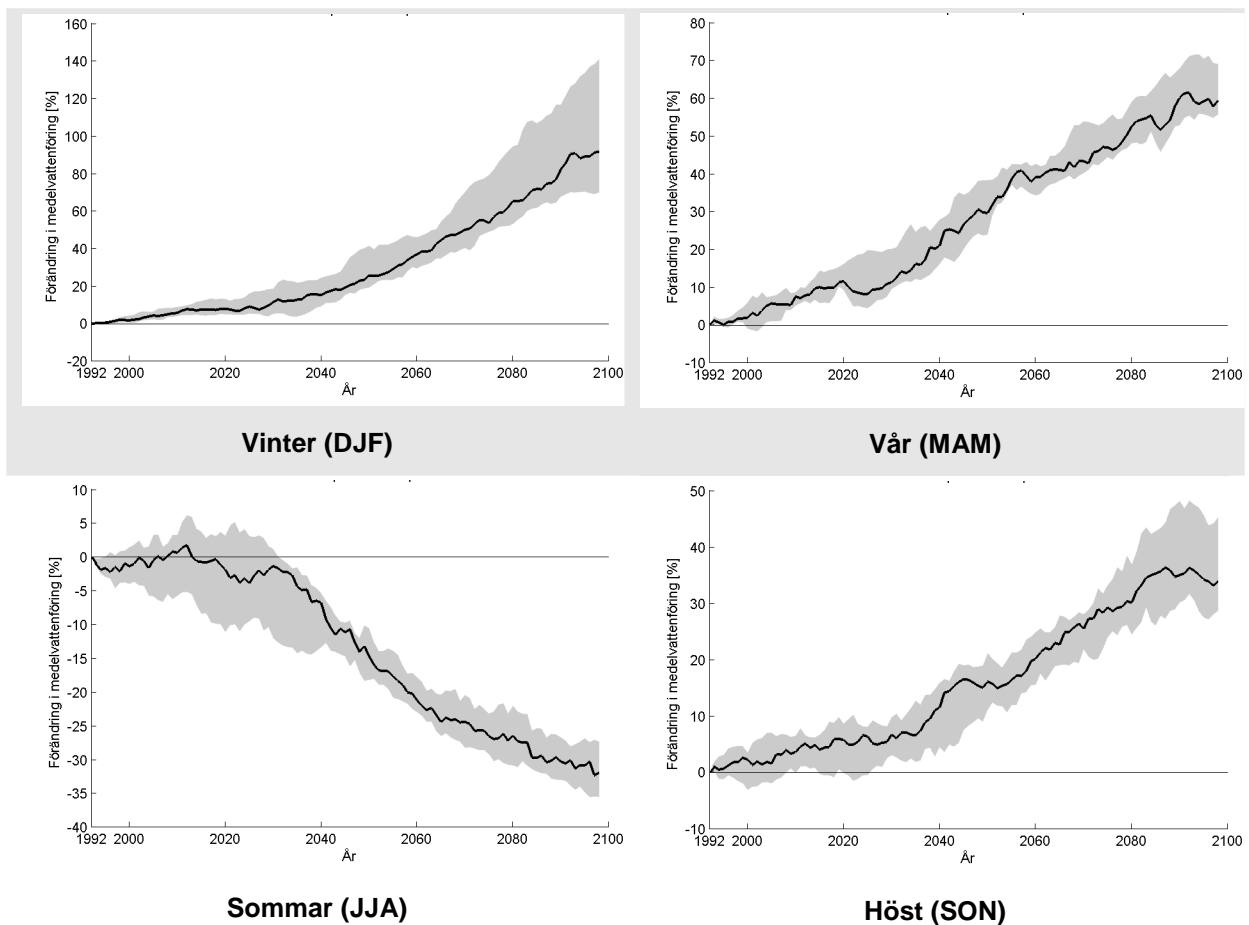
Figur 5-24. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning i Umeälven, ovan Vindelälven, enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



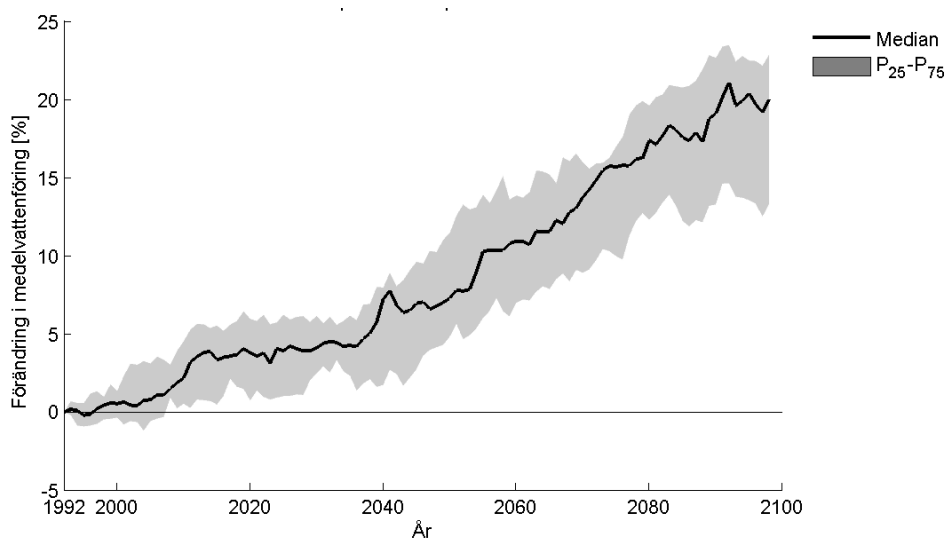
*Figur 5-25. Procentuell förändring av total säsongmedeltillrinning i Umeälven, ovan Vindelälven, enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Observera att det är olika skala på figurerna. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.*



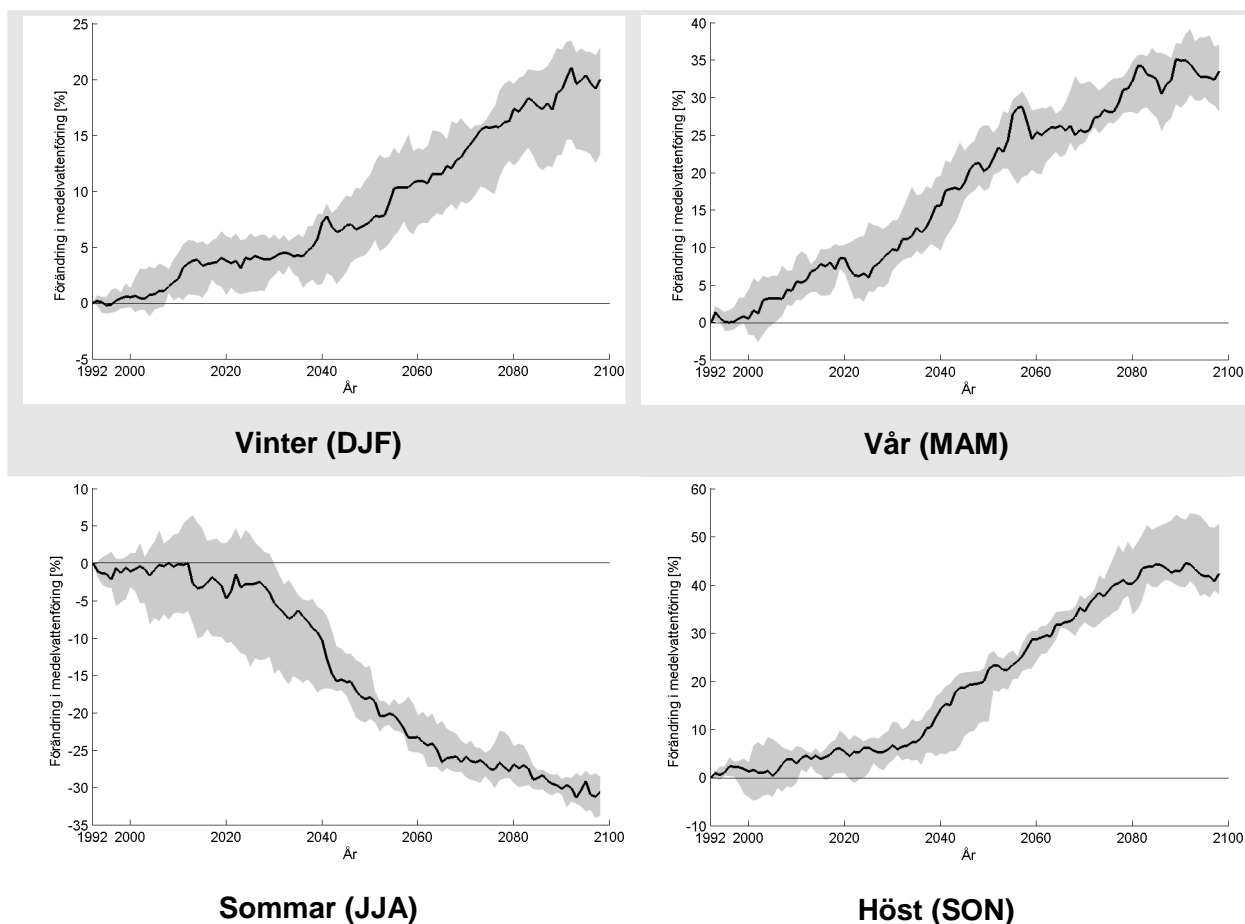
Figur 5-26. Procentuell förändring av totala årsmedeltillrinning i Umeälvens mynning i Bottenviken enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



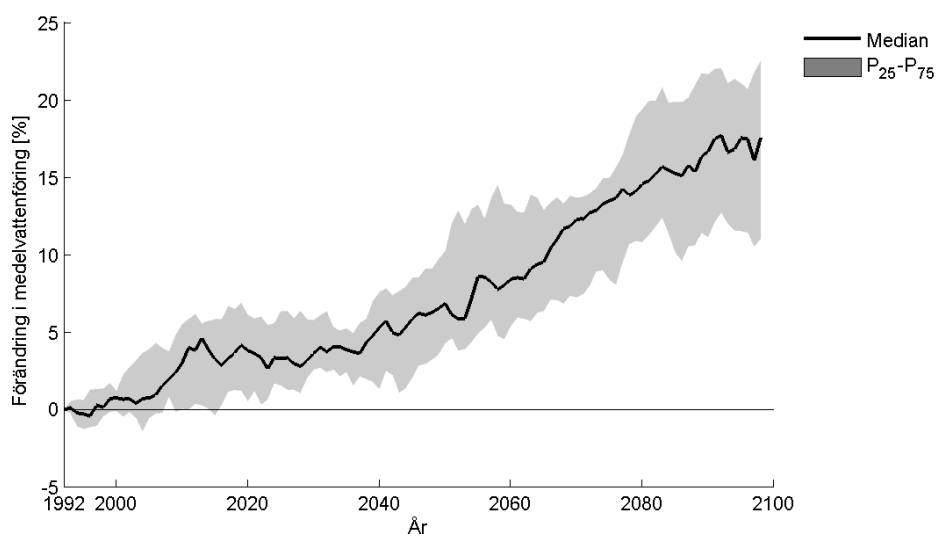
Figur 5-27. Procentuell förändring av total säsongmedel-tillrinning i Umeälvens mynning i Bottenviken enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Observera att det är olika skala på figurerna. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



Figur 5-28. Procentuell förändring av totala årsmedeltillrinning i Ångermanälven, utlopp Malgomaj, enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.

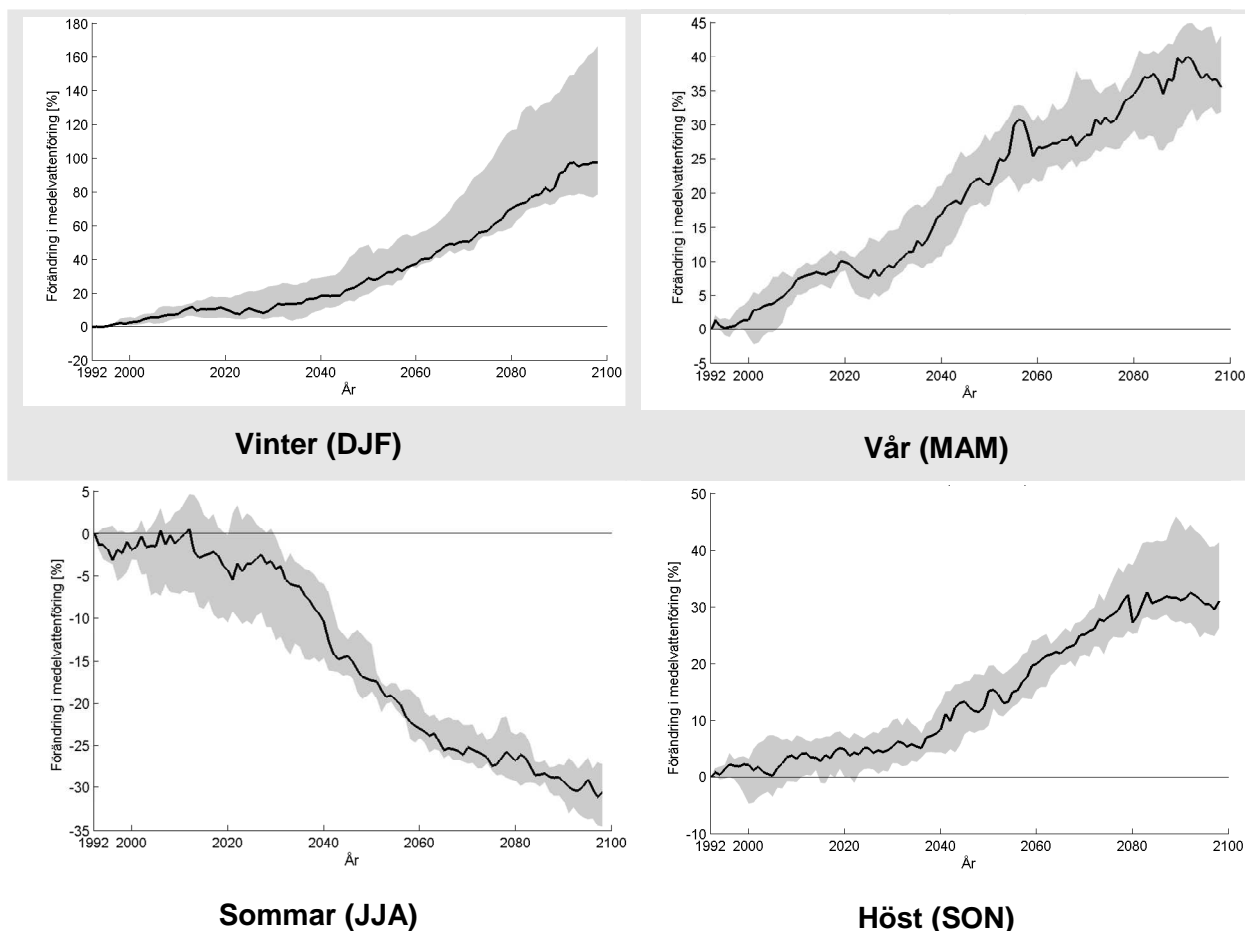


*Figur 5-29. Procentuell förändring av total säsongmedeltillrinning i Ångermanälven, utlopp Malgomaj, enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Observera att det är olika skala på figurerna. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.*



Figur 5-30. Procentuell förändring av total årsmedeltillrinning i Ångermanälven, vid länsgränsen, utlopp Hällbymagasinet, enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.



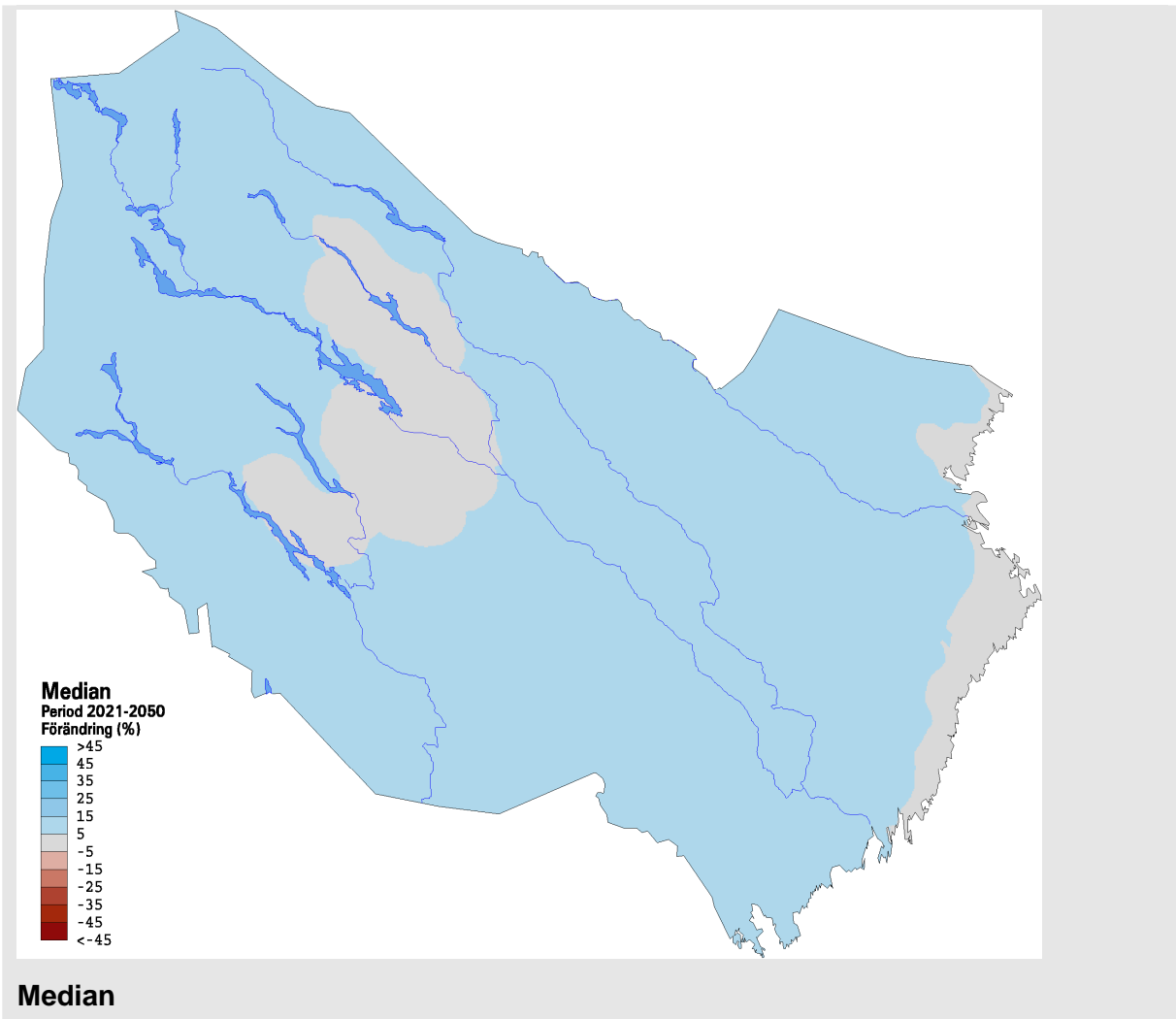


**Figur 5-31.** Procentuell förändring av totala säsongmedeltillrinning i Ångermanälven, vid länsgränsen, utlopp Hällbymagasinet, enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt referensperioden 1963-1992. Observera att det är olika skala på figurerna. Varje års värde utgörs av ett medianvärde (svart linje) taget över de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 medelvärdet av perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen.

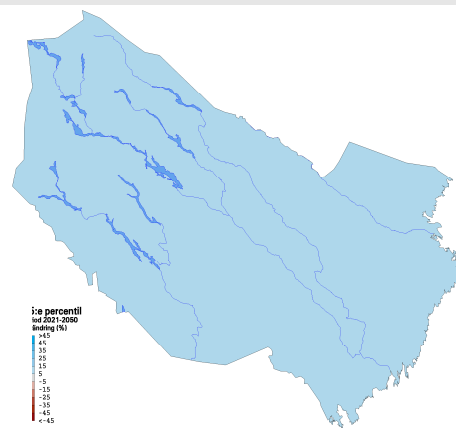
I Figur 5-32 och Figur 5-33 visas i kartform medianvärdet av förändringen av den lokala medelårstillrinningen i hela länet beräknat från samtliga klimatscenarier för perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098. Parallellt visas även 25:e percentilen och 75:e percentilen av samtliga scenariers årsmedeltillrinning för samma perioder.

I kartbilderna visas den lokala tillrinningen, det vill säga bara det bidrag av vatten som rinner från varje enskilt avrinningsområde visas, till skillnad från den totala tillrinningen (totala vattenföringen), där hela flödesbidraget från uppströms avrinningsområden är medtagen. Detta ger en bild av hur mindre vattendrag, vars vattenföring endast beror av lokala förhållanden, påverkas.

I kartbilderna syns en ökning av klimatscenariemedianen för lokal tillrinning på 5 – 15 % i större delen av länet för perioden 2021-2050. Delar av kusten och de mer höglänta delarna av inlandet väntas vara i princip oförändrade. Mot slutet av seklet syns en tydligare ökning av lokal tillrinning på mellan 15 - 25 % för framför fjällregionen och mellan 5 - 15 % i övriga länet.

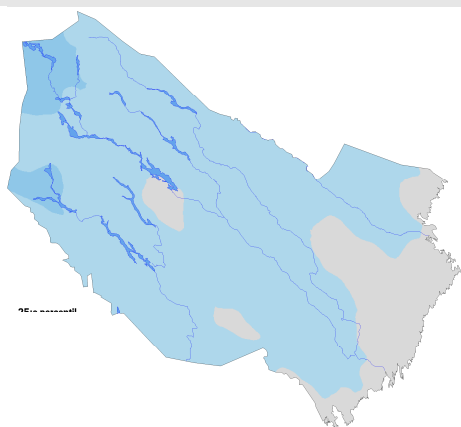
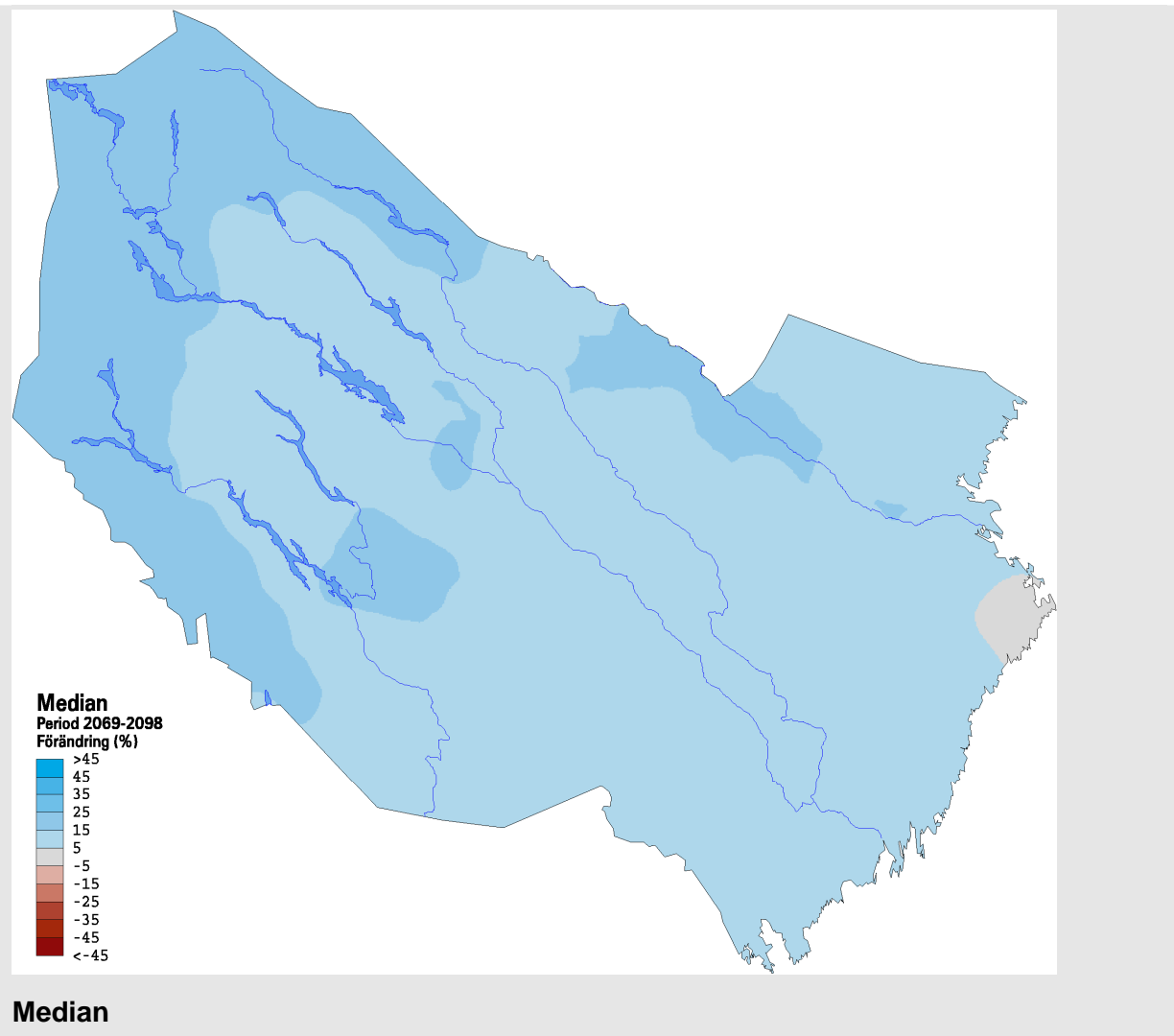


25:e percentil

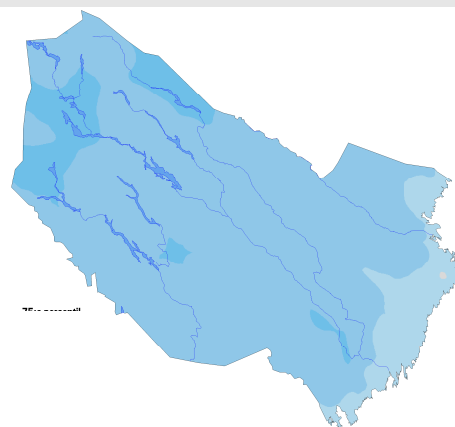


75:e percentil

*Figur 5-32. Förändring av lokal årsmedeltillrinning i Västerbottens län för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Den större figuren visar medianvärdena medan den nedre vänstra figuren visar 25:e percentilen och den nedre högra figuren visar 75:e percentilen av samtliga scenariers årsmedelvärden.*



25:e percentil



75:e percentil

Figur 5-33. Förändring av lokal årsmedeltillrinning i Västerbottens län för perioden 2069-2098 jämfört med referensperioden 1963-1992. Den större figuren visar medianvärdena medan den nedre vänstra figuren visar 25:e percentilen och den nedre högra figuren visar 75:e percentilen av samtliga scenariers årsmedelvärden.

#### 5.1.4 100-årsflöden framtida förändring

##### 5.1.4.1 Förändring av 100-årsflödets storlek i framtida klimat

I Figur 5-34 till Figur 5-43 presenteras 100-årsvattenföringar beräknade för Skellefteälven, Vindelälven, Umeälven och Åseleälven. Beräkningarna är gjorda för *oreglerade* förhållanden på *total* tillrinning. Att total tillrinning (vattenföringen) är beräknad betyder att allt tillrinnande vatten uppströms delavrinningsområdet 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 samliga 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.

Skellefteälvens totala 100-årstillrinning i mynningen i Bottenviken väntas vara relativt oförändrad till mitten av seklet för att minska med mellan 10 - 20 % mot slutet av seklet.

Vindelälven väntas vara ganska oförändrad under seklet men en svag nedåtgående trend mot slutet av seklet kan märkas. Till mitten av seklet kan en liten ökning ske.

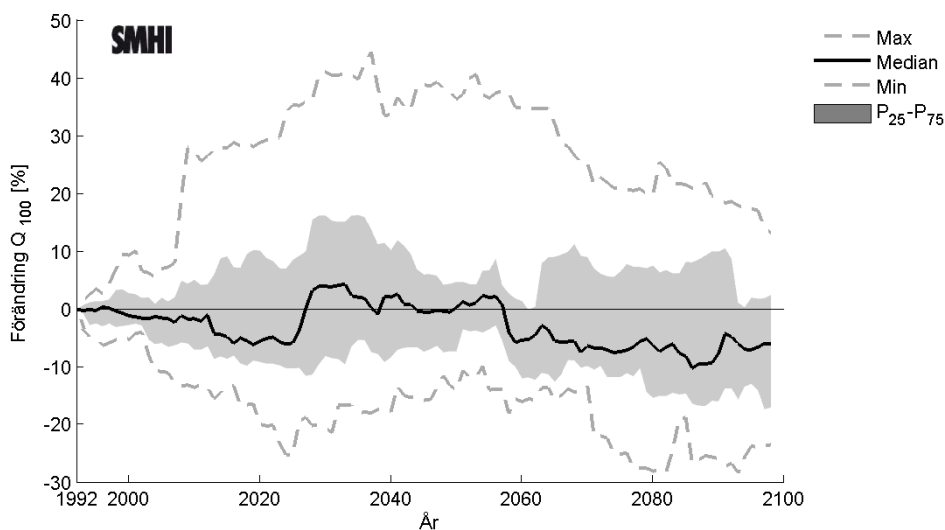
Umeälven väntas vara relativt oförändrad till mitten av seklet för att minska mot slutet med nedåt 15 - 20 % för ensemblemedianen.

Ångermanälven väntas öka svagt till mitten av seklet men minska mot slutet av seklet med ca 10 % mot slutet för ensemblemedianen

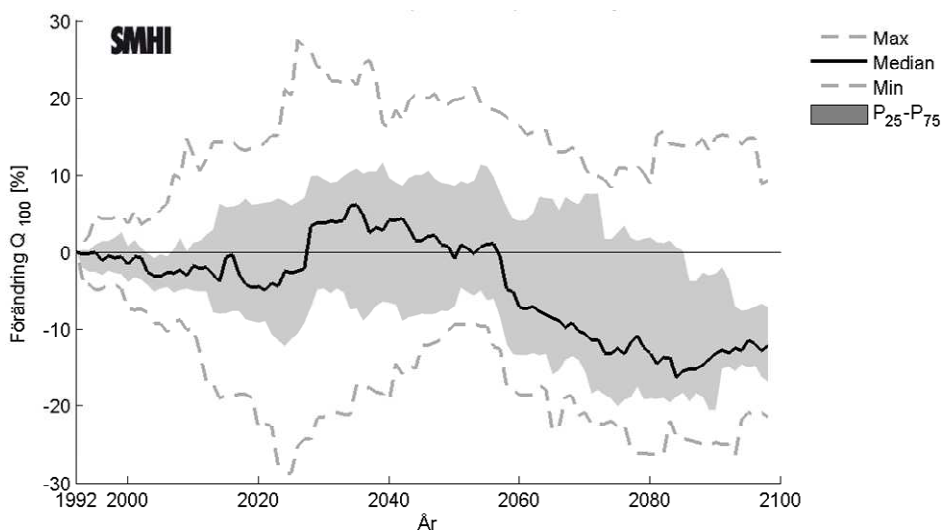
Generellt är förändringen av 100-årsvattenföringen liten fram till ungefär mitten av detta sekel. Effekterna av den minskande snömagasineringsen slår igenom i resultaten för slutet av seklet då 100-årsvattenföringen väntas minska i de flesta punkter längst älvarna. Effekten är större ju längre nedströms i vattendragen de presenterade punkterna ligger.

I Figur 5-44 och Figur 5-45 visas i kartform medianvärdet av förändringen av *lokal* 100-årstillrinning i hela länet bland samtliga klimatscenarier för perioderna 2021-2050 respektive 2069-2098. Parallellt visas även 25:e och 75:e-percentilen av samtliga scenariers 100-årsvärden för samma perioder. I kartbilderna visas lokal 100-årstillrinning, det vill säga bara det bidrag av vatten som rinner från varje enskilt avrinningsområde. Detta ger en bild av hur mindre vattendrag, vars vattenföring endast beror av lokala förhållanden, påverkas.

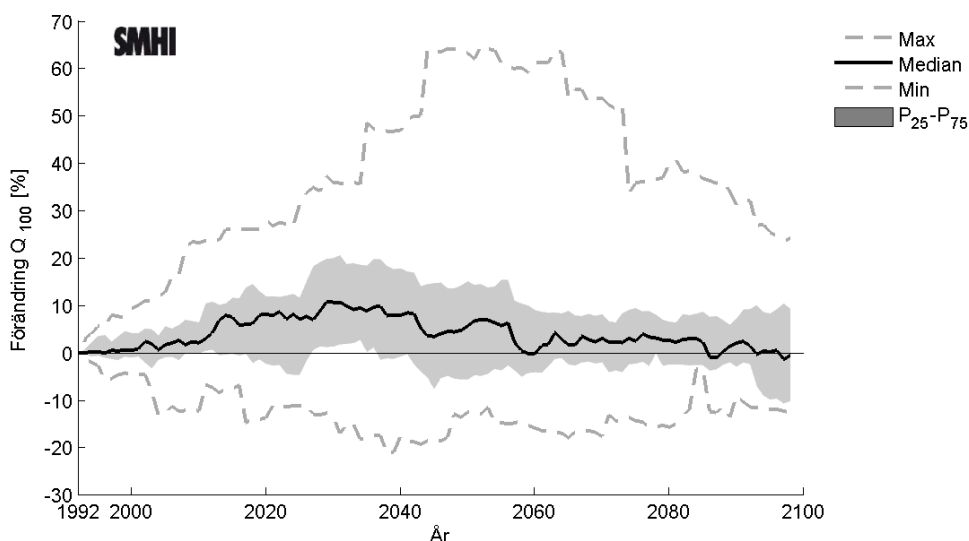
I kartbilderna kan ses att den lokala 100-årstillrinningen är relativt oförändrad för större delen av länet, och något minskande (5 - 15 %) för kusten till mitten av seklet. Till slutet av seklet är minskningen tydligare, 5 - 25 % för större delen av länet undantaget några relativt oförändrade områden, och mellan 25 - 35 % för kusten.



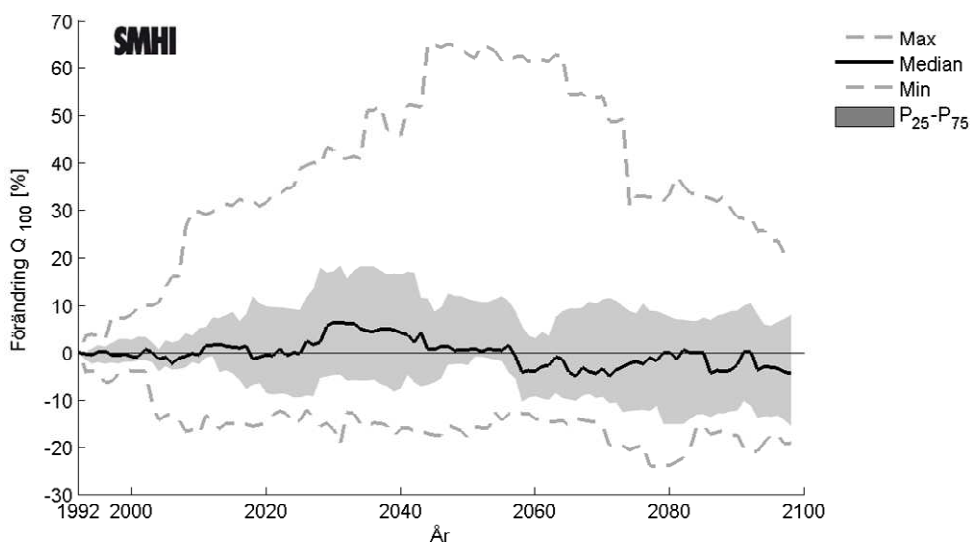
Figur 5-34. Procentuell förändring av total 100-årstillrinning i Skellefteälven, utlopp Vargforsen, enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt 100-årstillrinningen beräknat från referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från maxvärden för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med värdet från 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. Den svarta linjen visar medianen och de streckade linjerna visar max- och minvärde av samtliga klimatscenarioer.



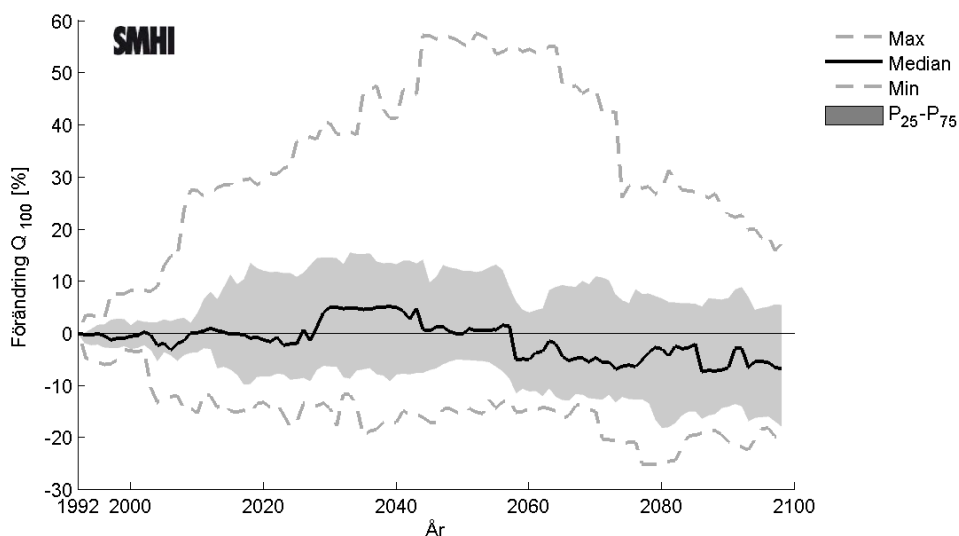
Figur 5-35. Procentuell förändring av total 100-årstillrinning i Skellefteälvens mynning i Bottenviken enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt 100-årstillrinningen beräknat från referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från maxvärden för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med värdet från 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. Den svarta linjen visar medianen och de streckade linjerna visar max- och minvärde av samtliga klimatscenarioer.



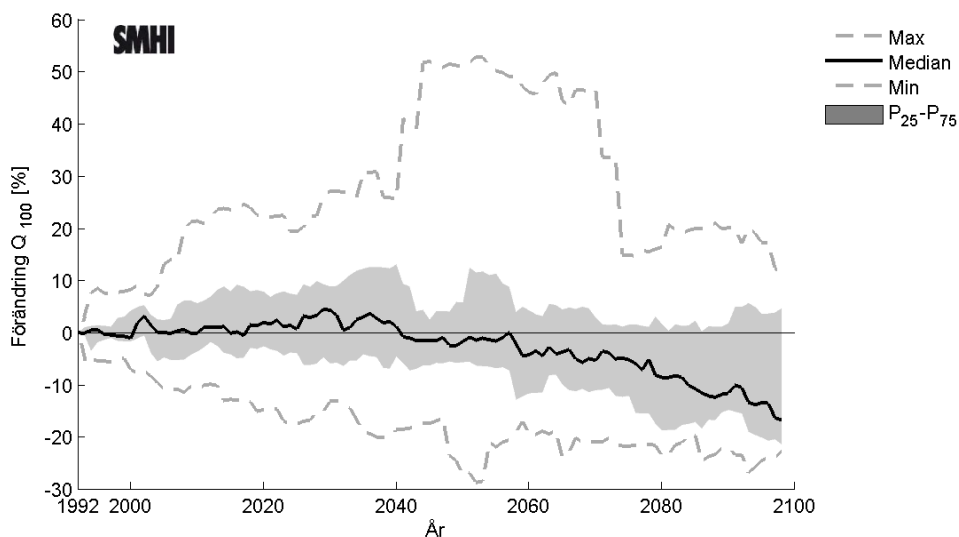
Figur 5-36. Procentuell förändring av total 100-årstillrinning i Vindelälvens mynning i Storvindeln enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt 100-årstillrinningen beräknat från referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från maxvärden för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med värdet från 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. Den svarta linjen visar medianen och de streckade linjerna visar max- och minvärde av samtliga klimatscenarier.



Figur 5-37. Procentuell förändring av total 100-årstillrinning i Vindelälven, utlopp Ruskträsk, enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt 100-årstillrinningen beräknat från referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från maxvärden för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med värdet från 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. Den svarta linjen visar medianen och de streckade linjerna visar max- och minvärde av samtliga klimatscenarier.

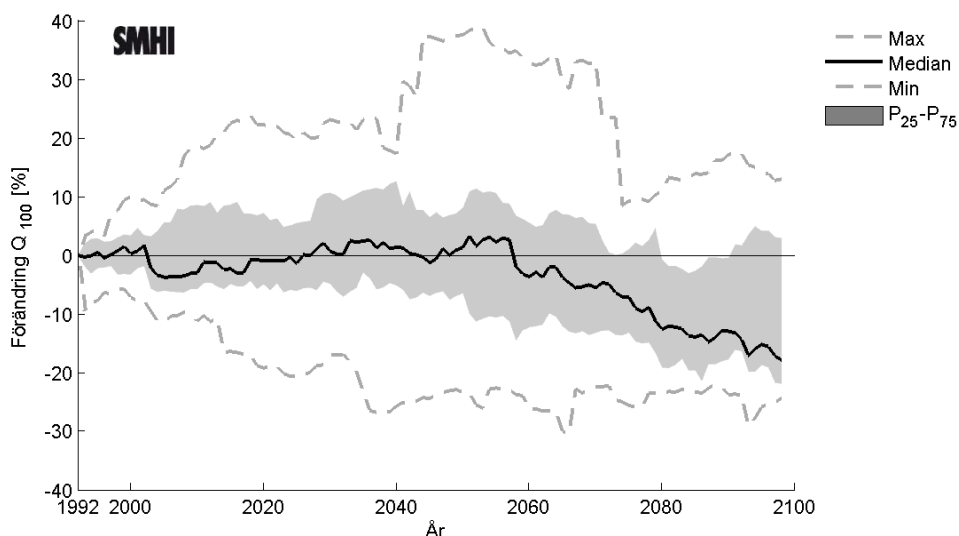


Figur 5-38. Procentuell förändring av total 100-årstillrinning i Vindelälvens mynning i Umeälven enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt 100-årstillrinningen beräknat från referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från maxvärden för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med värdet från 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. Den svarta linjen visar medianen och de streckade linjerna visar max- och minvärde av samtliga klimatscenarier.

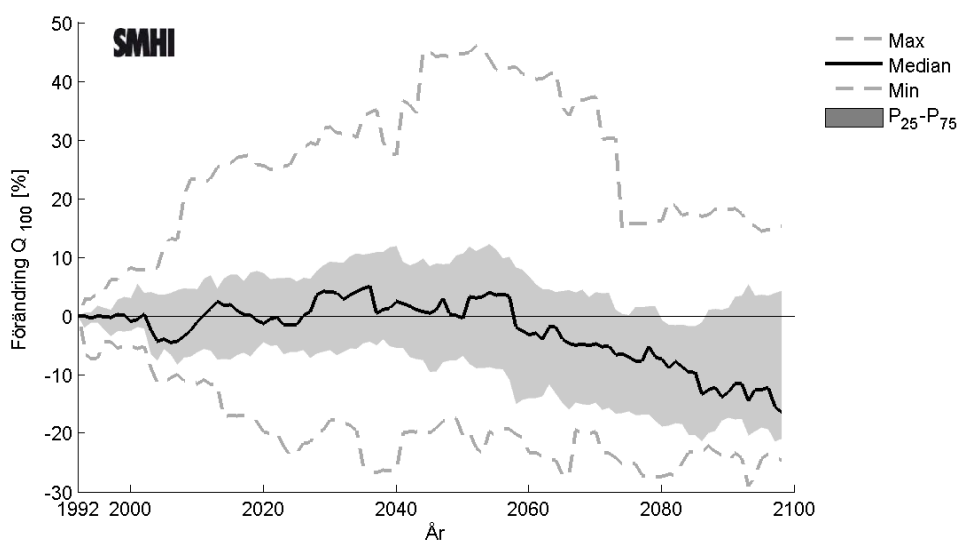


Figur 5-39. Procentuell förändring av total 100-årstillrinning i Umeälven, utlopp Storuman, enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt 100-årstillrinningen beräknat från referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från maxvärden för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med värdet från 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. Den svarta linjen visar medianen och de streckade linjerna visar max- och minvärde av samtliga klimatscenarier.

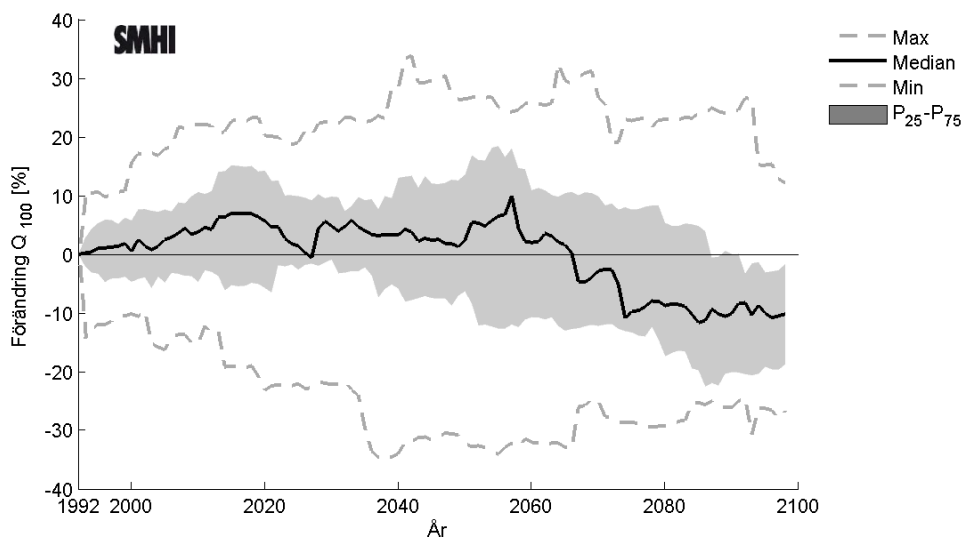




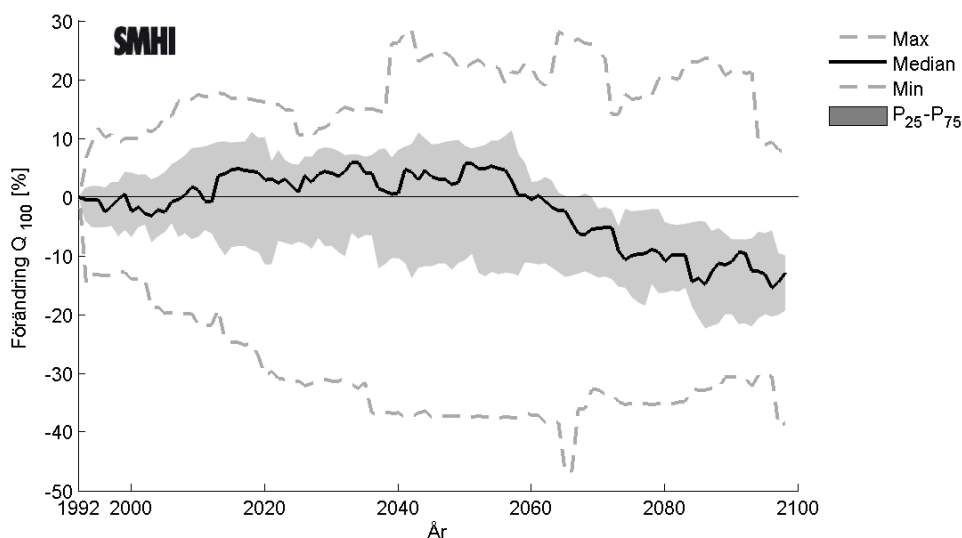
Figur 5-40. Procentuell förändring av total 100-årstillrinning i Umeälven, ovan Vin-delälven, enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt 100-årstillrinningen beräknat från referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från maxvärden för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med värdet från 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. Den svarta linjen visar medianen och de streckade linjerna visar max- och minvärde av samtliga klimatscenarier.



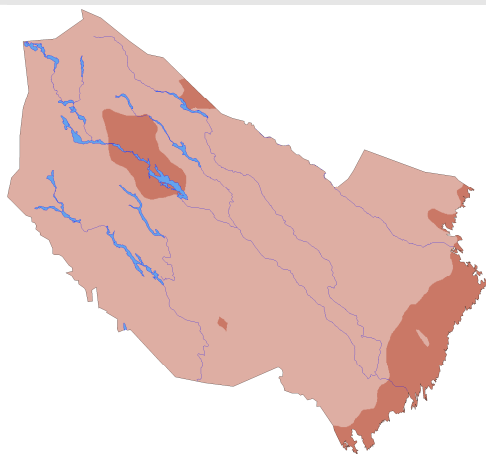
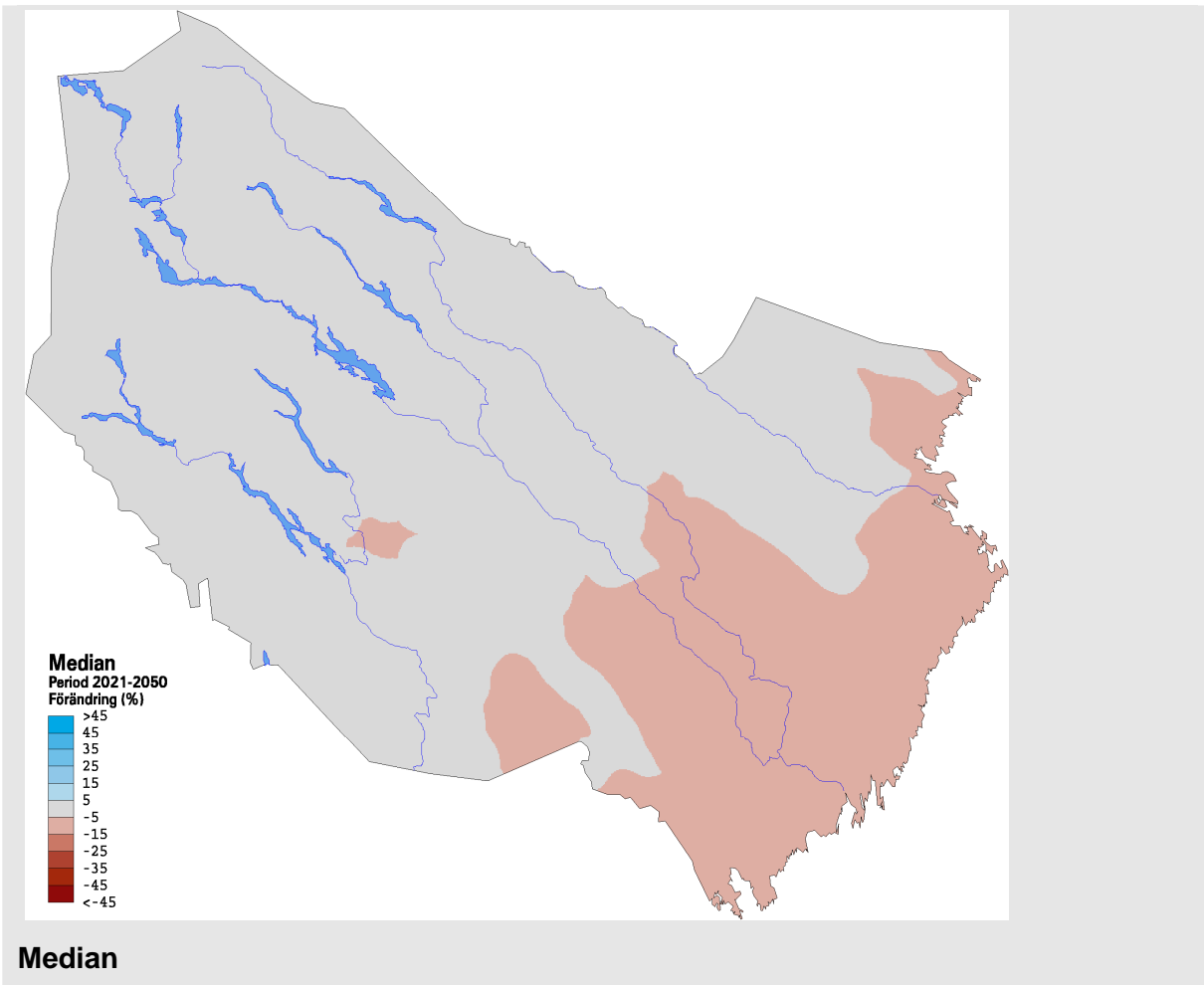
Figur 5-41. Procentuell förändring av total 100-årstillrinning i Umeälvens mynning i Bottenviken enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt 100-årstillrinningen beräknat från referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från maxvärden för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med värdet från 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. Den svarta linjen visar medianen och de streckade linjerna visar max- och minvärde av samtliga klimatscenarier.



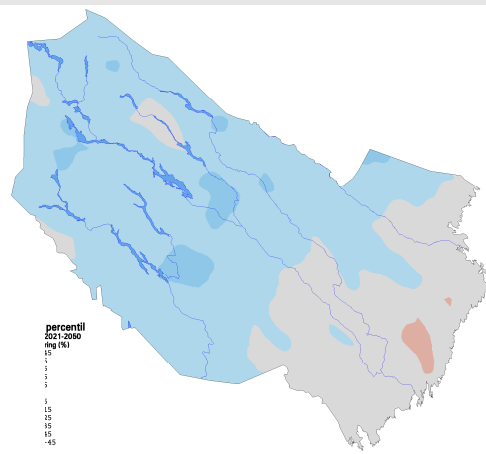
Figur 5-42. Procentuell förändring av total 100-årstillrinning i Ångermanälven, utlopp Malgomaj, enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt 100-årstillrinningen beräknat från referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från maxvärden för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med värdet från 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. Den svarta linjen visar medianen och de streckade linjerna visar max- och minvärde av samtliga klimatscenarier.



Figur 5-43. Procentuell förändring av total 100-årstillrinning i Ångermanälven, vid länsgränsen, utlopp Hällbymagasinet, enligt 16 klimatsimuleringar (12 efter 2050) relativt 100-årstillrinningen beräknat från referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från maxvärden för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med värdet från 1963-1992). Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. Den svarta linjen visar medianen och de streckade linjerna visar max- och minvärde av samtliga klimatscenarier.

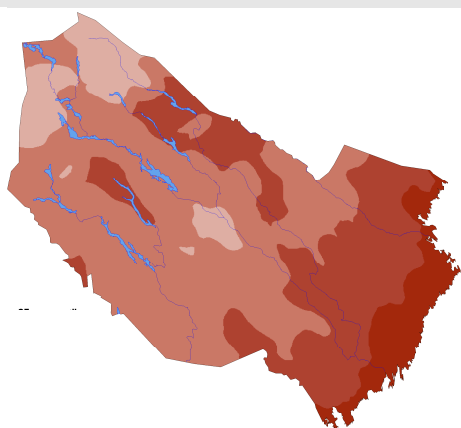
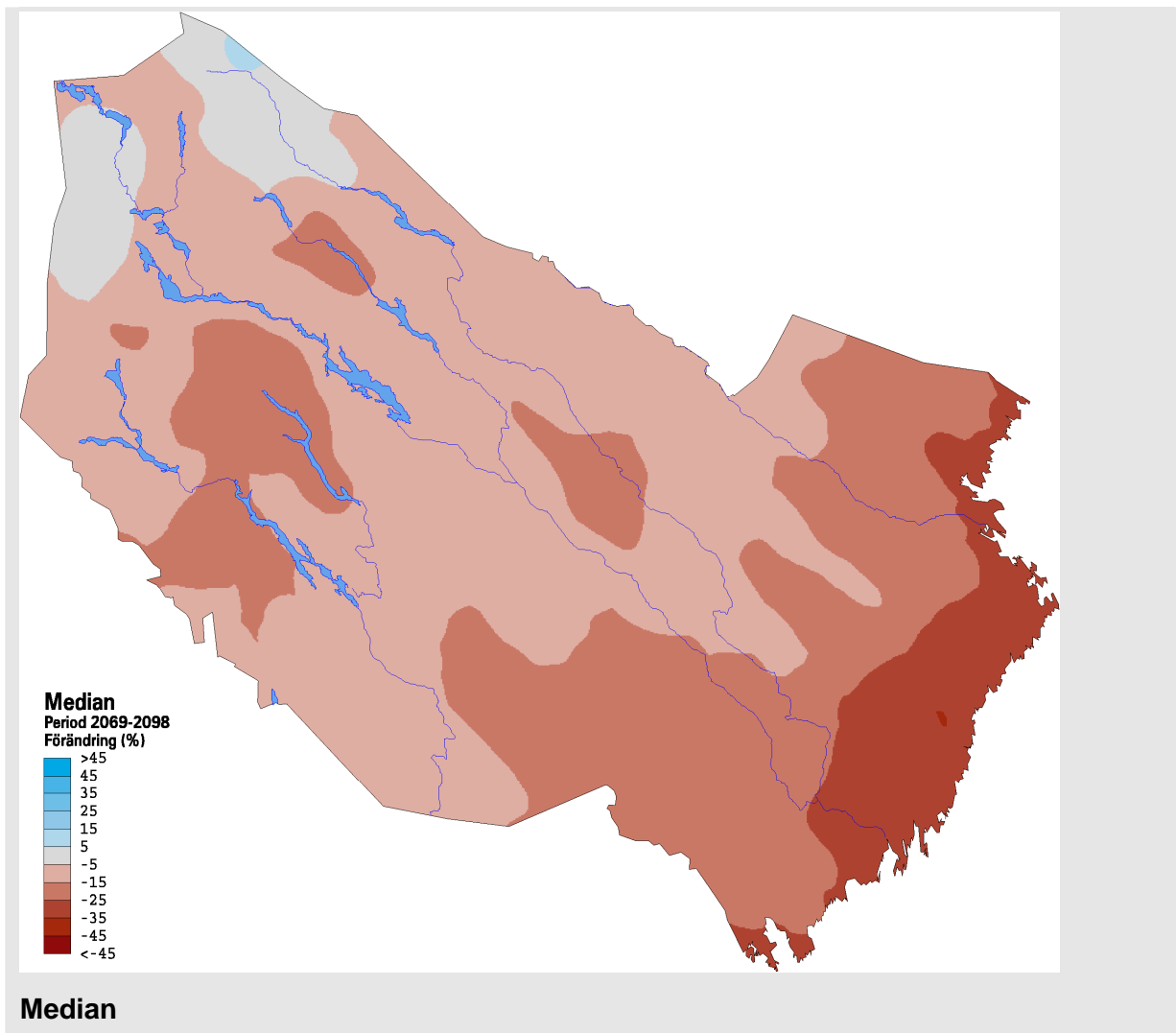


25:e percentil

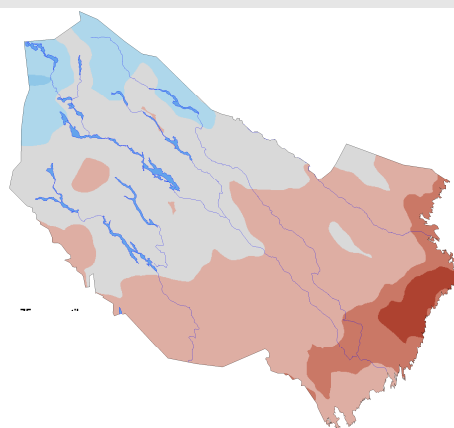


75:e percentil

*Figur 5-44. Förändring av lokal 100-årstillrinning i Västerbottens län för perioden 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Den större figuren visar medianvärdena medan den nedre vänstra figuren visar 25:e percentilen och den nedre högra figuren visar 75:e percentilen av samtliga scenariers årsmedelvärden.*



25:e percentil



75:e percentil

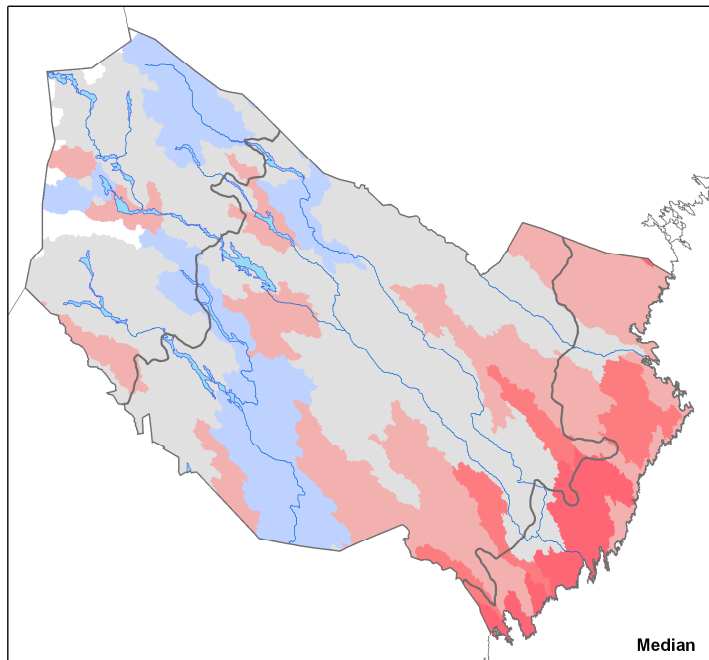
*Figur 5-45. Förändring av lokal 100-årstillrinning i Västerbottens län för perioden 2069-2098 jämfört med referensperioden 1963-1992. Den större figuren visar medianvärdena medan den nedre vänstra figuren visar 25:e percentilen och den nedre högra figuren visar 75:e percentilen av samtliga scenariers årsmedelvärden.*

#### 5.1.4.2 Framtida återkomsttid för dagens lokala 100-årstillrinning

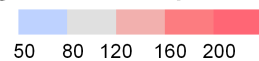
I Figur 5-46 och Figur 5-47 visas i kartform återkomsttider för dagens totala 100-årstillrinning (100-årsvattenföringen) i framtida klimat. Framtida ny återkomsttid för dagens hundraårsflöden har beräknats genom att kombinera frekvensanalys under referensperioden med analyser för två framtida perioder. Metoden för beräkning av ny återkomsttid fokuserar på att beskriva förändringen noggrant i områden där klimatscenerierna tyder på ökad storlek på extremflöden, d.v.s. områden där dagens hundraårsflöden förväntas få en återkomsttid som är mindre än 100 år. I områden där klimatscenerierna tyder på minskad storlek på extremflöden, d.v.s. områden där dagens 100-årsflöden förväntas få en återkomsttid som är större än 100 år, är resultaten mer översiktliga.

Till mitten av seklet fås något kortare återkomsttid för dagens totala 100-årstillrinning längst uppströms i Vindelälven och i Ångermanälven, mellan 50 – 80 år, beroende på att beräknad total 100-årsvattenföring är relativt oförändrad eller något ökande under denna period. Större delen av Umeälven och Skellefteälven väntas vara oförändrade. I kustområden väntas återkomstperioden generellt bli längre.

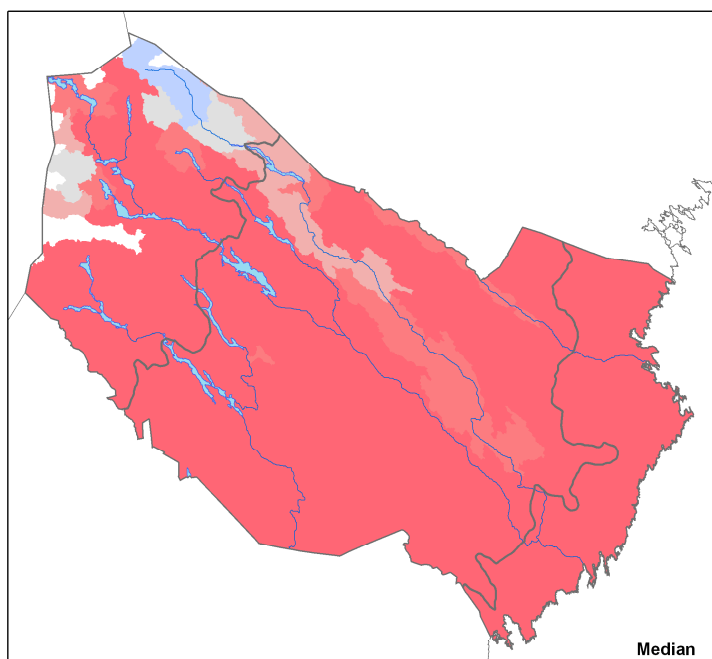
För största delen av länet kommer återkomsttiden för total tillrinning med storlek som dagens 100-årstillrinning däremot att öka mot slutet av seklet, då flödena väntas minska. I de flesta fall erhålls en återkomsttid på över 200 år i slutet av seklet (medianen av klimatscenerie-ensemblen). Undantaget är längst uppströms i Vindelälven där 100-årsvattenföringen väntas öka något, varför återkomsttiden för dagens 100-årstillrinning då följaktligen väntas minska, till mellan 40 - 80 år.



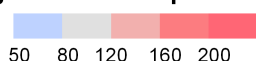
**Beräknad framtida återkomsttid för dagens totala 100-årstillrinning beräknat för perioden 2021 - 2050 [år]**



*Figur 5-46. Beräknad framtida återkomsttid (år) för dagens totala 100-årstillrinning perioden 2021–2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Medianen av klimatscenarieberäkningarna visas.*



**Beräknad framtida återkomsttid för dagens totala 100-årstillrinning beräknat för perioden 2069 - 2098 [år]**



*Figur 5-47. Beräknad framtida återkomsttid (år) för dagens totala 100-årstillrinning perioden 2069–2100 jämfört med referensperioden 1963-1992. Medianen av klimatscenarieberäkningarna visas.*

## 5.2 Snö

Framtida maximalt vatteninnehåll i snön under året och framtida snödagars har beräknats med HBV-modellen med klimatindata som beskrivs i Bilaga 1, avsnitt B1-8.

### 5.2.1 Framtida maximalt vatteninnehåll i snön under året

Medel av observerat största snödjup under referensperioden 1961-1990 var för Västerbottens län ungefär 140 – 260 cm för fjällregionen, 120 – 140 cm för region inland och 100 – 120 cm för delar av norra kustregionen (Figur 5-48). Beräknat snömax för referensperiod och beräknad förändring av snömax mot slutet av detta sekel (mm vatteninnehåll) redovisas i Tabell 5-3. Tre av platserna i Tabell 5-1 samt området kring Överuman, längst uppströms i Umeälven är valda för att visa exempel på utvecklingen av snömax-minskningen vid kust, inland och fjäll. Observera att utförda beräkningar är gjorda på millimeter vatteninnehåll och inte i faktiskt snödjup som observationerna är uppmätta i, varför observationer och beräkningar inte kan jämföras rakt av.

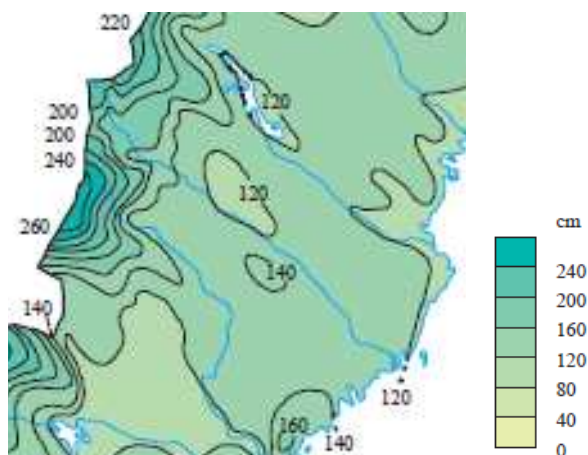
I Figur 5-49 till 5-54 visas för områdena i Tabell 5-3 förändringen för medel av snömax (vatteninnehållet i snön under det dygn med beräknat störst snötäcke, d.v.s. varje års maximala snötäcke) under glidande 30-årsperioder jämfört med referensperiodens (1963



- 1992) medel av maximalt vatteninnehåll i snön. Medianvärdet av samtliga klimat-scenarier presenteras med den svarta linjen. Skuggningen visar spannet mellan 75:e och 25:e percentilen av scenarioensembeln. De streckade linjerna visar maximalt respektive minimalt värde från samtliga klimatberäkningar.

I Figur 5-53 och Figur 5-54 visas i kartform förändringen av snömax för perioden 2021-2050 respektive 2069 – 2098 för hela länet. Vita områden i kartan är avrinningsområden som rinner mot Norge, dessa områden innefattas ej i beräkningsmodellen.

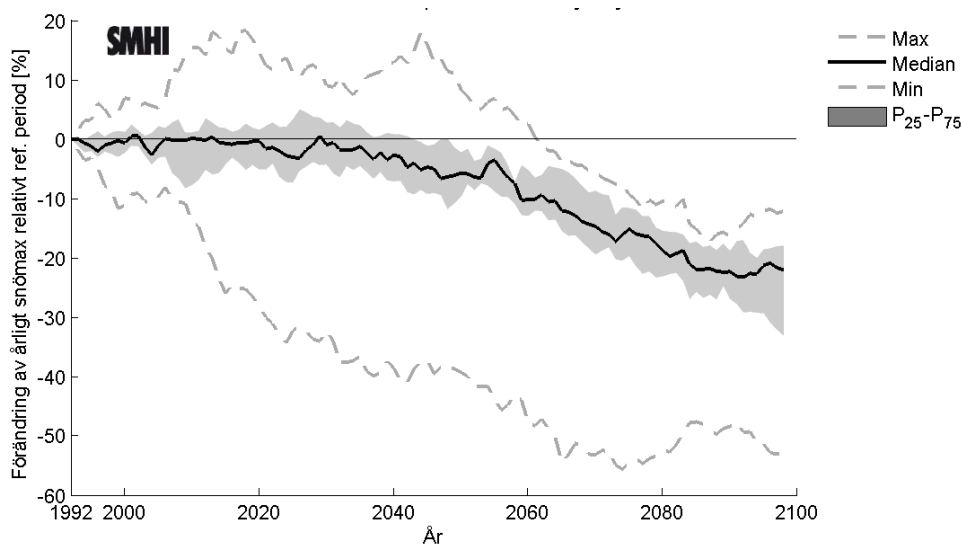
Resultaten från klimatberäkningarna visar på att största snömängden kommer att minska för Västerbottens län under innevarande sekel med ner till ca 30 % till mitten av seklet och med så mycket som runt 70 % mot slutet av seklet. Förändringen accelererar från mitten till slutet av seklet och är generellt störst i de kustnära delavrinningsområdena men stor även i delar av fjällregionen.



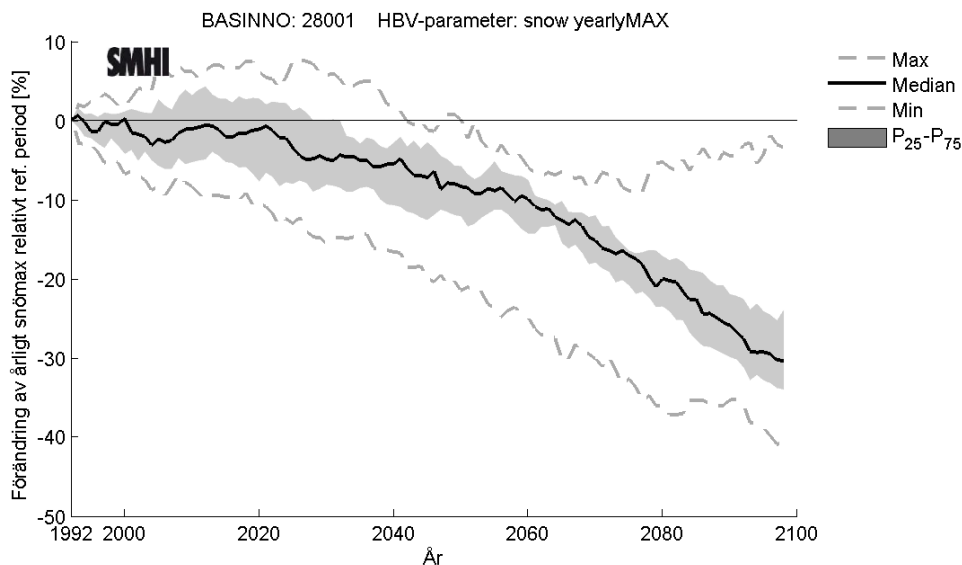
Figur 5-48. Observerat största snödjup (cm) 1961 – 1990, beskuren från Brandt, m.fl. (1999).

Tabell 5-3. Beräknat snömax (mm vatteninnehåll) under referensperioden och beräknad förändring (%) för perioden 2069 – 2098.

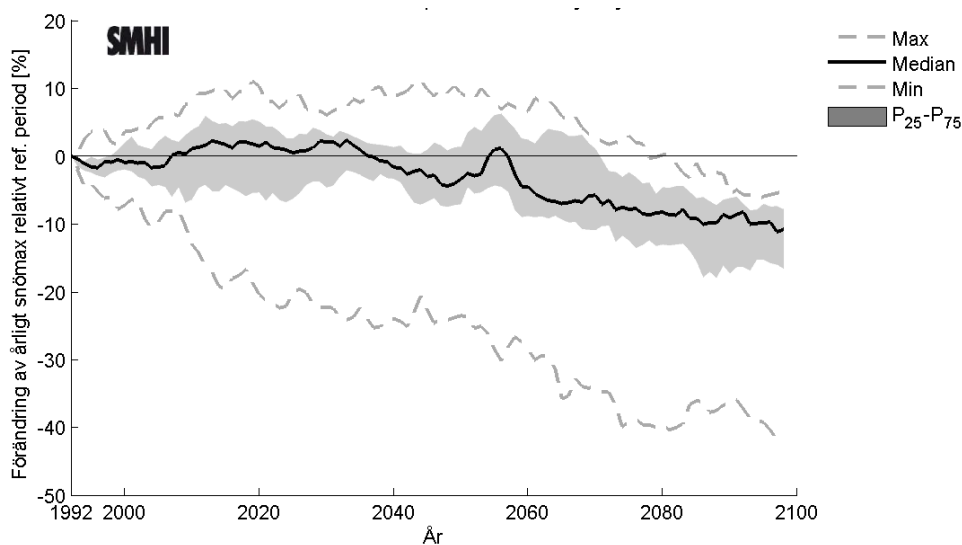
Delavrinningsområde närmast uppströms plats i vattendrag	Region	Ungefärligt medel av beräknad snömax för referensperioden 1963 - 1992	Ungefärlig beräknad minskning av snömax vid slutet av seklet
Vindelälven, nedom Ruskträsk	Inland	140 mm	15 - 25 %
Umeälven, utlopp Överuman (Klippens kriv)	Fjäll	558 mm	25 - 35 %
Umeälven, utlopp Storuman	Fjäll/Inland	180 mm	5 - 15 %
Umeälven, mynning i Botenviken	Kust	175 mm	50 - 70 %



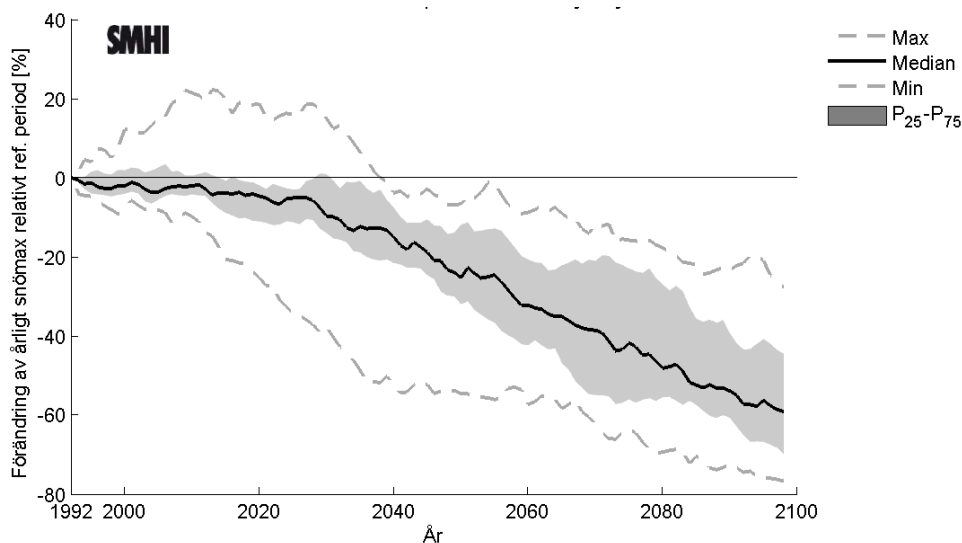
*Figur 5-49 Beräknad framtida förändring av snömax för delavrinningsområdet närmast uppströms Vindelälven nedom Ruskträsk jämfört med referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från medel av snömax för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet från 1963-1992). Medianvärdet av samtliga klimatscenarier presenteras med den svarta linjen. Skuggningen visar spannet mellan 75:e och 25:e percentilen av scenarioensemblen. De streckade linjerna visar maximalt respektive minimalt värde från samtliga klimatberäkningar.*



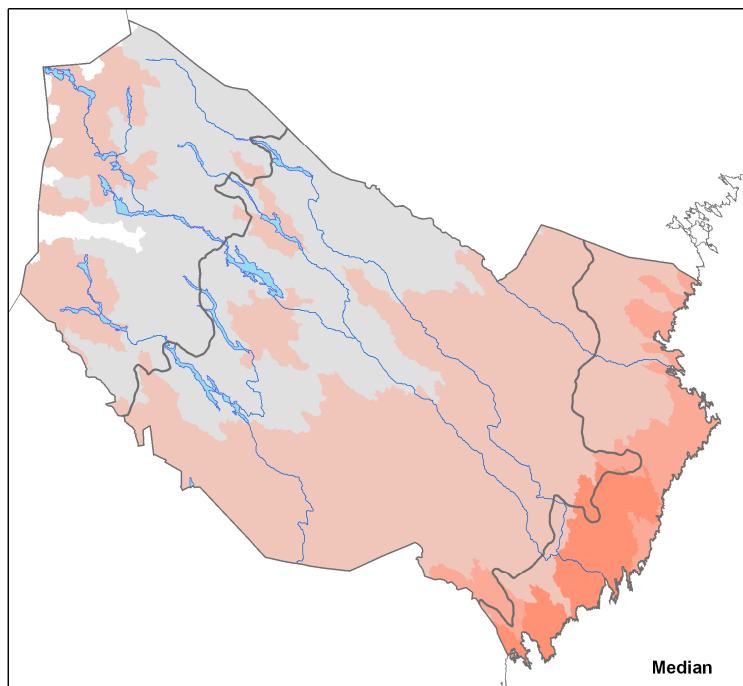
Figur 5-50. Beräknad framtida förändring av snömax för delavrinningsområdet närmast uppströms utlopp Överuman i Umeälven jämfört med referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från medel av snömax för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet från 1963-1992). Medianvärdet av samtliga klimatscenarier presenteras med den svarta linjen. Skuggningen visar spannet mellan 75:e och 25:e percentilen av scenarioensemblen. De streckade linjerna visar maximalt respektive minimalt värde från samtliga klimatberäkningar.



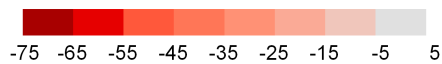
*Figur 5-51. Beräknad framtida förändring av snömax för delavrinningsområdet närmast uppströms utlopp Storuman i Umeälven jämfört med referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från medel av snömax för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet från 1963-1992). Medianvärdet av samtliga klimatscenarier presenteras med den svarta linjen. Skuggningen visar spannet mellan 75:e och 25:e percentilen av scenarioensblen. De streckade linjerna visar maximalt respektive minimalt värde från samtliga klimatberäkningar.*



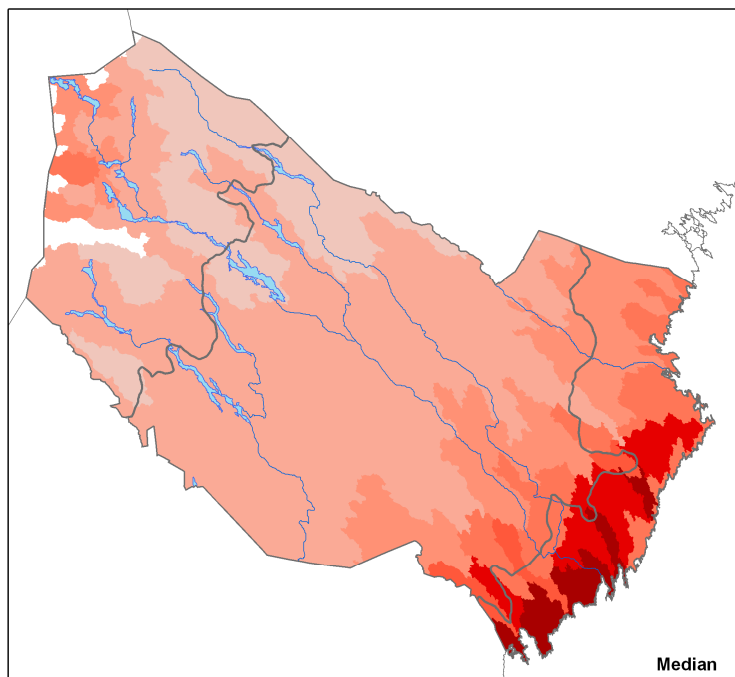
*Figur 5-52 Beräknad framtida förändring av snömax för delavrinningsområdet närmast uppströms Umeälvens mynning i Bottenviken jämfört med referensperioden 1963-1992. Varje års värde har beräknats från medel av snömax för de 30 föregående åren (exempelvis är värdet 2050 beräknat från perioden 2021-2050 jämfört med medelvärdet från 1963-1992). Medianvärdet av samtliga klimatscenarier presenteras med den svarta linjen. Skuggningen visar spannet mellan 75:e och 25:e percentilen av scenarioensemblen. De streckade linjerna visar maximalt respektive minimalt värde från samtliga klimatberäkningar.*



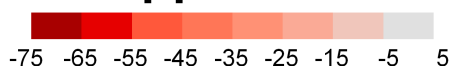
**Förändring av Snömax: maximalt vatteninnehåll i snön  
beräknat för år 2050 [%]**



*Figur 5-53. Förändring av snömax för Västerbottens län för perioden 2021 – 2050. Medianen av klimatscenarieensemblen visas.*



**Förändring av Snömax: maximalt vatteninnehåll i snö beräknat för år 2098 [%]**



*Figur 5-54. Förändring av snömax för Västerbottens län för perioden 2021 – 2098. Medianen av klimatscenarioensemblen visas.*

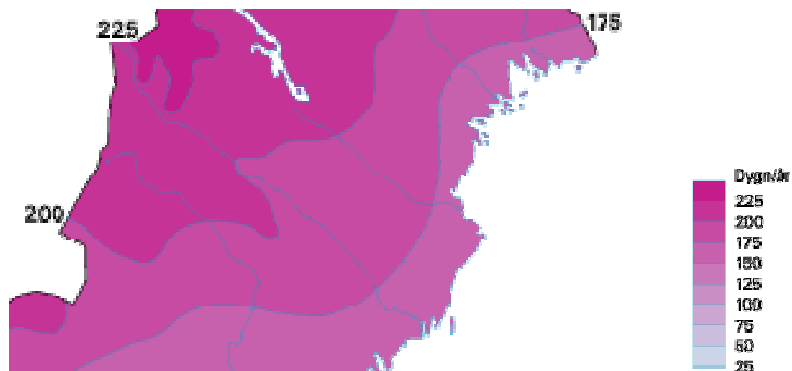
### 5.2.2 Framtida antal snö dagar

Medel av antal observerade snö dagar under referensperioden 1961-1990 var för Västerbottens län ungefär 200 till 225 eller mer för Fjällregionen, 175 – 200 dagar för region inland och 150 – 175 dagar för kustregionen (Figur 5-55). Detta stämmer relativt väl med de resultat som erhöles från de hydrologiska klimatberäkningarna, se Tabell 5-4. Förändringen av antal dagar per år med snötäcke visas där för utvalda samma områden som i Tabell 5-3.

Förändringen av antal dagar per år med snötäcke visas i Figur 5-56 till Figur 5-59 för områdena i Tabell 5-4. I graferna visas medel av antal snö dagar (antal dagar med snötäcke med vatteninnehåll > 5 mm) under glidande 30-årsperioder jämfört med referensperiodens (1963 - 1992) medel av antal snö dagar. Medianvärdet av samtliga klimatscenarioer presenteras med den svarta linjen. Skuggningen visar spannet mellan 75:e och 25:e percentilen av scenarioensemblen. De streckade linjerna visar maximalt respektive minimalt värde från samtliga klimatberäkningar.

I Figur 5-60 och Figur 5-61 visas i kartform förändringen av antal snö dagar för perioden 2021-2050 respektive 2069 – 2098 för hela länet.

Resultaten från beräkningarna visar att antalet snö dagar väntas minska för Västerbottens län med 10 – 50 dagar till mitten av seklet och med mellan 30 till 120 dagar mot slutet av seklet med störst minskning närmare kustregionen.

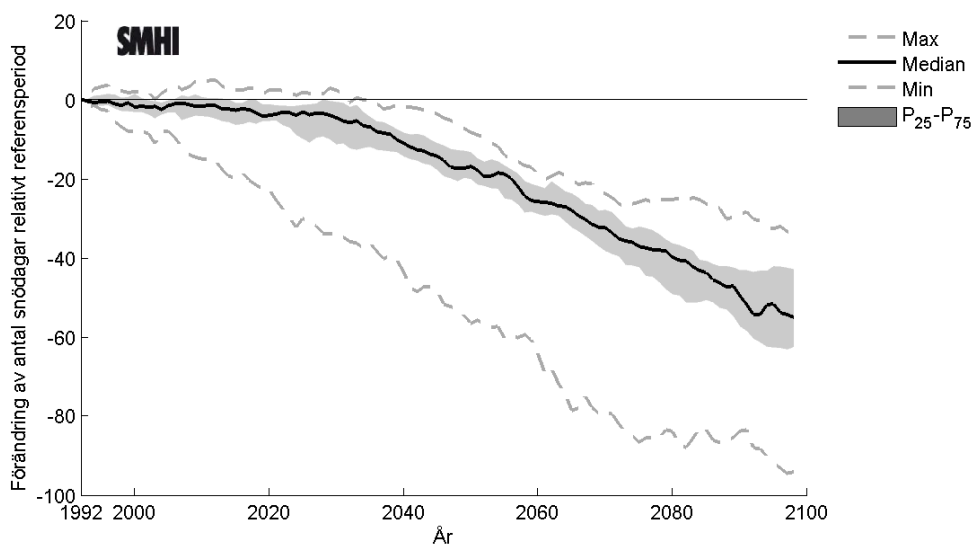


Figur 5-55. Antal dygn med snötäckte 1961 – 1990, beskuren från Brandt, m. fl. (1999).

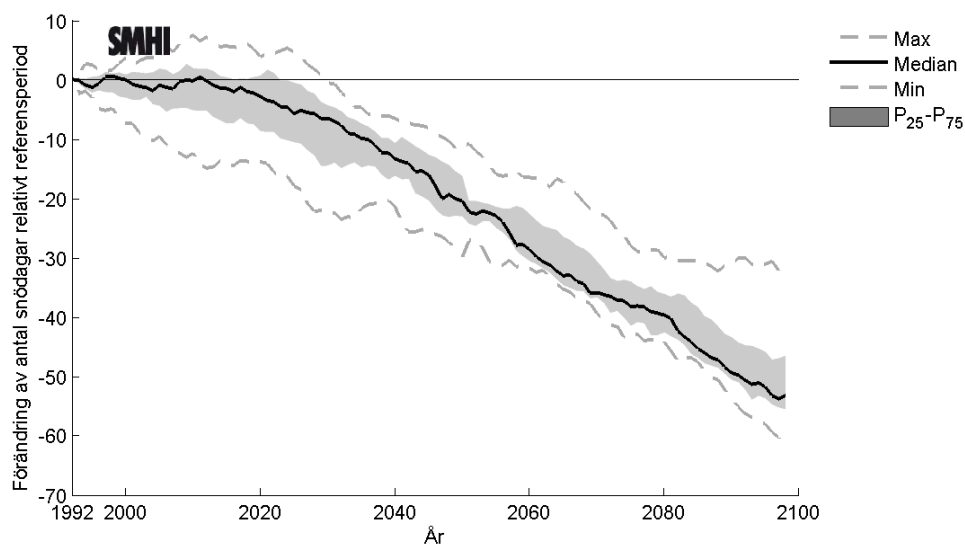
Tabell 5-4. Observerade och beräknade antal snö dagar under referensperioden samt beräknad förändring av antal snö dagar mot slutet av detta sekel.

Delavrinningsområde närmast uppströms plats i vattendrag (motsvarar platser i Tabell 5-1)	Region	Observerade antal snö dagar under referensperioden 1961 - 1990	Median av beräknade antal snö dagar under referensperioden 1963 - 1992	Ungefärlig beräknad minskning av antal snö dagar för perioden 2021 – 2050	Ungefärlig beräknad minskning av antal snö dagar för perioden 2069 – 2098
Vindelälven, nedom Ruskträsk	Inland	175-200	182	10-20	40-60
Umeälven, utlopp Överuman (Klippens krv)	Fjäll	200-225 eller mer	267	15-25	45-55
Umeälven, utlopp Storuman	Fjäll/ Inland	200-225	220	10-20	35-50
Umeälven, mynning i Bottenviken	Kust	150-175	177	30-50	70-120

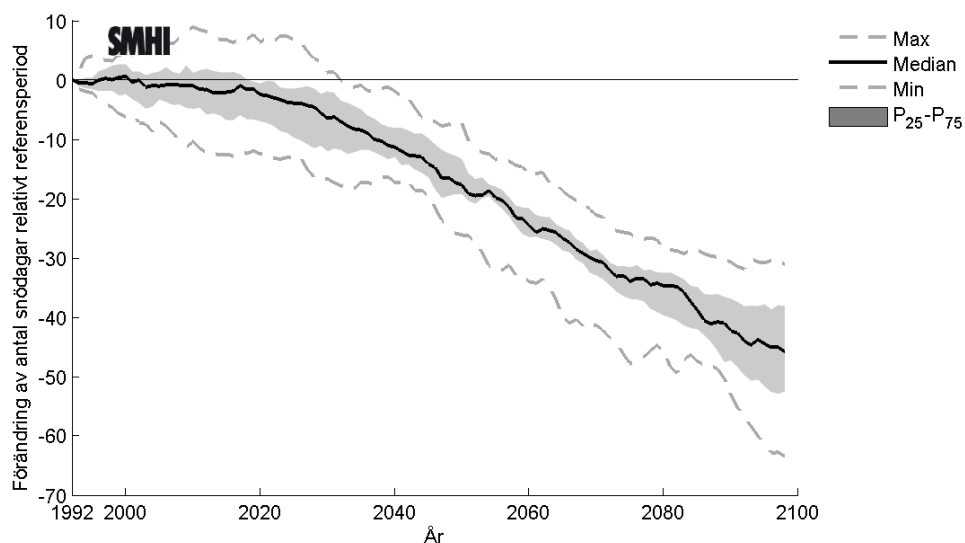




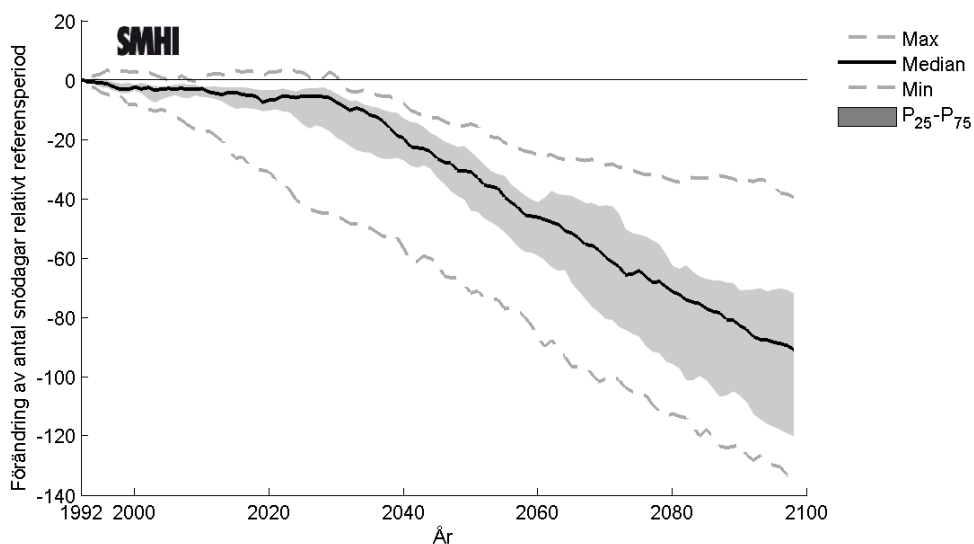
Figur 5-56. Beräknad förändring av snödag för delavrinningsområdet närmast uppströms Vindelälven nedom Ruskträsk jämfört med referensperioden 1963-1992. Medianvärdet av samtliga klimatscenarier presenteras med den svarta linjen. Skuggningen visar spannet mellan 75:e och 25:e percentilen av scenarioensemblen. De streckade linjerna visar maximalt respektive minimalt värde från samtliga klimatberäkningar. Observerat antal snödag under referensperioden är 175 – 200 dagar.



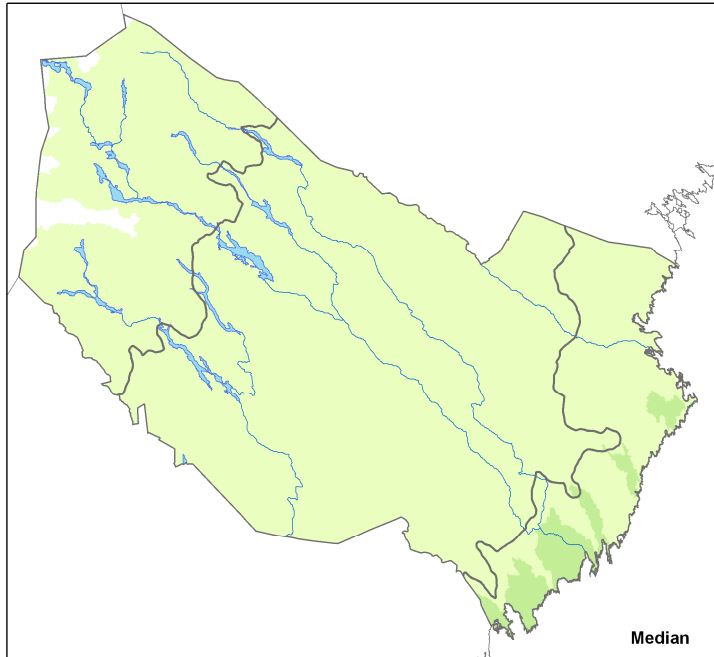
Figur 5-57. Beräknad förändring av snödag för delavrinningsområdet närmast uppströms utlopp Överuman i Umeälven jämfört med referensperioden 1963-1992. Medianvärdet av samtliga klimatscenarier presenteras med den svarta linjen. Skuggningen visar spannet mellan 75:e och 25:e percentilen av scenarioensemblen. De streckade linjerna visar maximalt respektive minimalt värde från samtliga klimatberäkningar. Observerat antal snödag under referensperioden är 200 – 225 dagar.



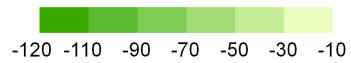
Figur 5-58. Beräknad förändring av snö dagar för delavrinningsområdet närmast uppströms utlopp Storuman i Umeälven jämfört med referensperioden 1963-1992. Medianvärdet av samtliga klimatscenarier presenteras med den svarta linjen. Skuggningen visar spannet mellan 75:e och 25:e percentilen av scenarioensemblen. De streckade linjerna visar maximalt respektive minimalt värde från samtliga klimatberäkningar. Observerat antal snö dagar under referensperioden är 200 – 225 dagar.



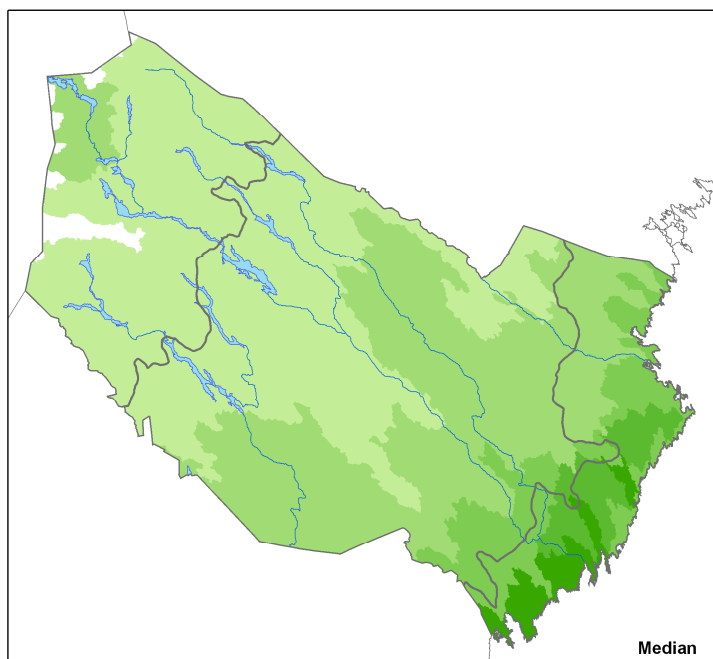
Figur 5-59. Beräknad förändring av snö dagar för delavrinningsområdet närmast uppströms Umeälvens mynning i Bottenviken jämfört med referensperioden 1963-1992. Medianvärdet av samtliga klimatscenarier presenteras med den svarta linjen. Skuggningen visar spannet mellan 75:e och 25:e percentilen av scenarioensemblen. De streckade linjerna visar maximalt respektive minimalt värde från samtliga klimatberäkningar. Observerat antal snö dagar under referensperioden är 150 – 175 dagar.



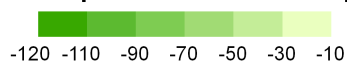
**Förändring av antal snö dagar per år  
beräknat för perioden 2021 - 2050 [dagar]**



*Figur 5-60. Förändring av antal snö dagar per år beräknat för perioden 2021-2050. Medianen av klimatscenarieensemblen visas.*



Förändring av antal snö dagar per år  
beräknat för perioden 2069 - 2098 [dagar]



Figur 5-61. Förändring av antal snö dagar per år beräknat för perioden 2069-2098. Medianen av klimatscenarieensemblen visas.

### 5.3 Tjäle

Texten inom detta avsnitt är en sammanfattning från tidigare utredningar.

I Sverige fryser marken regelbundet under vintern. Marken kan betraktas som ett system bestående av tre faser, en fast fas bestående av mineral och organiskt material, en vattenfas och en luftfas. Vatten och luftandelarna ändras med tiden. För att förstå tjäle krävs ytterligare en tidsvariabel av den fasta fasen, is. Andelarnas storlek beror på värme- och vattentransport i marken.

Normalt övergår vatten till is vid 0 °C. Lösta salter förekommer och medför att vattnet fryser i ett intervall från 0 °C till flera minusgrader. Det finns ett linjärt samband mellan fryspunktens temperatur och vattnets bindningspotential i marken. Således förekommer det stora skillnader mellan tjäle i ler, silt och sandjordar.

I grovkorniga jordarter som sand blir tjälen massiv. Detta innebär att zonen med vätska, is och luft blir begränsad. Nästan allt vatten fryser vid 0 °C. I grovkorniga jordar är gränssytan skarp mellan fuktiga och torra skikt, och vattentransporten är obetydlig. I finkorniga jordarter som leror bildas en israndig struktur. Tjälen bildas i skikt av is som är omgärdad av jord som inte innehåller is. För grovkorniga jordarter tillväxer tjälen på bred front successivt djupare ner. I finkorniga jordar är tillväxten mycket diffus.

Det sker som regel ingen volymsutvidgning i grovkorniga jordar. När vatten utvidgas till is motsvarar detta en ökning på ca 10 procent. En helt vattenfylld sand med en porositet på 50 volymsprocent kan maximalt utvidgas ca 5 procent. Den tjälskjutning som kan orsaka svåra problem beror alltså inte på vattnets utvidgning, utan beror på omfördelning av vattnet i marken i samband med tjälens tillväxt. Utveckling av islinser är direkt kopplad till tjälskjutning. Faktorer som påverkar tjälskjutning är: kapillär transport i jorden; långsam avkylning samt god tillgång på vatten. I mjåla- och finmojordar kan islinser få ansevärliga dimensioner (1-2 dm).

Om marken är snötäckt försvåras värmetransporten från tjälfronten till atmosfären. Snön har alltså en isolerande förmåga. Markvegetation och humuslager har också en isolerande effekt och hämmar tjälens tillväxt, SLU (1998).

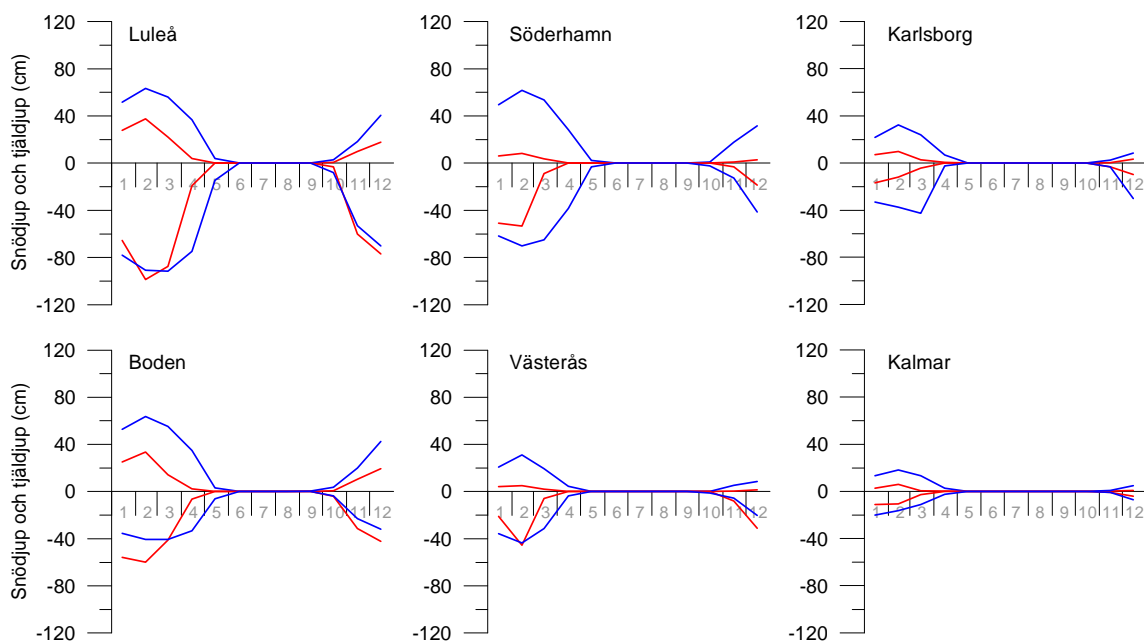
Det är mer kostsamt att bygga vägar och hus på mark som tjälas, eftersom basen av konstruktionen måste ligga under det maximala tjäldjupet. Timmer kan huggas och fraktas på tjälad mark från platser där otjälad mark inte har bärighet. Tunga maskiner kan skada trädens rötter på otjälad mark. I tjälad mark är träden också bättre förankrade och kan motstå stormar, SWECLIM (2001).

Tjäle har ganska liten betydelse för flödesbildning i vattendrag under snösmältningen, åtminstone inte i moränområden. Tjälad mark innebär att infiltrationsmöjligheterna minskar men snösmältningsintensiteten är ändå så låg och genomsläppligheten i marken så hög att tjälen endast kan få lokal betydelse, till exempel på täta åkerjordar. För större skogsområden finner man ingen dock ingen effekt av tjäle på avrinningen, Bergström (1993). Att tjäle har liten betydelse för höga flöden beror också på att balans råder mellan snömängd och tjäldjup. Med lite snö blir tjälen djup men volymen smältvatten liten, och under snörika vintrar är tjälen tunn och den stora smältvattenvolymen infiltrerar lättare, SLU (2001).

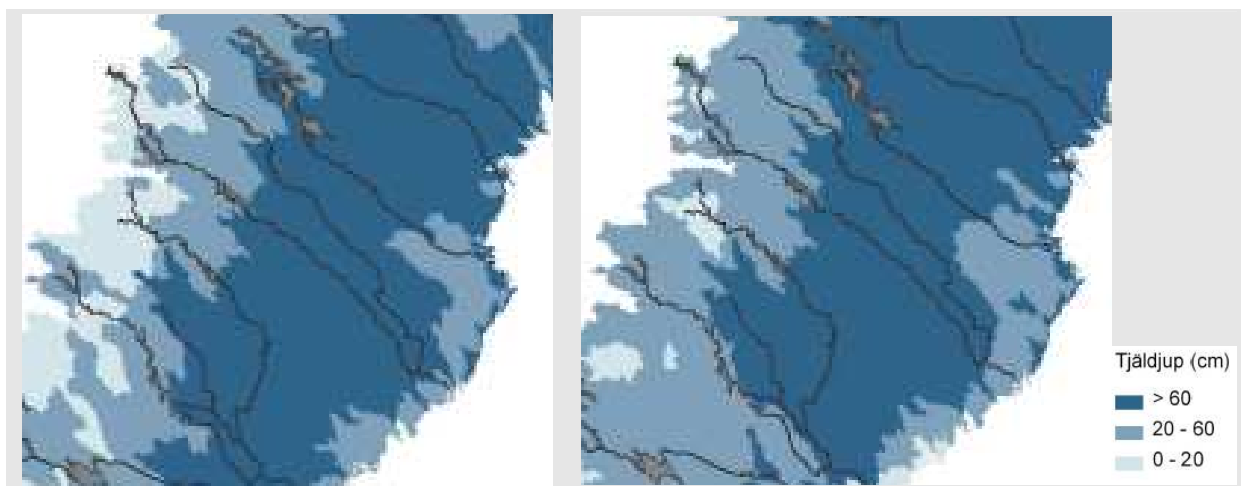
### **5.3.1 Tjäle och framtida klimat**

På uppdrag av klimat- sårbarhetsutredningen har SMHI utfört känslighetsstudier på hur tjäldjupet kan påverkas av en temperaturhöjning. Den hydrologiska HBV-modellen har använts. Ursprungligen utvecklades och testades tjäldjupsmodellen för tre mätplatser på morän i Svartberget nära Vindeln i Västerbottens län. Modellen har kalibrerats mot uppmätt snödjup och tjäldjup för sex mätplatser i Sverige, varav tre var belägna i lerjordar och tre i sandjordar. Som referens användes månadsmedelvärden för perioden 1967-1980, som ansågs beskriva dagens klimat. Simuleringar gjordes med en temperaturökning på 3 °C över hela landet. Noggrannheten i tjäldjupsberäkningarna är låg och det bedömdes inte meningsfullt att göra fullständiga scenariosimuleringar, Lindström och Hellström (2007).

I sandjordar utvecklas tjälen djupare än i lerjordarna. Figur 5-62 visar snödjup och tjäldjupsimuleringar efter en temperaturökning på 3 °C. Det största tjäldjupet under vintern ökar något för mätplatserna i Luleå och Boden, beroende på att snödjupet samtidigt minskade i simuleringarna. Liknande resultat erhöles från studier i södra Finland, Venäläinen m.fl. (2001). Figur 5-63 visar kartor över det simulerade medeltjäldjupet i mars månad baserat på medelvärdet av de uppskattade parametervärdena för lera och sand, vilket ungefär bör motsvara förhållandena för morän, Lindström och Hellström (2007).



Figur 5-62. Simulerat snödjup och tjäldjup (månadsmedel) för dagens förhållanden (blå kurva) och efter en temperaturökning med 3 °C (röd kurva) för tre mätplatser med sandjordar (överst) och tre mätplatser med lerjordar (nederst). Från Lindström och Hellström (2007).



Figur 5-63. Simulerat medeltjäldjup i mars månad, med en parameteruppsättning som ungefär bör motsvara förhållanden för morän. Resultaten motsvarar områden utan skog. Den vänstra figuren visar tjäldjup med dagens temperatur och den högra med dagens temperatur + 3 °C. Från Lindström och Hellström (2007).

Studien visade på att man grovt kan simulera medelvariation under året med hjälp av en enkel modell. De gjorda simuleringarna, såsom alla scenarioberäkningar, är osäkra. Beräkningarna tyder enligt Lindström och Hellström på att:

- Tjäldjupet är känsligt för en ökning av temperaturen

- Säsongen för tjäle blir kortare vid alla mätplatser
- I norra Sverige kan det största tjäldjupet bli högre, eftersom snödjupet samtidigt väntas minska.

Det sistnämnda gäller för terräng. Marktytor som hålls snöfria, till exempel vägbanor, väntas få mindre tjäldjup vid ökande temperaturer.

#### **5.4 Översvämning kring sjöar och vattendrag i dagens och framtidens klimat**

Översvämningar är en konsekvens av högt vattenstånd i vattendrag och sjöar till följd av höga flöden eller kraftig nederbörd. I norra Sverige bidrar snösmältningen under vårflo- den regelbundet till höga flöden och mindre översvämningar. Översvämningar till följd av stora regnmängder förekommer främst under sommar eller höst. Marken är i så fall oftast redan mättad efter långvariga regn eller snösmältning vilket inte ger utrymme för någon magasinering av regnvatten i marken utan ger snabba flödesökningar i vattendra- gen. Översvämning kan också ske till följd av intensiva skyfall, främst sommartid. Vid dessa tillfällen påverkas främst urbana områden där t.ex. dagvattensystem inte förmår leda bort vattenmängderna.

Kraftiga översvämningar orsakas ofta av en kombination av flera faktorer. Stort snöma- gasin, snabb snösmältning och samtidigt stor nederbörd kan ge mycket höga flödesnivå- er. Sen och snabb snösmältning kan innebära att snön smälter samtidigt i fjäll och inland så att fjällflod och skogsflod går samman, vilket ökar sannolikheten för översvämning- ar. Dessutom kan isdämningar och isproppar vid islossningen under våren vara ett pro- blem i norrlandsälvarna. Isproppar är relativt vanlig förekommande i Västerbottens län och kan ge skador direkt till följd av ismassor och isflak och till följd av översvämning i samband med isdämningen. Högt havsvattenstånd kan också öka översvänningsbenä- genheten i älvmyningar.

Även om dödsfall till följd av översvämningar är ovanligt i Sverige kan betydande ma- teriella och ekonomiska skador uppkomma då stora ytor läggs under vatten.

I Västerbottens län har ett antal historiska översvämningar förekommit, bland annat:

- 2010: Temperaturomslag till högsommarvärme och dessutom en hel del neder- börd gav snabb snösmältning och mycket hög vårflood ibland andra Åbyälven, Byskeälven, Skellefteälven, Vindelälven, Umeälven och Ångermanälven med medföljande översvänningsproblem med bland annat översvämmad och raserad infrastruktur. Skellefteå drabbades av dricksvattenstörningar.
- 2008: Stort snömagasin och varmt väder i maj gav kraftig vårflood i inland och fjäll samtidigt, främst små och medelstora vattendrag drabbades, som Öre älv där bland annat infrastruktur och en kraftstation Agnäs översvämmades.
- 2005: Snabb snösmältning i fjällerna i juni gav tillsammans med nederbörd gav höga vattenföringar i bland andra Umeälven och Vindelälven med vissa över- svämningar.
- 2004: Sommarregn i fjällområdena gav tillsammans med snösmältning höga flö- den i övre Umeälven med medföljande översvänningsproblem.

- 1998: Snarlik situation som 1993. Kraftiga regn i kombination med fyllda magasin gav översvämningar ibland andra Umeälven och Ångermanälven.
- 1995: Snörik vinter, sen och snabb avsmältning, samtidig avsmältning i inland och fjäll samt riklig nederbörd i slutet av maj och början av juni ledde till höga flöden i alla stora älvar. Det utdragna förloppet gav mycket stora vattenvolymer. Översvänningsproblem uppstod i bland andra Vindelälven och Umeälven. Tack vare magasinering i de reglerade älvarna kunde dessa problem ändå lindras.
- 1993: Riktlig sommarnederbörd i slutet av juli och augusti samt välfyllda magasin, naturliga och reglerande, efter riklig avsmält snö ledde till översvämningar i Skellefteälven, Umeälven och Ångermanälven. Oreglerade vattendrag, tex Vindelälven, fick inte samma problem.
- 1986, problem med isproppar i andra Byskeälven, Bureälven, Sävarån, Tavelån, mfl. Direkta isskador och översvämningar följde, Sundqvist (1991).
- 1938: Spölandskatastrofen i Umeälven. Stort snömagasin och snabb avsmältning tillsammans med nederbörd ledde till omfattande översvämningar i nedre Vindelälven och Umeälven.

Utbyggnad av älvar medför att höga flöden kan dämpas men är ingen garanti mot översvämningar, som de historiska händelserna visar. Vårfloden dämpas ofta medan kraftiga höst- och sommarflöden är mer svårhanterliga, Bergström (1999).

#### 5.4.1 Tidigare utförda översvänningsutredningar

Tidigare har länsvisa sammanställningar av översvänningskänsliga områden gjorts på uppdrag av Miljö- och energidepartementet (nuvarande Miljödepartementet). Sammanställningarna finns samlade i rapporten *Översvänningskänsliga områden i Sverige*, SMHI (1994) och rör redovisningar av översvänningskänsliga områden fram till 1990. För Västerbottens län rapporterades den gången endast 6 områden in som översvänningskänsliga, 4 platser längs Umeälven och 1 plats i Öreälven samt 1 plats i Lögdeälven, dessa återfinns i tabellform i Tabell 5-5.

Tabell 5-5. *Översvänningskänsliga områden sammanställda 1994 (SMHI, 1994).*

Kommun	Plats	Vattendrag	x	y	Nr
Bjurholm	Agnäs	Öreälven	7086850	1670200	1
Nordmaling	Mynning i havet	Lögdeälven	7055200	1679900	2
Sorsele	Gargnäs	Umeälven	7246600	1600700	3
Sorsele	Sorsele	Umeälven	7271250	1579250	4
Sorsele	Ammarnäs	Umeälven	7317400	1519000	5
Storuman	Hemavan	Umeälven	7302100	1467000	6

I Sverige har Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, MSB (tidigare Räddningsverket) utsetts till behörig myndighet för att ansvara för att EUs översvänningsdirektiv implementeras. I detta ingår att ta fram översiktliga översvänningskarteringar, initiera att älvgrupper bildas, verka för att förebyggande åtgärder mot översvämningar vidtas samt att tillhandahålla resurser vilka kommuner kan ta del av vid omfattande översvämningar. Några länsstyrelser har fått i uppdrag att ta fram riskkartor för översvänningshotade områden (ungefär en uppdatering och förbättring av arbetet från 1994), utifrån vilka en riskhanteringsplan skall tas fram. Riskhanteringsplanen skall utföras av samtliga länsstyrelser, MSB (2009).



I arbetet med att ta fram översiktliga översvämningsskarteringar har MSB upprättat hydrauliska modeller och beräknat vattenytans nivå längs Skellefteälven, Umeälven, Vindelälven och Åseleälven för 100-årsflöde samt beräknat högsta flöde (Bhf) avseende dagens klimat, där det senare är att betrakta som ett flöde med mycket låg sannolikhet (Räddningsverket 2006, 1999a, 2002, 1999b och 2000). Bhf har tagits fram enligt riktlinjerna för beräkning av dimensionerande flöden för dammar av flödesdimensioneringsklass I, Svensk Energi, m.fl. (2007). Nivåberäkningarna har använts för att skapa kartor med områden som översvämmas vid respektive flödesscenario. MSB avser också att översvämningsskartera Öreälven och Lögdeälven som i sammanställningen från 1990 nämns som två vattendrag där översvämningsskänsliga områden finns. Dessa vattendrag anges som prioritet 2-älvar i översvämningsskarteringsarbetet, MSB (2011).

De älvsträckor som i Västerbottens län är översiktligt översvämningsskarterade framgår av Figur 5-1 och Karta 1-5. De översiktliga översvämningsskarteringarna bygger till största delen på en höjddatamodell med ett medelfel i höjddata 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 hos lantmäteriet, Lantmäteriet (2011). Framtida tillämpningar inom översvämningsskartering med förbättrade höjddata modeller bedöms ge noggrannare skartering av översvämningsskänsliga områden, Brandt (2005).

#### **5.4.2 Framtida översvämningar**

Höga vattenstånd i sjöar och vattendrag kan som tidigare nämnts uppkomma till följd av flera olika faktorer. Klimatet och den hydrologiska regimen är en viktig faktor och analyser av klimatpåverkade flödesscenarier presenteras i föregående avsnitt. 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 100-årsvattenföring ger en bild av hur extremvattenföringens storlek kan förändras. Resultaten kan tolkas tillsammans med befintligt material, tex MSBs 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 av vattennivåer utförts för de framtida 100-årsflöden som presenteras i avsnitt 5.1.4.

Flödesanalysen pekar på nedåtgående trender för 100-årsflöden mot slutet av seklet, främst beroende på att vårfloden, då de högsta flödena historiskt uppkommit, väntas minska. Ökande medelvattenföringar indikeras dock höst och vintertid, beroende på förväntat ökad nederbörd. Därför kan det inte uteslutas att den typen av översvämningar som historiskt uppkommit i samband med höstregn blir mer frekventa under seklet.

I avsnitt 5.1.4.2 presenteras återkomsttider för dagens totala 100-årstillrinning i framtida klimat. Dessa kan användas som en indikation på framtida översvämningars frekvens. I områden där 100-årstillrinningen väntas minska får motsvarande dagens 100-årstillrinning en längre återkomstperiod, det vill säga ett flöde med en sådan storlek blir ovanligare. Dagens 100-årsflödes utbredningsområde skulle alltså för den framtida peri-

oden motsvara ett flöde i dagens klimat med en återkomsttid av till exempel 200 år eller mer.

I praktiken påverkas vattennivån i sjöar och vattendrag även av infrastruktur såsom broar och dammanläggningar som på ett avgörande sätt kan påverka vattennivåer lokalt. Översvämningsrisker kan i vissa fall minskas genom att infrastruktur moderniseras och dimensioneras för att undvika dämningseffekter. Utredningar som beskriver och karterar översvämningsytor påverkas utöver de faktorer som nämnts ovan även av kvalitén i höjddata som beskriver markytan. Inom detta område pågår som tidigare nämnts för närvarande en snabb utveckling, vilket ger förutsättningar för översvämningskarteringar av avsevärt högre kvalité än tidigare.

## 6 EROSION VID KUSTER OCH VATTENDRAG SAMT RAVINBILDNING

### 6.1 Översiktlig inventering av förutsättningar för erosion

Med erosion menas den process som leder till förlust av material från stranden och botten i vattendrag och längs kuster. Erosion och sedimentation är en ständigt pågående naturlig process i landskapet. Den naturliga balansen kan störas av mänskliga aktiviteter, exempelvis genom konstruktioner i vatten, fartygstrafik, avverkning av strandnära skog m.m. Under vissa betingelser sker mer omfattande erosionsangrepp, t.ex. längs kuster vid stormar eller vid höga flöden och vattennivåer i vattendrag och sjöar.

Det finns olika typer av erosion. Erosion från *vågor* orsakas främst av vindvågor men även vid tappning av dammar eller av fartygstrafik. *Strömmande vatten* kan medföra erosion i vattendrag och på angränsande stränder och slänter. *Vinderosion* är begränsad i Sverige och förekommer framförallt i områden som saknar vegetationstäckning, exempelvis längs sandstränder och dyner samt på åkerjord under vår och försommar. Erosion kan också uppkomma av nötande *is* från istäcken och isdämmor som utbildats i samband med vårflöden i vattendrag. *Inre erosion* kan förekomma i finkornig friktionsjord genom att grundvattenströmmar för med sig partiklar och på så sätt orsakar materialvandring.

Om det inom ett visst avgränsat område råder jämvikt mellan eroderat och avsatt mängd material sägs området vara stabilt från erosions synpunkt. Vid en nettoförlust av material är området utsatt för erosion och i motsatt fall sker en ackumulation av material.

En förutsättning för erosionsprocesser är dels tillgång på erosionskänsligt jordmaterial, dels en flödes/vindhastighet som är tillräckligt hög för att loss göra och transportera materialet. När flödes/vindhastigheten minskar avsätts materialet igen. De mest erosionsbenägna jordarna är ensgraderade framförallt jordarter med en kornstorleksfördelning motsvarande finsand och mellansand.

Klimatförändringar kan medföra en ökad nederbörd som ökar avrinningen i vattendragen vilket i sin tur medför ökad erosion. Vid kusterna innebär en högre havsnivå att stranderosionen kommer att öka och att områden som tidigare inte varit utsatta för erosion kan påverkas.

SGI har utfört en översiktlig inventering av omfattningen av stranderosion i Sverige i samverkan med berörda kommuner. Syftet med inventeringen var att få en översikt av var stranderosion förekommer och var det finns förutsättningar för erosion utmed landets havskuster och vid stränder utmed de sex största sjöarna i landet. Uppgifter har inhämtats för kommuner belägna vid kuster och sjöar om var erosion konstaterats. Dessutom har förutsättningar för erosion inventerats med utgångspunkt från de geologiska förhållandena.

För närvarande utför SGI en översiktlig inventering av förutsättningar för erosion i de ca 60 största vattendragen i Sverige. Denna inventering är en fortsättning av ovannämnda kustinventering. Här har inventeringen begränsats till att förutsättningar för erosion med utgångspunkt från de geologiska förhållandena.



Figur 6-1. Exempel på erosions-skador vid havskust. Stranderosion vid Åhus. Foto: Kristianstads kommun.

## 6.2 Översiktlig beskrivning av kuststräckan

Stora delar av kuststräckan utmed Västerbottenskusten består av morän. Kalt berg förekommer i kusttrakterna främst i den mellersta och den södra delen av länet. Runt fjärdarna vid Nordmaling och Umeå samt vid Skellefteå och Byske finns strandområden med lager av jord bestående av sand, silt och lera samt på vissa platser sulfidjord.

## 6.3 Erosionsförhållanden

### 6.3.1 Kusterosion

Omfattningen av erosionsförhållandena längs den svenska kusten har karterats översiktligt av SGI, Rydell m.fl. (2006). Längs kusten i Västerbottens län finns förutsättningar för erosion i kustkommunerna, Nordmaling, Umeå, Robertsfors och Skellefteå. Områdena redovisas på Karta 1, 3 och 6.

#### Nordmalings kommun

Utmed kuststräckan i Nordmalings kommun finns förutsättningar för erosion utmed stränderna vid:

- Rökvik och Kitjaviken på norra och södra sidan av Storängeslandet
- Stränderna vid Lögdeälvens mynning utmed Rundvik och Nordmaling i inre delen av Nordmalingsfjärden

- Vid stränderna utmed Byviken, Nyviken, Hemmersviken, Bäcknäset, Krikeviken, Kyrkhälludden, Sandören och Fårskäret på östra sidan av Nordmalingsfjärden
- Stränderna vid Krokberget och Boggviken öster om Nordmalingsfjärden
- Stränderna vid Öreälvens mynning utmed Storsandviken och Jan-Perslån.

#### Umeå kommun

Utmed kuststräckan i Umeå kommun finns förutsättningar för erosion utmed stränderna vid:

- Stränderna vid Kylören i Örefjärden
- Stränderna vid Hörnefors utmed Skatan och Megrundet
- Stränderna i Mjölefjärden vid Lakabäcken, Sand och Störvikssanden
- Stränderna vid Norrmjöle och Sörböle och vid Kontviken
- Sydöstra Obbolaön vid Vitskär
- Stränderna i Umeålvens mynningsområde i Österfjärden
- Stränderna längst in i Tätefjärden vid Täfteå
- Stränderna på fastlandssidan vid Hällskärssundet i Tätefjärden
- Stränderna vid Osnäs i södra delen av Osnäsfjärden

#### Robertsfors kommun

Utmed kuststräckan i Robertsfors kommun finns förutsättningar för erosion utmed stränderna vid:

- Stränderna på fastlandssidan innanför Skatgrundet vid Lantvallen
- Stränderna på fastlandssidan vid Ratan
- Dalkarlsåns mynningsvik
- Lugnös norra del samt vid flera platser runt Hemsön
- Rickleåns mynningsområde samt Avaviken
- Sikeåfjärdens inre delar
- Stränderna mellan Killingsandudden och Grovsandsudden
- Inre delen av fjärden vid Gumbodahamn
- Innersta delen av Långviken
- Kvarnsanden i Västerviken
- Skärefjärden mellan Stor-Klössanden och Björköudden

#### Skellefteå kommun

Utmed kuststräckan i Skellefteå kommun finns förutsättningar för erosion utmed stränderna vid:

- Klabbgrundshällan vid Lövselefjärdens sydvästra del
- Klössandsviken och Araviken väster om Aranäset
- Vitsandsudden i Ledskärssundet
- Mellan Munkviken och Kallviken
- I sanvikarna i Blackefjärdens sydvästra del
- Mellan Simprören och Brännögrundet i Blackefjärdens östra del
- Gumhamn
- Mellan Bergansnäset och Grundskatan

- Risbölsfjärden i södra del av Bäckfjärden
- Inre norra delen av Bäckfjärden
- Vånören
- Norra Grundfjärden
- Södra Bergfors
- Grönholmen samt Bureälvens mynning vid Bureå
- Stränderna vid Mekanvägen samt Krongrönnan vid Skelleftehamn vid Skellefteälvens mynning
- Sillskatan och Kågnäsudden vid Hålfjärdens norra del
- Sandviken, Snäckhammaren, Fäbodudden och Boviken vid inloppet till Kågefjärden
- Storstensviken, Örviken, Pålstranden och Gullsanden på ömse sidor om Kågefjärden
- Avasandviken, Bredvik och Skataudden samt Granudden vid Bredviksfjärdens norra stränder
- Lappviksmyran och Rösns i viken innanför Halsön
- Romelsön vid Romelsösundet
- Romelsöns nordöstra strand
- Lotsskåret, Ombytningsgrundet samt Svartviksgrönnan
- Furugrund
- Byskeälvens mynning vid Byske
- Båtvik och Selsvik
- Sandslån, Klubbviken, Storgrundsudden, Paskaviken och Yttre-Löngrundet vid Tomre
- De södra stränderna på Korpholmen och Rönnskåret i Tåmfjärdens norra del
- Öarna Ole-Vippersgrundet Timmarksgrundet och Degernäsgrundet i Åbyfjärdens norra del
- Åbyälvens mynning vid Åbyn
- Bjässviken nordöstra strand i Kinnebäcksfjärden
- Harrgrubban vid kommungränsen

Lokala effekter tillkommer på erosionen till följd av stormar, översvämning och tillfälliga högvatten eller andra säsongsbetonade effekter. För att ta hänsyn till dessa förhållanden kan göras ett schablon tillägg med ca 25 %.

### **6.3.2 Erosion längs vattendrag**

Förutsättningarna för erosion i vattendrag inventerats översiktligt av Rydell m.fl. (2009). Med dessa utredningar som underlag har de fyra stora älvarna i Västerbottens län inventerats i detta projekt:

- Ångermanälven, mynnar i sin mynningsfjärd med samma namn vid Sandslån, i Kramfors kommun i Ångermanland. Drygt hälften av Ångermanälvens lopp går dock genom Västerbottens län. Förutsättningar för erosion finns längs hela älvsträckan inom Västerbottens län mellan Meselefors (beläget nedströms Vilhelmina) och länsgränsen vid Hälla, se Karta 2 och 8, men här finns dock delsträckor där förutsättningar för erosion saknas, eller är mindre, främst längs den södra sidan av den fördämda älvsträckan uppströms Stenkullafors kraftstation.

- Umeälven, mynnar med ett delta i Öster- respektive Västerfjärden vid Obbola och Holmsund söder om Umeå. Förutsättningar för erosion finns längs älvsträckorna mellan Betsle (beläget uppströms Lycksele) och Tuggens kraftstation samt mellan Benders och älvens mynning i Bottenviken, se Karta 1, 3 och 7.
- Vindelälven, rinner samman med Umeälven vid Vännäs nordväst om Umeå. Förutsättningar för erosion finns, dock med mindre luckor, längs hela älvsträckan mellan Tavle och Vännäs, se Karta 3, 4 och 7.
- Skellefteälven mynnar i Bottenviken vid Ursviken sydost om Skellefteå. Förutsättningar för erosion finns längs hela älvsträckan mellan Svanfors (beläget nedströms Vargforsdammen) och älvens mynning, se Karta 6 och 7.

### 6.3.3 Ravinbildning

Ravinbildning är vanligast i områden med siltjord men förekommer även i områden med sand- eller lerjord. Raviner kan utvecklas snabbt genom ytvattenserrosion och/eller inre erosion (grundvattenerosion). Raviner utvecklas ofta genom flera på varandra följande skred och/eller ras längs med en dräneringsfåra på marken, ett vattendrag eller ett grundvattenflöde och växer till bakåt från sin mynning. Vid intensiv nederbörd strömmar de eroderade jordmassorna vidare som slamströmmar, och kan påverka områdena nedanför slänten. En ravin kan bli tio till tjugo meter djup, är V-formad och har branta sidor, Fallsvik m.fl. (2006). Raviner grenar vanligen ut sig och orsakar på sikt oftast stor markförstörelse, Figur 6-2. Därmed kan bebyggelse på relativt stora avstånd hotas.



Figur 6-2 Exempel på ravin i silt, Solvarbo, Dalarna.. Foto: C. Fredén, SGU, 1999

I Västerbottens län är raviner vanliga längs såväl större som mindre vattendrag exempelvis längs Lögdeälven, Öreälven, Umeälven, Vindelälven Rickleån, Skellefteälven, Kågeälven, Bureälven och Byskeälven. Områden med raviner har inventerats samt redovisats på kartor av Bergqvist (1986).

Inre erosion kan förekomma i finkornig friktionsjord genom att grundvattenströmmar för med sig partiklar och på så sätt orsakar materialvandring. På grund av inre erosion kan kaviteter (hålrum) bildas i jordlagren och marken kan störta samman. Såväl ravinbildning som kollapsande kaviteter kan skada människor, bebyggelse och infrastruktur.

Klimatförändringen kan innebära att befintliga raviner växer till samt att nya raviner bildas på grund av ökad medelavrinning samt ökad frekvens av och storlek på intensiva regn sommartid. I områden med förutsättningar för ravintillväxt bör riskerna beaktas för befintlig och planerad bebyggelse och anläggningar samt andra riskobjekt.

Raviner har bildats i mera brant terräng i finkornig morän i Kittelfjäll, se även avsnitt 7. Ravinerna i Kittelfjäll har utvecklats genom upprepade slamströmmar som uppkommer i samband med snösmältningen och/eller intensiva regn sommartid.

## **6.4 Konsekvenser av klimatförändringar**

### **6.4.1 Kusterosion**

Kusterosion ökar vid höjd havsnivå och om frekvens och styrka på stormar ökar.

#### **6.4.1.1 Havsnivåförändring**

Bedömning av havsnivåhöjning på grund av klimatförändringen längs Västerbottens-kusten har inte utförts i denna utredning. Med ledning av resultaten i den översiktliga klimat- och sårbarhetsanalys som utförts för grannlandet Västernorrland, Fallsvik m.fl. (2010), bedöms dock även för Västerbottens del havsnivåhöjningen kunna inverka på kusterosionen först i slutet av seklet, då den väntas komma ifatt landhöjningen.

#### **6.4.1.2 Förändring av frekvens och styrka på stormar**

Det är okänt om frekvens och styrka på stormar kommer att förändras på grund av klimatförändringar, eftersom klimatscenerierna inte ger tydliga scenarier för framtida vindförhållanden. Det är därför svårt att i denna utredning fastställa hur kusterosionen kommer att förändras på grund av detta.

### **6.4.2 Erosion längs vattendrag**

Klimatanalysen i denna rapport (Kapitel 4) visar på ökad nederbörd och årsmedelvattenföring men däremot på minskande 100-årsflöden. Trots ökad medelnederbörd kommer storleken på höga flöden i vattendragen att minska främst på grund av en förlängd och därmed utjämnad snösmältningssäsong. Sammantaget kan därför problemen förenade med erosion delvis komma att bli oförändrade eller till och med minska. Hänsyn har inte tagits till den effekt reglering av vattendrag innebär.

### **6.4.3 Ravinutveckling**

Klimatanalysen i denna rapport (Kapitel 4) visar på ökad nederbörd och årsmedelvattenföring men däremot på minskande 100-årsflöden, medan frekvensen och omfattningen av intensiva regn sommartid kommer att öka.

De klimatbetingade förändringar som påverkar benägenheten för ravinutveckling är främst höga flöden vilka ger vattenindränkta jordlager samt intensiva regn sommartid som lokalt ger temporär kraftig erosion”, Fallsvik m.fl.(2006). I Västerbottens län finns områden där benägenheten för ravinutveckling kommer att öka beroende på ökad nederbörd och därmed ökad avrinning. Därför kan problemen knutna till ravintillväxt komma att bli oförändrade eller till och med öka i delar av länet.



## 6.5 Landhöjningen

Landhöjningens intensitet är högst i landet utmed kusten i grannlandet Västernorrland men är hög även i Västerbottens län. Landhöjningen motverkas av den havsnivåhöjning, som är en följd av klimatförändringen.

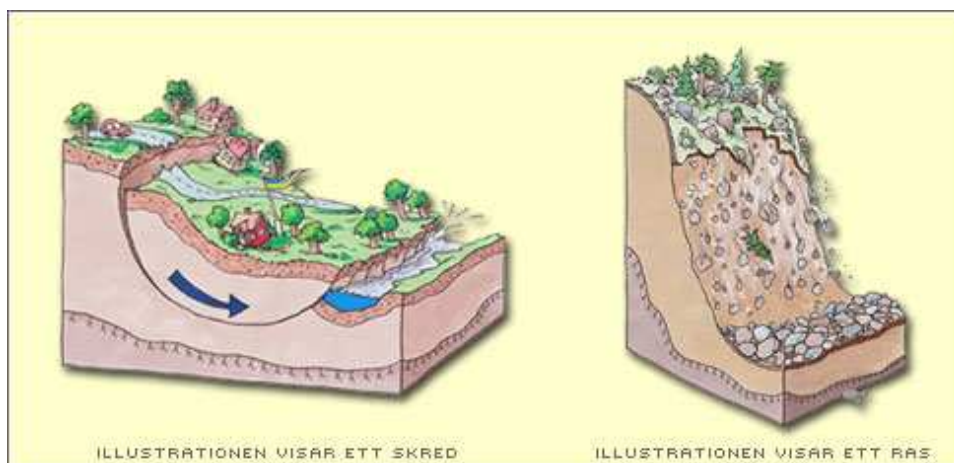
Nedströms den sista forsen eller vattenfallet i vattendragen utgör havsnivån så kallad erosionsbas. På grund av den intensiva landhöjningen sjunker denna erosionsbas successivt undan, vilket förklarar att förhållandevis mycket erosion och därmed många skred inträffar utmed de nedersta älvsträckorna. Tidigare avlagrade finsediment belägnapå nivåer under älvbotten utmed dessa havsnära älvsträckor kan vara mäktiga och utgör således en lättroderad potential för nya skred efterhand som landhöjningen fortgår. En klimatbetingad havsnivåhöjning kommer dock att motverka denna effekt.

## 7 SKRED, RAS OCH SLAMSTRÖMMAR

### 7.1 Översiktlig beskrivning av förutsättningar

Skred, ras och slamströmmar är exempel på snabba rörelser i jord eller berg som kan orsaka stora skador dels på mark och byggnader inom det drabbade området, dels inom nedanförliggande markområden där massorna hamnar, se Figur 7-1, 7-2 och 7-3.

Ett skred eller ras är i många fall en följd av en naturlig erosionsprocess, men kan också utlösas av mänskliga ingrepp i naturen. En gemensam nämnare är att både skred och ras kan inträffa utan förvarning. Ofta initieras de dock av intensiv och/eller långvarig nederbörd som ökar portryck och minskar skjuvhållfasthet.



Figur 7-1 Illustration av skred och ras i jord.



Figur 7-2 Åre samhälle ligger på avlagringar av grus och sand från ett stort antal slamströmmar som inträffat sedan istiden längs Mörviksåns ravin. Foto: J Lundqvist, SGU 1962



*Figur 7-3 Spår av slamström nedströms ravin, ca 5 m bred och 2 m djup erosionskanal, Kittelfjäll, Vilhelmina, Foto: SGI*

### 7.1.1 Skred och ras

Skred är en jordmassa som kommer i rörelse och som under rörelsen till en början är sammanhängande. Ytlagrets torra lera, torrskorpan, bryts sönder i stora flak. Jordskred förekommer i finkorniga silt- och lerjordar, så kallade kohesionsjordar, men även i andra jordar med inslag av ler och silt, exempelvis finkornig morän.

Ett ras är en massa av sand, grus, sten eller block eller en del av en bergslänt, som kommer i rörelse. De enskilda delarna rör sig fritt i förhållande till varandra. Berg innehåller större och mindre sprickor som kan leda till att stora block loss görs och faller ned.

En ökad nederbörd påverkar jordars stabilitet negativt och ökar faran för skred och ras genom att ett ökat vattentryck i markens porer minskar hållfastheten. Grundvattenförändringar påverkar portrycket i jorden. Ökad nederbörd kan också leda till ökad avrinning och erosion som påverkar släntstabiliteten. Intensiva regn och vattenmättade jordlager ökar också benägenheten för skred i moränmark och slamströmmar.

Klimatscenerierna visar att temperatur- och nederbördsökningen blir störst under vinterhalvåret, vilket väntas ge högre medelvattenföringar. Dessutom väntas de extrema nederbördsstillfällena öka. Båda dessa faktorer innebär att risken för skred och ras generellt väntas öka i ett framtida klimat.

Skogsavverkning kan också leda till förändrad stabilitet eftersom vegetationen som suger upp mycket av markvattnet tas bort. Detta kan leda till högre grundvattennivåer och ytvattenflöden. En högre grundvattennivå ökar portrycket i jordlagren och försämrar jordens hållfasthet. Ökade ytvattenflöden kan ge erosion och skred i sluttningar och dalgångar. Djupa spår från skogsmaskiner (skördare och skotare) medför ofta att vatten från befintliga vattendrag och diken leds om till andra delar av slänterna. Detta kan leda till ny erosion samt skred och slamströmmar inom de släntområden som drabbas av ökad vattenavrinning.

Klimatförändringar påverkar även frekvensen av ras i berg. En ökad växling av varmt och kallt väder, så kallade nolltemperaturgenomgångar, kan innebära att vatten i bergets sprickor fryser och kan spränga loss bergmaterial. Bergras bedöms i huvudsak vara ett

lokalt problem. Analys av framtida nollgenomgångar har genomförts inom denna utredning. Klimatanalysen visar på ökade temperaturer, framför allt vintertid, vilket ökar sannolikheten för nollgenomgångar.

### 7.1.2 Moränskred och slamströmmar

I branta slänter av exempelvis morän, uppstår skred oftast när jorden är vattenmättad efter en nederbördsrik period eller i samband med snösmältningen. I Sverige är moränskred vanligast i fjällterräng, men kan även uppstå i kuperad terräng av morän i andra delar av landet.

Där en slänt är lång och brant kan vattenmättade jordmassor från ett högt beläget moränskred strömma nedför slänten som en slamström. Så länge som slänten är tillräckligt brant fortsätter slamströmmen sin rörelse nedåt och längs sin väg påverkas marken och omgivningen av mycket kraftig erosion, Figur 7-4 och 7-5. Ytterligare jordmassor innehållande sten och block och även hela träd dras ofta med och därmed kan slamströmmens volym successivt öka nedför slänten.



Figur 7-4 Pågående slamström längs bäckravin, Sondrio, Italien. Foto: M. Bonomo

I raviner uppstår problem på grund av skred, ras och erosion i sidoslänterna. Jordmassor ansamlas därmed längs ravinbotten och kan på så sätt dämna upp ravinens vattendrag. Vid kraftig vattenföring i ravinens vattendrag kan massorna åter sättas i rörelse och tillsammans med vattenmassorna bilda en slamström.

Den naturliga balansen när det gäller stabilitetsförhållandena och benägenheten för slamströmmar i moränslänter kan förändras vid avverkning av skog. Detta leder till en

snabbare avrinning av ytvatten vilket kan leda till att jordmassor kommer i rörelse. Djupa spår av tunga skogsmaskiner kan leda om mindre vattendrag så att en ökad avrinning påverkar angränsande släntområden med ökad benägenhet för utveckling av slamströmmar där.



*Figur 7-5 En slamström utlöst av en slasklavin på Norra Storfjällets södra slänt mot sjön Storlajsan norr om Tärnaby, som inträffade den 15 maj 2010. En så kallad alluvialkon har bildats av slamströmmens jordmassor som skär av väg 1117. Spår av en större och bredare alluvialkon syns på ömse sidor om den nybildade alluvialkonen. En eller flera slamströmmar har således inträffat tidigare längs samma bäckravin. Foto: Patrick Trägårdh, Umebild AB.*

Klimatförändringar väntas i många områden innebära att nederbörden ökar liksom antalet tillfällen med intensiv nederbörd. Detta leder också till att risker för moränskred och slamströmmar kan öka.

## 7.2 Inventering av förutsättningar för skred och ras

I denna utredning har vi redovisat områden, se Karta 1-9, med förutsättningar för skred, och ras enligt MSB:s (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) översiktliga stabilitetskarteringar för Västerbottens län. Enbart idag bebyggda områden karteras i MSB:s regi. Således har inte gles bebyggelse på landsbygden, eventuella planerade exploateringsområden eller områden med enbart infrastruktur medtagits. Nedan följer en beskrivning av metoden, och vad metodens olika etapperna redovisar.

### **7.2.1 Använd metodik för översiktlig stabilitetskartering av ler-, silt- och sandslänter**

Enligt MSB:s metod för översiktlig stabilitetskartering av ler-, silt- och sandslänter indelas arbetet i två steg, dels en förstudie och dels en huvudstudie (Ettapp 1). Syftet med förstudien är att avgränsa de områden som ska behandlas vidare i huvudstudien. Huvudstudien innebär att stabilitetsförhållandena för slänter innehållande jordlager bestående av lera, silt och sand i bebyggda områden karteras översiktligt. Dessutom karteras översiktligt branta områden med morän och andra grovkorniga jordar i anslutning till bebyggelse.

Huvudstudien, Ettapp 1 är indelad i två deletapper – Ettapp 1A och Ettapp 1B:

- I Ettapp 1A karteras översiktligt stabilitetsförhållandena respektive förutsättningarna för slamströmmar med avseende på jordart och topografi.
- I Ettapp 1B karteras stabilitetsförhållandena respektive förutsättningarna för slamströmmar översiktligt utifrån fältundersökningar, besiktningar och överlagsberäkningar i särskilt utvalda sektioner och eventuella tidigare utförda stabilitetsberäkningar.

MSB:s metod för indelning av stabilitetszoner för slänter i lera silt och sand, MSB:s översiktliga stabilitetskartering (2010), beskrivs i Bilaga 4.

### **7.2.2 Karterade delar av Västerbottens län**

I Västerbottens län har i MSB:s regi översiktlig stabilitetskartering utförts av ler-, silt- och sandslänter i 12 kommuner av länets 15 kommuner, medan i de återstående tre kommunerna, Dorotea, Malå och Åsele, bedömdes översiktlig stabilitetskartering inte vara nödvändig i förstudien, se Tabell 7-1.

Översiktlig kartering i MSB:s regi av stabiliteten i raviner och slänter i morän och grov sedimentjord har ännu inte utförts i någon kommun i Västerbottens län, men i Vilhelmina kommuns regi har en detaljerad stabilitetskartering utförts lokalt för fjällorten Kitelfjäll.

Tabell 7-1 Översiktliga stabilitetskarteringar i MSB:s regi.

Kommun	Ler-, silt- och sandslänter Karteringsår	Utförda etapper*	Moränskred och slamströmmar
Sorsele	1998	1A, 1B	Kartering ej utförd
Storuman	1998	1A, 1B	Kartering ej utförd
Vilhelmina	1998	1A, 1B	En detaljerad stabilitetsutredning är utförd i Kittelfjäll. I övrigt är kartering inte utförd i kommunen.
Dorotea	Enbart förstudie utförd: Översiktlig stabilitetskartering bedömd ej vara nödvändig		Kartering ej utförd
aMalå	Enbart förstudie utförd: Översiktlig stabilitetskartering bedömd ej vara nödvändig		Kartering ej utförd
Lycksele	1998	1A, 1B	Kartering ej utförd
Åsele	Enbart förstudie utförd: Översiktlig stabilitetskartering bedömd ej vara nödvändig		Kartering ej utförd
Norsjö	1998	1A, 1B	Kartering ej utförd
Vindeln	1998	1A, 1B	Kartering ej utförd
Bjurholm	1998	1A, 1B	Kartering ej utförd
Vännäs	1998	1A, 1B	Kartering ej utförd
Skellefteå	1998	1A, 1B	Kartering ej utförd
Robertsfors	1998	1A, 1B	Kartering ej utförd
Umeå	1998	1A, 1B	Kartering ej utförd
Nordmaling	1998	1A, 1B	Kartering ej utförd

\* Förstudier respektive stabilitetskarteringar utförda i skala 1:5000 enligt Räddningsverkets PM från 1997 (Räddningsverket har numera gått upp i MSB)

I denna utredning redovisas resultatet från Etapp 1B för de 12 kommuner där denna etapp har utförts, se Karta 1-8.

### 7.2.3 Raviner och slänter i morän och andra grovkorniga sedimentjordar

I Västerbottens län har MSB inte utfört någon översiktlig kartering av förutsättningarna för moränskred och slamströmmar. På uppdrag av Vilhelmina kommun har dock SGI utfört detaljerad kartering av förutsättningarna för moränskred och slamströmmar i Kittelfjäll, Fallsvik m.fl. (2008). Även förslag till och lokalisering av preventiva åtgärder ingick denna utredning.

### 7.3 Områden med förutsättningar för skred och ras i lera, silt och sand

Områden med lera, silt och sand återfinns i stort sett utmed samtliga älvar och vattendrag upp till HK. Dessa jordlager utgörs huvudsakligen av deltasediment, som avlagrats vid läget för vattendragens tidigare mynning i havet, vars nivå senare har sjunkit undan på grund av landhöjningen. I dessa äldre deltasediment har nipor utvecklats på grund av erosion från vattendraget och tidvis höga grundvattentryck i jordlagren. Detta har gett upphov till successiva ras och skred, utmed länets större älvar.

Lerområden och områden med sulfidjordar återfinns i låglänta områden utmed kusten och i anslutning till vattendrag under HK. Leran, som i huvudsak är av glacialt ursprung, kan delvis vara överlagrad med silt och sand.

I MSB:s utredningar har tätbebyggda områden med förutsättningar för skred och ras karterats. Riskerna har inte studerats inom områden med gles bebyggelse, för framtida exploateringsområden och infrastruktur på landsbygd.

## **7.4 Konsekvenser av klimatförändringar**

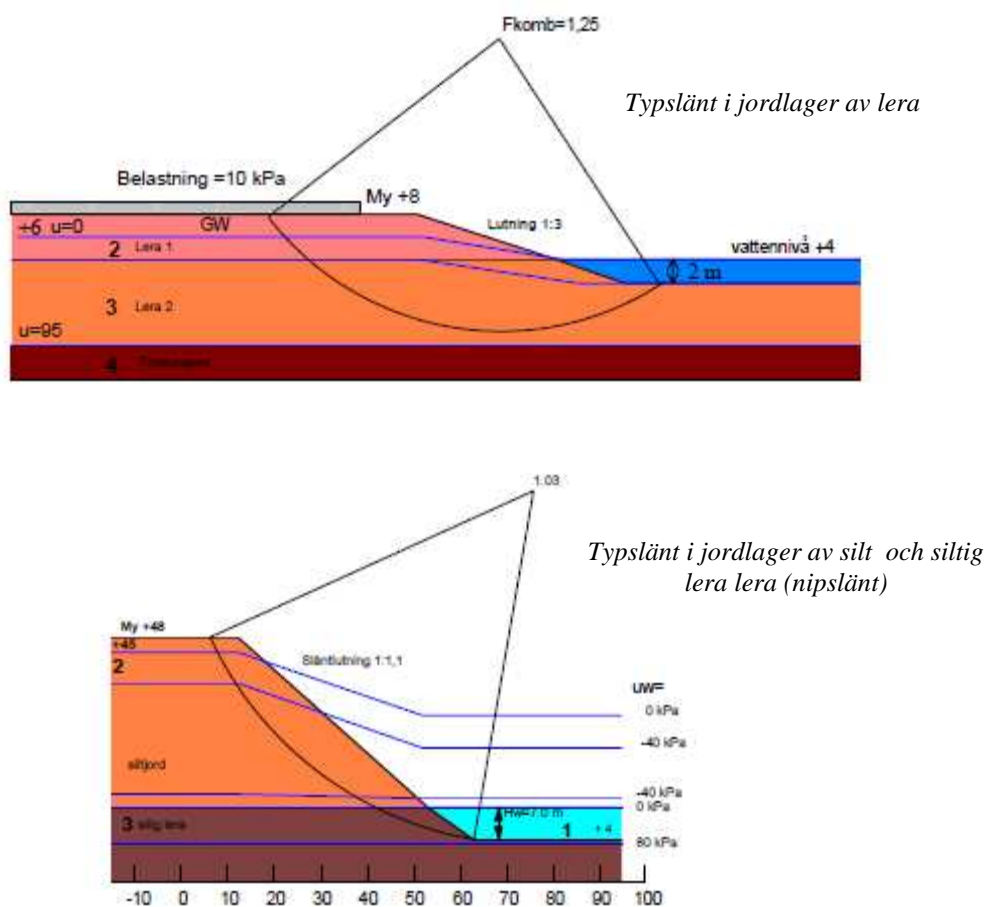
### **7.4.1 Ändrade förhållanden på grund av förändring av klimatet**

Viktiga utlösande faktorer för skred är de belastningar som jorden utsätts för, jordens egenskaper och ändringar i geometrin som till exempel erosion i vattendrag kan bidra till. I belastningen ingår förutom jordens egenvikt även vattentryck och belastningar och annan påverkan från mänskliga aktiviteter.

I Kapitel 4 som beskriver förväntade förändringar av klimatet i Västerbottens län redogörs bland annat för förändringar i nederbörd och vattendragens flöden. Båda dessa faktorer har inverkan på sannolikheten för skred och ras.

De förändrade nederbördsförhållandena kommer att påverka yt- och grundvattennivåer, portryck i marken samt vattenföring och vattennivåer i vattendragen. Samtliga dessa förändringar kan var för sig eller i kombination påverka säkerheten mot stabilitetsbrott i negativ riktning. I en studie, SGI Varia 560:1 (2005), genomförd för att förklara hur jordslänters stabilitet förändras vid förändrat klimat med främst ökade nederbörds- mängder, har ett antal typfall studerats, Figur 7-6. Den studien visar att det är rimligt att anta en försämring av säkerheten på mellan 5% och 30 % beroende på vilka förhållanden som antas och hur de varierar. Det betyder att områden som idag anses vara stabila, utifrån de rekommendationer som finns, kan behöva åtgärdas om samma säkerhetsnivå ska gälla.





Figur 7-6. Exempel på två typslänter som beräknats för nya klimatförutsättningar. Källa: SGI Varia 560:1 (2005).

#### 7.4.2 Förändringar i säkerhetsnivå på lokaler som finns i Västerbottens län

I de översiktliga stabilitetsutredningar som MSB (f.d. Räddningsverket) genomfört i Västerbottens län framgår att de flesta områden med behov av fördjupade undersökningar omfattar slänter där vanliga jordarter är silt och sand.

I kustlandet i Västerbottens län förväntas frekvensen av skred och ras att öka beroende på ökad nederbörd och avrinning och därmed ökad erosion och ökade portryck, Fallsvik m.fl.(2006).

Skred och ras utlöses ofta av erosion som sin tur ökar vid ökade flöden. Klimatanalysen i denna rapport (Kapitel 4) visar på ökad nederbörd och årsmedelvattenföring men däremot på minskande 100-årsflöden. Trots ökad medelnederbörd kommer storleken på höga flöden i vattendragen att minska främst på grund av en förlängd och därmed utjämnad snösmältningssäsong. Sammantaget kan därför problemen förenade med erosion som ger upphov till skred och ras delvis komma att bli oförändrade eller till och med minska. Hänsyn har inte tagits till den effekt reglering av vattendrag innebär. (Se även avsnitt 6.4.2 och 7.1.1).

I SGI Varia 560:1 (2005), beskriver ett typfall höga branta nipslänter av sandiga och siltiga jordar. Dessa slänter har ofta naturligt en låg säkerhet mot stabilitetsbrott. Orsaken till att slänterna inte rasar i större omfattning än de gör beror på negativa portryck som har en positiv inverkan på jordens hållfasthet. Blir jorden mer vattenmättad minskar det negativa portrycket och säkerheten försämras. Det kan leda till ökad frekvens av ytliga ras.

Innehåller sand- och siltslänter skikt av tätare jordmaterial styr dessa grundvattnet ut i slänten och kan orsaka grundvattenerosion som i sin tur kan ge upphov till ytliga skred.

Slänter av tät jord kan ibland innehålla lager av genomsläppliga jordar. I dessa lager kan ett vattenöverttryck uppstå i samband med hög nederbörd. Innan trycket har utjämnats innebär det en försämring av säkerheten mot stabilitetsbrott.

Många av de slänter där stabilitetsutredning genomförts i Västerbottens län har ett vattendrag vid släntfoten. Ökad strömning i vattendraget resulterar i ökad erosion som inverkar negativt på säkerheten. Påverkan blir mindre om vattennivån i vattendraget stiger eftersom det vattentryck som påverkar slänten har en stabiliserande verkan. Om vattennivån i vattendraget sjunker undan snabbare än vattentrycket i slänten normaliseras uppstår ett kritiskt läge när det gäller säkerheten mot ras och skred.

#### **7.4.3 Konsekvenser av klimatförändringar**

Sammanfattningsvis kan konstateras att klimatsimuleringar ger att nederbörden väntas öka, vilket skulle öka riskerna för ras och skred inom områden med otillfredsställande stabilitet för dagens förhållanden. Det innebär också att det inom ytterligare områden kan komma att finnas slänter som inte har erforderlig stabilitet.

## 7.5 Områden med förutsättningar för moränskred och slamströmmar

I branta slänter i morän kan såväl skred som slamströmmar uppkomma, och där det även finns vattendrag med tillräckligt stora avrinningsområden kan slamströmmar transporteras längre sträckor och påverka bebyggelse och infrastruktur.

Slamströmmar utlöses oftast vid intensiva regn sommartid, vilka brukar omfatta ett begränsat område. Klimatförändringen väntas innebära ökad frekvens av intensiv nederbörd sommartid.

I MSB:s regi utförs kommunvisa översiktliga utredningar i vilka tätbebyggda områden karteras med förutsättningar för moränskred och slamströmmar. Sådana utredningar har dock inte utförts i Västerbottens län främst med anledning av att tätbebyggda områden är få i länets mera kuperade delar. Inför detaljplanering i skidorten Kittelfjäll har dock Vilhelmina kommun låtit utföra en detaljerad undersökning av förutsättningarna för slamströmmar inklusive förslag till preventiva åtgärder, Figur 7-7. Utredningen utfördes av SGI, Fallsvik m.fl. (2008).



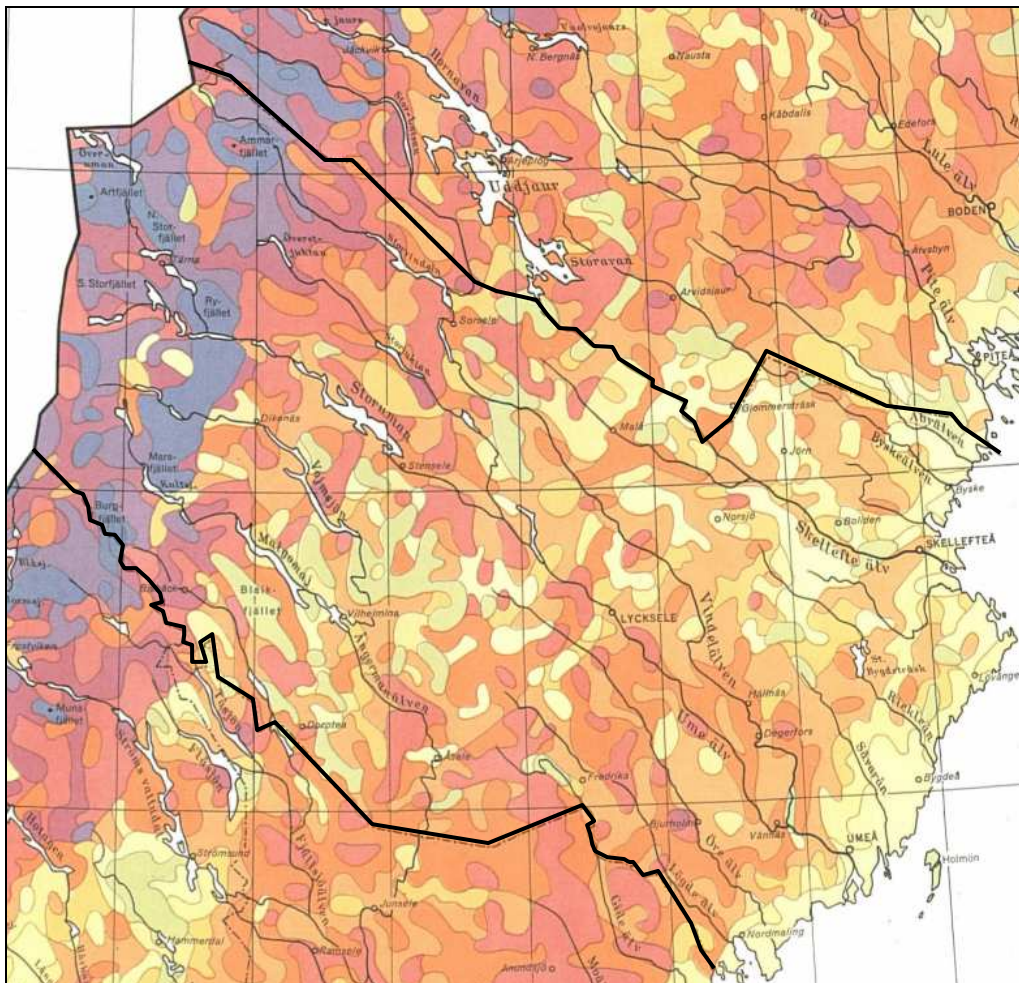
Figur 7-7 *Spår av slamströmmar, blockdelta, Kittelfjäll, Vilhelmina kommun, Foto: Karin Lundström, SGI, 2008.*

Topografiska förutsättningar för att moränskred och slamströmmar ska uppstå finns i de områden där landskapets brutenhet är störst. Inom Västerbottens län finns sådana områ-

den främst i fjälltrakterna samt på vissa mera begränsade områden i skogslandet. Kartan i Figur 7-5 visar de områden där landskapets brutenhet är stor vilket utgör ett översiktligt underlag för bedömning av benägenheten för moränskred och slamströmmar.

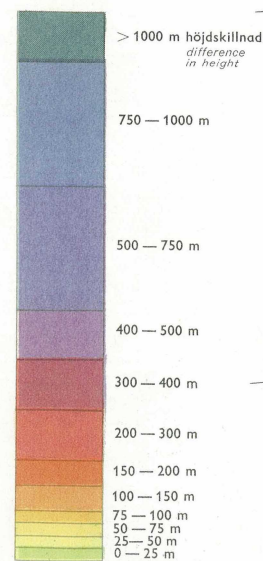
I Sverige finns större höjdskillnader enbart längs fjällkedjan, där den högsta mängden och frekvensen av slamströmmar inträffar. Västerbottens län utgör därmed en region där slamströmmar är vanliga på grund av topografin samt jordlager- och nederbördsförhållandena.

Det framgår av kartan i Figur 7-8 att i Västerbottens läns fjälltrakter når den maximala höjdskillnaden 750-1000 m per ytenhet om 25 km<sup>2</sup>. Inom skogslandet varierar höjdskillnaderna per ytenhet om 25 km<sup>2</sup> mellan 0-25 till 200-300 m. I det flacka kustlandet samt i Malå kommun och de inre delarna av Skellefteå kommun är höjdskillnaden mellan 0-75 m per ytenhet om 25 km<sup>2</sup>. Inom Bjurholms kommun når den maximala höjdskillnader 400-500 m per ytenhet om 25 km<sup>2</sup>. Riskerna förknippade med slamströmmar är relativt stora inom delar av länet. I de trakter där de topografiska förhållandena kännetecknas av begränsade höjdområden bedöms dock att slamströmmarnas storlek kan bli jämförelsevis begränsade, men de har trots detta en potential att förstöra byggnader och egendom samt kunna skada människor.



Landytans brutenhet är angiven genom skillnaden i höjd mellan högsta och lägsta punkten per ytenhet om 25 km<sup>2</sup>

*The relative relief is indicated by the difference in elevation between the highest and lowest points per surface unit of 25 square kilometres*

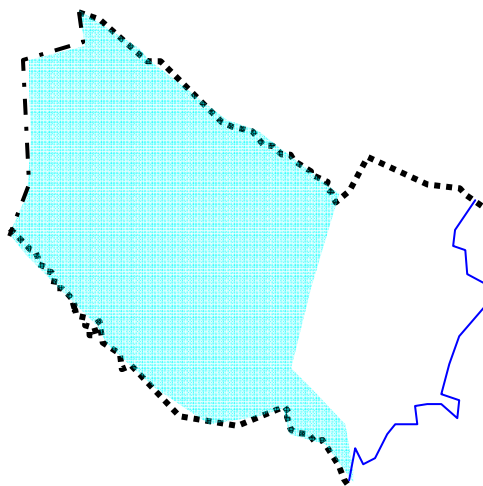


Figur 7-8 Utdrag ur Atlas över Sverige, Landytans brutenhet.

### 7.5.1 Klimatförändringens inverkan

I dagens klimat finns förutsättningar för moränskred och slamströmmar i Västerbottens län på grund av de topografiska förhållandena, nederbörds- och avrinningsförhållanden samt jordlagerförhållandena.

På grund av klimatförändringen fram till 2100 kommer översiktligt benägenheten för moränskred och slamströmmar att öka i fjälltrakterna samt i delar av inlandet på grund av ökad nederbörd sommartid och högre frekvens av intensiva regn och därmed ökad erosion, Figur 7-9. I det flackare kustlandet förblir benägenheten för moränskred och slamströmmar små på grund av flackare topografi.



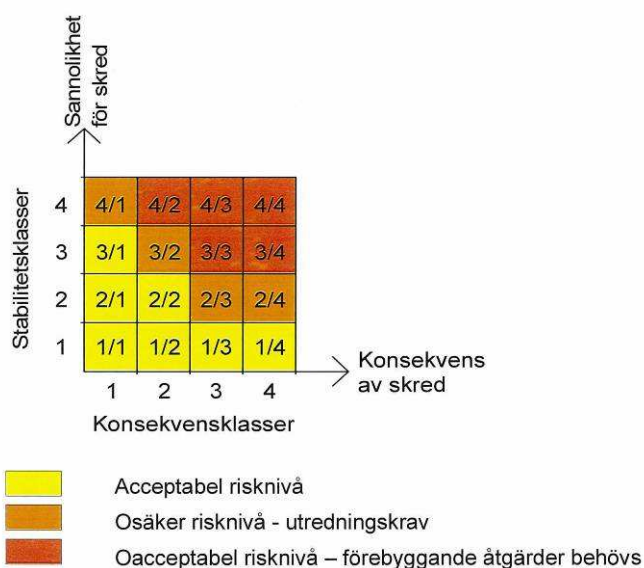
Figur 7-9 Inom det blå området på kartan visas översiktligt var topografiska förutsättningar finns för moränskred och slamströmmar i moränslänter, Fallsvik m.fl. (2006). Fram till perioden 2071-2100 kommer benägenheten för moränskred och slamströmmar att öka inom hela detta område på grund av klimatförändringen, eftersom den extrema dygnsnederbörden kommer att öka, se Figur 4-25 samt tabell 4-2. Det vita området markerar de flackare delarna av kustlandet där förutsättningarna för moränskred och slamströmmar förblir mindre oavsett klimatförändringen.

## 8 RISKER FÖR BEBYGGELSE OCH SAMHÄLLSVIKTIG VERKSAMHET

### 8.1 Risker för naturolyckor

Denna utredning har syftat till att översiktligt klargöra områden som kan påverkas av naturolyckor och med hänsyn tagen till framtida klimatförändringar. Utredningen är avsedd att användas som ett underlag för länsstyrelsens regionala samordning av klimatanpassning samt vid arbete med kommunernas risk- och sårbarhetsanalyser och fysiska planering.

Det finns förutsättningar för naturolyckor (skred, ras, erosion, slamströmmar och översvämning) på flera platser i länet vid dagens förhållanden och i ökad utsträckning vid klimatförändringar, som redovisats i tidigare kapitel. Detta innebär att bebyggelse, dammar och infrastruktur kan skadas samt att miljöfarlig verksamhet och förorenade områden kan påverkas. Risken för en sådan skada kan definieras som en kombination av sannolikheten för en sådan skada och dess konsekvenser, jfr Figur 8-1.



Figur 8-1. Illustration av risker för skred som en kombination av sannolikhet och konsekvenser.

*Sannolikheten* eller förutsättningar för en naturolycka beror av naturliga geotekniska och topografiska förhållanden som redovisats i tidigare kapitel. I denna utredning redovisas förutsättningar för fara för olika typer av naturolyckor. *Konsekvenser* är de värden som drabbas av en olycka, t.ex. skador på människor och egendom eller värdefull natur. För Västerbottens län har identifierats bebyggelse, infrastruktur, dammar samt miljöfarlig verksamhet som kan hotas av naturolyckor. *Riskerna* uttrycks i denna utredning som en sammanvägning av sannolikhet / förutsättningar för naturolyckor och konsekvenser redovisat på en översiktlig nivå.

Figur 8-1 visar ett sätt att värdera risken för en naturolycka, här exemplifierad för skred. Där sannolikheten för skred är stor och samtidigt konsekvenserna är omfattande är risken oacceptabel och åtgärder behöver vidtas (de röda fälten i figuren). Om risknivån är osäker (orange fält) behöver utredningar utföras för att klargöra risknivån.

Om risknivån är acceptabel för dagens förhållanden (de gula fälten) kan en ökad sannolikhet för skred till följd av klimatförändringar innebära att en osäker eller oacceptabel risknivå uppkommer. Detsamma gäller om konsekvenserna ökar, t.ex. om ett områdes värde ökar till följd av exploatering i ett område med risk för naturolyckor.

Om å andra sidan åtgärder vidtas för att minska sannolikheten för en naturolycka genom att förstärkningsåtgärder utförs kan riskerna elimineras eller minskas.

I detta kapitel beskrivs översiktligt hur naturolyckor kan påverka bebyggelse, infrastruktur, dammar samt områden med miljöfarlig verksamhet och förorenade områden. Vid bedömningen av hur riskerna för naturolyckor påverkar samhället ingår följande kategorier: bebyggelse, förorenade områden, miljöfarlig verksamhet, vägar, järnvägar, flygfält, hamnar och dammar. Dessa objekt samt områden förutsättningar för naturolyckor har sammanställts på Karta 1-8. Härav framgår att känsliga områden eller punkter är främst lokaliserade till flera av tätorterna i länet, i huvudsak beroende på förekomst av bebyggelse, infrastruktur och olika typer av verksamhet. I dessa områden finns redan idag områden där det finns fara för naturolyckor och där risken kan komma att öka till följd av klimatförändringar. Samtidigt är denna utredning översiktlig och en mer detaljerad undersökning måste genomföras för att klargöra vilka platser och anläggningar som är utsatta för risker (sannolikhet och konsekvenser) kopplade till naturolyckor.

För närvarande finns främst översiktliga karteringar av förutsättningar för skred, ras, erosion, slamströmmar och översvämning. Dessa ger ett översiktligt underlag för val av lämplig markanvändning men är inte tillräckligt som beslutsunderlag för detaljerad planering och exploatering. För att kunna bedöma behovet av förebyggande åtgärder och anpassning till klimatförändringar erfordras därför mer detaljerade undersökningar.

## 8.2 Bebyggelse

I Västerbottens län har MSB/Räddningsverket genomfört översiktliga stabilitetskarteringar av förutsättningar för skred och ras men dock inte för slamströmmar. Stabilitetskarteringarna, som enbart avser bebyggda områden, baseras främst på förekommande lösa jordlager i sluttande terräng och raviner. Det finns ett flertal områden med förutsättningar för skred, ras och slamströmmar, men riskerna vid lokalisering av enskilda byggnader måste bestämmas genom mer detaljerade undersökningar.

De områden som identifierats vid översiktliga stabilitetskarteringar har markerats på bilagda Karta 1-8. Störst fara för skred och ras finns inom områden med lösa och delvis mäktiga lager av lera, silt och sand längs älvarna, längs mindre vattendrag och längs kusten. Förutsättningar för moränkskred och slamströmmar finns i branta och/eller långa slänter och raviner i samtliga av länets kommuner men främst i Sorsele, Storumans, Vilhelmina, Dorotea kommuner.

MSB/Räddningsverket har utfört översiktliga översvämningsskarteringar längs de större vattendragen i länet. De områden som kan komma att översvämmas vid Beräknat högsta flöde har redovisats på Karta 1-8. Hänsyn har här inte tagits till förändrad vattenföring på grund av klimatförändringen. Den översiktliga skarteringen baseras emellertid på alltför översiktligt topografiskt underlag för att kunna användas för värdering av risker för bebyggd miljö och tekniska anläggningar. Lokala översvämningar som förekommer vid häftiga regn har inte analyserats inom detta uppdrag.

Områden med förutsättningar för erosion enligt SGI:s översiktliga inventering finns i delar av kustkommunerna och längs flera vattendrag. Bebyggelse som kan påverkas av sådan erosion redovisas på Karta 1-8.



*Figur 8-2. Skred i Vagnhärad, 1997. Foto: SGI.*

### 8.3 Förorenade områden

Potentiellt förorenade områden har kartlagts och klassats enligt MIFO-metodiken (Metodik för inventering av förorenade områden). Metoden bygger på en sammanvägd bedömning av föroreningarnas farlighet (hälsa och miljö), föroreningsnivå (hur förorenat ett objekt är, eller misstänks vara, baserat på en sammanvägning av trolig halt, mängd och volym), spridningsförutsättningar, områdets känslighet och skyddsvärde. I förorenade områden ingår även nedlagda deponier. MIFO-metodiken och dess bedömningsgrunder är beskrivna i rapporter från Naturvårdsverket (Naturvårdsverket, 1999). Resultatet av bedömningen medför att objekten inordnas i fyra riskklasser:



- Klass 1 - Mycket stor risk
- Klass 2 - Stor risk
- Klass 3 - Måttlig risk
- Klass 4 - Liten risk

Riskklassning enligt MIFO sker i två faser. Riskklassning i fas 1 bygger på en misstanke om förorening och klassningen är då baserad på en teoretisk bedömning. Riskklassning enligt fas 2 grundas på utförda undersökningar i det misstänkt förorenade området.

### 8.3.1.1 Inventering och rekommendationer för GIS-analys

Uppgifter om MIFO-klassade objekt har tillhandahållits av Länsstyrelsen i Västerbotens län och redovisas i Karta 1-8.

Varje MIFO-klassat objekt är koordinatsatt som en punkt, men dessa koordinater är enligt uppgift från länsstyrelsen inte tillförlitliga nog för att utgöra grund för en GIS-analys. Punkten kan vara satt som fastighetens mittpunkt, vid trolig eller konstaterad förorening, eller mindre noggrant som en ungefärlig angivelse av områdets läge.

Om MIFO-objektens koordinater i framtiden uppdateras för att bättre återspegla de förmodade föroreningarnas läge så rekommenderas att en GIS-analys görs på samma sätt som har gjorts för miljöfarlig verksamhet och riskobjekt i föreliggande rapport och som beskrivs i Bilaga 2.

Ett analysalternativ som rekommenderas för att ge en översiktlig bild över naturolycksrisker med avseende på MIFO-objekt utan att uppdatera befintligt MIFO-underlag är att göra GIS-analysen mot fastigheten istället för mot punktkoordinaten. Det förutsätter att fastighetsbeteckning är registrerad för varje MIFO-objekt samt att man har tillgång till Fastighetskartan. Genom att söka ut fastigheter som helt eller delvis ligger inom område med förutsättningar för naturolyckor skapas en lista på MIFO-objekt ”på den säkra sidan”. Det innebär att vissa förorenade områden där ingen risk föreligger kommer att tas med, men att man inte missar några objekt som hotas av naturolyckor. En karta med berörda fastigheter innehållande MIFO-objekt kan skapas och det blir då tydligt vilka delar av respektive fastighet som ligger inom område med förutsättningar för naturolyckor.

Inventering av förorenade områden enligt beskrivning ovan avser områden med *förutsättningar* för naturolyckor, och de konsekvenser som beskrivs nedan är *möjliga* konsekvenser av en inträffad naturolycka. Föroreningsgraden är också den en osäkerhetsfaktor eftersom ett stort antal objekt endast är klassade enligt MIFO fas 1. Sammantaget är kartläggningar enligt ovanstående beskrivning att betrakta som en översikt över MIFO-objekt som hotas av naturolyckor. Resultatet av en eventuell analys kan användas som underlag för prioritering mellan områden både avseende fortsatt MIFO-arbete och avseende mer detaljerade utredningar av sannolikheten för naturolyckor.

### 8.3.1.2 Beskrivning av hur olika naturolyckor påverkar förorenings-spridning

Långvariga eller frekventa översvämningar kan medföra utlakning av föroreningar till ytvatten och eventuellt även spridning till icke förorenad mark. Spridningen till mark och vatten kan ske både som lösta föroreningar och genom partikelspridning. Över-

svämning orsakar förändrade syreförhållanden i marken, vilket kan påverka utlakningshastigheten för vissa kemikalier.

Erosion innebär risk för partikelspridning av föroreningar till ytvatten.

Ras, skred, moränskred och slamströmmar kan innebära snabba och omfattande förflyttningar av jordmassor, inte sällan ut i ytvatten. Spridning till omgivande mark och till ytvatten kan sedan ske som lösta föroreningar och genom partikelspridning. Rasmassor i strömmande vattendrag kan orsaka smala och grunda passager där rasmassorna eroderar relativt snabbt pga. vattnets förhöjda hastighet genom området. Dessa naturolyckor kan också resultera i att föroreningar som tidigare låg skyddade under markytan görs tillgängliga för människor, växter och djur i området.

#### **8.4 Miljöfarlig verksamhet och riskobjekt**

Med miljöfarlig verksamhet avses här verksamhet som enligt Miljöbalken är tillståndspliktig (Förordning om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd, SFS 1998:899).

Riskobjekt kallas sådana verksamheter som omfattas av den så kallade Sevesolagstiftningen (Lag om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor, SFS 1999:381; Förordning om åtgärderna för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor, SFS 1999:382).

En verksamhet kan omfattas endera av tillståndsplikt enligt Miljöbalken eller av Sevesolagstiftningen, eller båda. Uppgifter om miljöfarlig verksamhet och riskobjekt har inhämtats från Länsstyrelsen Västerbottens län.

Inventeringen av miljöfarlig verksamhet och riskobjekt avser områden med *förutsättningar* för naturolyckor, och de konsekvenser som beskrivs är *möjliga* konsekvenser av en inträffad naturolycka. Kartläggningen är en översikt över miljöfarliga verksamheter som hotas av naturolyckor, men ingen hänsyn tas till sannolikheten för t.ex. skred i ett område med förutsättningar för skred. Resultatet bör användas som underlag för beslut om mer detaljerade utredningar av sannolikheten för naturolyckor i särskilt utsatta områden.

##### **8.4.1 Miljöfarlig verksamhet**

De miljöfarliga verksamheterna har beteckningarna A, B eller C. A-verksamheter är de som anses farligast, t.ex. gruvor, pappersmassafabriker och stora vindkraftverk. A-verksamheter är tillståndspliktiga och prövas av miljödomstol eller av regeringen. B-verksamheter är tillståndspliktiga och prövas av länsstyrelsen. Exempel på sådan verksamhet är energianläggningar, olika slags industrier, skjutfält och flygplatser. C-verksamheter är endast anmälningspliktiga, exempelvis skjutbanor, Försvarmaktens hamnar, små industrier, stora växthus och små vindkraftverk. I denna utredning beaktas verksamheter som hanterar kemikalier och är tillståndspliktiga enligt beteckning A eller B.

#### 8.4.1.1 Inventeringsresultat

Inom riskområde för naturolyckor finns tre A-verksamheter: vid Kedträskgruvan och Hemavans flygplats finns förutsättningar för översvämning och vid Långdalgruvan finns förutsättningar för erosion.

Om gruvområdet översvämmas kan risk föreligga för förorenings-spridning till ytvatten, men detta är beroende av anläggningens uppbyggnad och hur av malm och restprodukter hanteras. Vid pågående ebh-åtgärder vid Långdalgruvan bör hänsyn tas till erosionsförutsättningarna. Konsekvenser av översvämningar för flygtrafiken tas upp i kapitel 8.7.

Tio B-verksamheter ligger inom områden med förutsättningar för naturolyckor. De flesta av dem är verksamma inom branscherna avloppsrening och fiskodling. Samtliga tio verksamheter ligger på platser med förutsättningar för översvämningar. Vid tre av avloppsreningsanläggningarna finns dessutom förutsättningar för erosion.

Det är oklart hur fiskodlingarna påverkas av översvämning, men konsekvenserna bör inte bli stora om anläggningarna förbereds för förväntade nuvarande och framtida högvattenstånd. Möjliga konsekvenser för avloppsreningsanläggningar som drabbas av översvämning är att man måste brädda, varvid avloppsvatten släpps ut orenat i vattendraget. Översvämningen kan innebära högre dagvattenflöden vilket gör att anläggningens maxkapacitet överskrids. Det är troligt att biologisk rening (aktiv slam) inte fungerar, vilket medför höga halter av kväve och nedbrytbart kol (BOD) i vattendraget. Detta leder till syrebrist och övergödning. Om även kemisk rening (fällningskemikalier) är omöjlig så släpps fosfor och mer BOD ut. Fosfor är begränsande för alger och högre fosforhalt innebär alg-tillväxt i sjöar och hav. Om vattennivåerna stiger så högt att det rinner in till verket från omgivningen kan de öppna bassängerna översvämmas och då fungerar inget av reningsstegen.

#### 8.4.2 Riskobjekt

Reglerna i Sevesolagstiftningen styr verksamheter där farliga ämnen förekommer i stora mängder vid ett och samma tillfälle; gränserna beror på ämnens kemiska egenskaper. Lagstiftningen innebär bland annat att verksamhetsutövarna är skyldiga att vidta alla åtgärder som krävs för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor för människa och miljö. De är dessutom skyldiga att upprätta ett handlingsprogram för hur riskerna för allvarliga kemikalieolyckor ska hanteras. Kommunen är skyldig att utarbeta en plan för räddningsinsatser vid dessa verksamheter.

#### 8.4.2.1 Inventeringsresultat

Inga Sevesoklassade anläggningar ligger inom områden med förutsättningar för naturolyckor.

### 8.5 Vägar och järnvägar

Risksituationen för vägar och järnvägar påverkas av hur omgivande områden ser ut och hur de används. Även utformningen av ingående konstruktioner i väg- eller järnvägsanläggningen påverkar riskerna.

När det gäller omgivningen är topografi, jordart och påverkan av vatten de faktorer som har störst betydelse. Branta slutningar, jordarter som silt, lera och sand samt påverkan från nederbörd och strömmande vatten kan påverka stabilitetssituationen negativt. Där dessa faktorer kombineras, som till exempel längs många av de norrländska älvdalarna kan säkerheten vara låg. Översvänningsrisken är av naturliga skäl störst i låglänta områden i anslutning till sjöar eller vattendrag.

Även användningen av omgivande markområden har avgörande betydelse för säkerheten mot ras, skred och erosion. Förändringarna i risknivå kan ske under lång tid eller nästan omedelbart. Exempel på smygande förändringar är dräneringar som installerats i omgivande skogs- eller jordbruksmark men därefter inte underhålls. Dammkonstruktioner, som inte underhålls, uppströms väg eller järnväg kan också utgöra hot när de brister. Snabba förändringar kan bero på skogsavverkningar där effekterna blir ännu större vid efterföljande markberedning. Exploatering av naturmark till hårdgjorda ytor eller ny- eller ombyggnad av omkringliggande anläggningar påverkar även avvattningssituationen.

Utformningen av väg- eller järnvägsanläggningen påverkar också risken för ras, skred och erosion. Det gäller utformning av avvattningsanläggningar såsom diken, trummor och dräneringar, erosionsskyddens utbredning och motståndskraft samt uppbyggnad av jordkonstruktionerna. Anläggningsägaren Trafikverket är medveten om betydelsen av dessa delar och förbättrar anläggningarna successivt.

### **8.5.1 Riskanalyser för vägar**

Vägverket påbörjade år 2007 en analys av riskerna längs det nationella vägnätet. Analyserna har genomförts enligt den metod som presenteras i Vägverkets publikationer 2005:54 och 2005:55 "Riskanalys vald vägsträcka". De kriterier som legat till grund för urvalet har varit stor trafikmängd eller tidigare observerade situationer som skulle kunna vara tecken på problem med stabiliteten eller risken för översvämning. Ett annat kriterium för urval har varit sträckor som innehåller en eller flera av de faktorer som bedöms ha betydelse för säkerheten såsom branta lutningar besvärliga jordarter eller ogynnsam vattensituation.

Genom den riskinventering som utförts av samtliga vägar i Västerbottens län har man kunnat konstatera att säkerheten mot ras och skred är god. Ett fåtal utpekade lokaler är under fördjupad utredning och i några fall projekteras och utförs riskreducerande åtgärder.

Riskinventeringen som genomförs kan emellertid inte eliminera alla risker. Vid tillfällen med extrema belastningar kan det uppstå situationer som är svåra att förutse. De utgörs inte sällan av vägtrummor som av olika anledningar förlorar avsedd funktion. Följden av detta blir ofta översvämningar samt att vägen spolats bort på en kortare sträcka. Vid sluttande terräng i erosionskänslig mark kan det i svåra fall leda till bakåtgripande ras eller skred. En annan risk som är speciell för områden med finkorniga jordar längs rinnande vattendrag utgörs av stranderosion. Då kan släntens geometri förändras och på så sätt försämra stabiliteten.

Resultatet från riskanalyserna ingår i den löpande verksamheten för drift och underhåll av vägnätet. Behov av ombyggnader åtgärdas efterhand. Innan de har hunnit åtgärdas får driftpersonalen varningar när väderläget kräver större beredskap. Det gör att man under vissa perioder kan öka övervakningen på kända ställen.

Enligt Trafikverkets årsredovisning (2010), inträffade i Västerbottens län följande händelser under 2010 där vägnätets robusthet sattes på prov:

- Ett skred inträffade på väg E12 i Strimasund mellan Hemavan och Norska gränsen. Detta medförde att vägen var avstängd i tre till fyra dagar
- Ett slamskred inträffade på grund av höga flöden på vägen mellan Tärnaby och Hemavan. Detta ledde till att vägen var avstängd i cirka två veckor
- En bro i Västanbäck nordost om Vilhelmina spolades bort i maj. Detta medförde att vägen var avstängd i cirka en vecka.

### **8.5.2 Bedömning av risker längs järnvägar**

Trafikverket genomför regelbundet säkerhetsbesiktningar av banorna. Tidsintervallet mellan besiktningstillfällena är beroende av vilken anläggningsdel som avses, banans trafikbelastning uttryckt som antal bruttoton och största tillåtna hastighet. Det betyder att anläggningsdelar som har betydelse för att förhindra ras och skred som trummor, diken, dräneringar och erosionsskydd säkerhetsbesiktigas 2-3 gånger per år på de flesta banorna. I samband med säkerhetsbesiktningen får de delar av anläggningen som innehåller fel eller försämras successivt besiktningssmärkningar. När smärkningarna senare åtgärdas kan fel som kan leda till olyckor eller tillbud förebyggas eller förhindras. Anläggningarnas risknivå är en direkt funktion av föreskrifternas efterlevnad.

I Västerbottens län finns, enligt de bedömningar som Trafikverket gör, inga utpekade sträckor med förhöjda risker när det gäller ras, skred, erosion eller översvämning. Det utesluter emellertid inte att det kan uppstå problem om extrema vädersituationer uppkommer eller om anläggningen har okända brister.

Längs ett fåtal speciellt utsatta järnvägssträckor i landet har Trafikverket ras- och skredvarningssystem installerade. Rasskydd finns på ett fåtal platser. Inga av dessa installationer finns i Västerbottens län.

### **8.6 Hamnar**

Beroende på respektive hamns utformning samt förändrade strömningsförhållanden på grund av såväl klimatförändringen som landhöjningen och mänsklig påverkan så kan ökad sedimenttransport innebära ett ökat behov för underhållsmuddring.

I Västerbottens län finns 5 hamnar med fraktrafik enligt Länsstyrelsens sammanställning, se Bilaga 5.

## 8.7 Flygplatser samt mindre flygfält

Luftfarten påverkas inte i någon allvarigare grad av klimatförändringarna, Klimat- och sårbarhetsutredningen (2007). Ett varmare klimat kan påverka tjäldjupet med konsekvenser för flygfältens bärighet. Ökade nederbörds mängder belastar flygplatsernas dagvattensystem och kan föranleda en tidigareläggning av planerade ombyggnader. Behovet av avisnings- och halkbekämpningsmedel ökar i de norra delarna av landet.

I Västerbottens län finns fyra flygplatser med reguljärtrafik samt åtta mindre flygplatser, se Tabell 8-1. För en av de fyra flygplatserna med reguljärtrafik – Hemavan Tärnaby flygplats – finns förutsättningar för översvämning.

Flygplatserna har omfattande försörjningssystem och hanteringen av dagvatten är viktig för vattenavrinningen på flygfältsytorna. Andra försörjningssystem som krävs är t.ex. vatten- och spillvattensystem, elkraft-, data- och telesystem samt tekniska försörjningssystem för flygplan inklusive bränsleförsörjning. Dagvattensystemen på Luftfartsverkets flygplatser är i dagsläget till viss del åldersstigna och underdimensionerade. De är i behov av successiv renovering och kapacitetsutbyggnad. Systemen är inte helt redundanta<sup>1</sup> vad gäller elförsörjning, Klimat- och sårbarhetsutredningen (2007).

Flera extrema väderhändelser har verkat störande på flygtrafiken, exempelvis stormen Gudrun år 2005 samt översvämningarna i Mellannorrland i juli 2000. Enligt Klimat- och sårbarhetsutredningen har dock flygtrafiken endast påverkats under en kortare tid vid dessa händelser. För gods är det lättare att hitta alternativa transportvägar än för persontrafiken.

Till de negativa konsekvenserna räknas en ökad frekvens av intensiva regn, med följdverkningar för lågt liggande flygplatser samt för flygplatsernas dagvattensystem. Dagvattenanläggningarnas kapacitet är ansträngd redan i dagsläget och kommer att belastas ytterligare i ett framtida klimat. Ökad nederbörd, högre grundvattennivåer och ökade vattenflöden kan påverka flygfältsytornas bärighet negativt, varför effektiva dagvattensystem kommer att bli än mer betydelsefulla i framtiden. Enligt Klimat- och sårbarhetsutredningen behövs en kartläggning av behovet av en eventuell tidigareläggning av renovering av flygplatsernas dagvattensystem utifrån ökad nederbörd i ett förändrat klimat. Då dagvattensystemen redan är underdimensionerade i dagsläget är inte hela denna kostnad klimatrelaterad.

---

<sup>1</sup> Så kallad redundans byggs ofta in i system som måste ha hög tillförlitlighet. Exempelvis kan elsystem ha två oberoende kretsar med samma uppgifter som kan ersätta varandra, så att om en av kretsarna havererar så tar den andra över.

Tabell 8-1 Flygplatser och mindre flygfält i Västerbottens län, Flygkartan.se (2011), Nilsson (2010)

Flygplatsens/flygfältets namn	Kommun / Position	Uppgift om ägare eller verksamhetsutövare / Status	Reguljära förbindelser
Hemavan Tärnaby flygplats	Storuman	Hemavan Tärnaby Airport AB	Stockholm
Suddesjaur (Gargnäs )	Sorsele		-
Malå flygplats	Malå		-
Bjursele flygfält	Norsjö	Privatägt flygfält för trike-flygning	-
Fällfors flygfält	Skellefteå	Används även för bilsport	-
Storuman flygplats	Storuman	Storumans Kommun Storumans Flygplats AB	(Reguljära förbindelser nedlagda 2010)
Vilhelmina flygplats (Sagadal)	Vilhelmina	Vilhelmina kommun	Stockholm
Åsele flygfält (Genlanda)	Åsele		-
Lycksele flygplats	Lycksele	Lycksele Flygplats AB	Stockholm
Åmsele flygfält	Vindeln	Privatägt flygfält / Sportflyg och motorsport	-
Hällnäs / Vindeln	Vindeln		-
Umeå flygplats	Umeå	Swedavia	Stockholm Göteborg Luleå Åre/Östersund Riga Vasa Barcelona

## 8.8 Dammar

Det material som använts som kartunderlag för dammar i kartbilagorna baseras på flera olika underlag. Detta utgörs av Svenskt dammregister, sammanställt av SMHI, ytterligare material tillhandahållet från Länsstyrelsen Västerbottens län samt material från Svenska Kraftnäts sammanställning av rapportering avseende dammsäkerhet år 2008, Svenska Kraftnät (2009), se Karta 1-8.

Enligt Klimat- och sårbarhetsutredningen från 2007 är extrema flöden den klimatfaktor som är helt dominerar när det gäller dammsäkerhet. Om dammens avbördningskapacitet inte är tillräcklig kan detta leda till att dammen översvämmas vilket i sin tur kan leda till dammbrott. En fyllningsdamm tål inte överströmning av dammkrönet i någon större omfattning. Även betongdammar kan vara känsliga för överströmning av dammkrönet. Klimatfaktorer som vind, tjäle och is påverkar också säkerheten i varierande grad men dock i mindre omfattning än extremflöden, SOU (2007c).

Konsekvenserna av om ett dammbrott skulle inträffa skiljer sig från damm till damm och beror bland annat på flödessituationen, magasinets storlek, dammens höjd, typ av damm och förhållandena nedströms. I Sverige finns ett antal dammar där ett dammbrott skulle leda till katastrofala konsekvenser, många av dessa är lokaliserade i norra Sverige. Flertalet av de ca 10 000 dammar som finns i Sverige är små och för många av dessa skulle ett dammbrott leda till endast obetydliga konsekvenser, SOU (2007c). I Västerbottens län finns ett stort antal dammar, både små och stora, både högrisk- och lågriskdammar.

Det material som använts som kartunderlag för dammar i bifogat kartmaterial baseras på två olika underlag. Dels Svenskt dammregister, sammanställt av SMHI 1995, dels material från Svenska Kraftnäts sammanställning av rapportering avseende dammsäkerhet för år 2009, Svenska Kraftnät (2010).

Svenskt dammregister bygger på uppgifter från länsstyrelsernas inventering av dammar under 1980-talet. Inventeringarna har gjorts utifrån skilda kriterier på olika håll i Sverige. För Västerbottens län omfattade inventeringen alla kända dammbyggnader inom länet, inget storlekskriterium har använts. Ett stort antal (737 stycken) dammar finns därför redovisade för länet i Svenskt dammregister. Många av dessa är eller har varit flottningsdammar. Detta har inte alltid fullständigt nedtecknats vid inventeringen, varför inget annat ändamål än okänt då införts i detta register, SMHI (1995). En uppdatering av SMHIs dammregister skall påbörjas under 2011, något slutgiltigt datum för färdigställande är inte satt i skrivande stund.

Utförligare information om dammar som riskobjekt sammanställs årligen av Svenska Kraftnät, som 2003 introducerade en rutin för rapportering av dammsäkerhet. Länsstyrelserna sammanställer svar från dammägarna beträffande de viktigaste frågorna om dammsäkerhet och rapporterar dessa till Svenska Kraftnät. Västerbottens län var en av de 14 länsstyrelser som 2010 begärde in årsrapporter från dammägarna (Svenska Kraftnät, 2010).

Dammar klassificeras efter hur stora konsekvenserna bedöms bli i händelse av dammbrott enligt RIDAS (Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet) konsekvensklassningssystem. I klass 1A, 1B och 2 placeras de dammar som vid ett dammbrott kan orsaka beaktansvärda skador på människor, miljö, samhällsanläggningar och andra ekonomiska värden. Konsekvensklass 1A och 1B är den högsta klassningen, vilket betyder att ett dammbrott vid en sådan damm skulle kunna leda till förlust av människoliv eller allvarlig skada på viktiga samhällsanläggningar, Svenska Kraftnät (2010).

Vid konsekvensklassning enligt RIDAS beaktas konsekvenserna av ett dammbrott oavsett vad som orsakar dammbrottet. I riktlinjerna för beräkning av dimensionerande flöden, Svensk Energi, m.fl. (2007) används istället benämningen flödesdimensioneringsklass (ersätter den tidigare betäckningen "riskklass"), som endast beaktar konsekvenserna av dammbrott i samband med höga flöden. I kraftindustrins dammsäkerhetsarbete används flödesdimensioneringsklassen för att avgöra vilket dimensionerande flöde som dammarna säkert ska kunna hantera, medan konsekvensklassen används för att styra omfattningen av dammsäkerhetsarbetet i övrigt Svensk Energi, m.fl. (2009) Inom flödesdimensioneringsklassificeringen placeras dammarna i flödesdimensioneringsklass I eller II. Dammar i konsekvensklass 1A eller 1B placeras vanligen i flödesdimensione-



ringsklass I men undantag finns. Dammar i konsekvensklass 2 placeras vanligen i flödesdimensioneringsklass II.

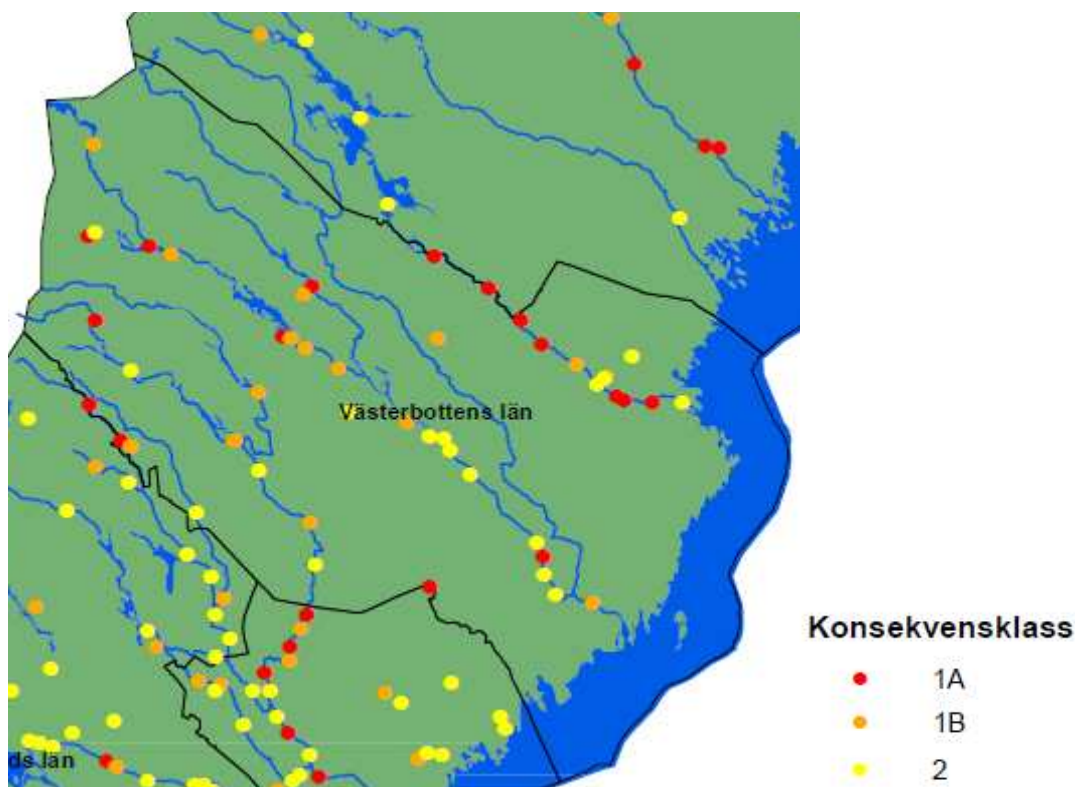
Enligt Svenska Kraftnäts sammanställning av rapportering avseende dammsäkerhet år 2009 finns i Västerbottens län 14 st dammar av konsekvensklass 1A (egentligen finns 17 sådana dammar, men 6 av dessa ligger på gränsen till angränsande län och räknas därför som en halv damm i sammanställningen) och 16 dammar av konsekvensklass 1B. Samtliga dessa dammar tillhör flödesdimensioneringsklass I undantaget en klass 1B-damm som tillhör flödesdimensioneringsklass II och 4 st 1B-dammar vilka saknar flödesdimensioneringsklassning. 18 dammar tillhörande konsekvensklass 2 finns i länet Svenska Kraftnät (2010), se Tabell 8-3. Se även Bilaga 6 för utförligare tabell med konsekvensklassade dammar i Västerbottens län.

Tabell 8-3. *Konsekvens- och flödesdimensioneringsklassade dammar i Västerbottens län.*

Konsekvensklass	Flödesdimensioneringsklass	Antal anläggningar i Västerbottens län
1A	I	17*
1B	I	11
1B	II	1
1B	Klassning saknas	4
2	II	14
2	Klassning saknas	4

\* Varav 6 ligger på gränsen till angränsade län och därför räknas som en halv damm

Dammarnas lägen och konsekvensklassning inom länet framgår av bifogat kartmaterial. Konsekvensklass 1A, 1B och 2-dammar framgår också av Figur 8-3, liksom konsekvensklassade dammar i delar av omgivande län. För de stora älvarna har även uppströms dammar som inte ligger i länet betydelse för områdena längre nedströms. Ett dammbrott i någon av dessa skulle kunna innebära risk för sekundära dammbrott längre nedströms. I Skellefteälven finns dammar i konsekvensklass 1B och 2 utanför Västerbottens län, längre uppströms i Norrbottens län, se Figur 8-3.



Figur 8-3. Dammanläggningar i konsekvensklass 1A, 1B respektive 2 i Västerbottens län och delar av omgivande län (beskuren), Svenska Kraftnät (2010).

För *Ljusnan* avslutades 2005 ett pilotprojekt inom beredskapsplanering för dammbrott. Projektet drevs inom ELFORSK och avsågs att användas som utgångspunkt för beredskapsplanering i de stora kraftverksälvarna; Luleälven, Skellefteälven, Umeälven, Ångermanälven, Indalsälven, Ljungan, Dalälven, Klarälven och Göta älv, Elforsk (2006). Förutom för *Ljusnan* har liknande arbeten med samordnad beredskapsplanering vid dammbrott nu påbörjats för Luleälven, Skellefteälven, Indalsälven, Ljungan, Dalälven och Göta älv (Svenska Kraftnät, 2011).

### 8.8.1 Dimensionerande flöden för dammar framtida klimat

För närvarande pågår ett omfattande arbete med att ta fram metoder för att beräkna de hydrologiska konsekvenserna av ett förändrat klimat för vattenkraftindustrins frågeställningar. Detta sker främst inom det ELFORSK-finansierade projektet *Dimensionerande flöden för dammanläggningar för ett klimat i förändring – Scenarier i ett 50-årsperspektiv*, Andréasson m.fl. (2009). Projektet kommer att slutrapporteras under 2011. I detta projekt ingår beräkningar för Pengfors kraftverk i Umeälven, cirka 15 km uppströms sammanrinningen med Vindelälven.

För att möta det krav på klimatanpassning som nyutgåvan av riktlinjerna för dimensionerande flöden för dammanläggningar ställer, Svensk Energi, m.fl. (2007) har en kommitté tillsatts gemensamt mellan berörda myndigheter, vattenkraftindustrin och gruvindustrin. Kommittén har fått namnet *Kommittén för dimensionerande flöden för dammar i ett klimatförändringsperspektiv*. Kommittén följer det pågående forskningsarbetet och

skall bland andra uppgifter utarbeta en vägledning för hur framtida flödesdimensioneringsberäkningar för dammar skall utformas för att ta hänsyn till effekterna av ett förändrat klimat. Arbetet beräknas vara klart under 2011.

Eftersom de svenska riktlinjerna för flödesdimensionering för dammar också blivit standard vid framtagandet av de översiktliga översvänningskartor som MSB ansvarar för så kan man förvänta sig att arbetet inom *Kommittén för dimensionerande flöden för dammar i ett klimatförändringsperspektiv* i framtiden också kommer att få stor betydelse för översvänningskarteringen och därmed för den fysiska planeringen.

## **9 STRATEGIER OCH ALTERNATIVA UTFÖRANDEN FÖR SKYDD MOT NATUROLYCKOR**

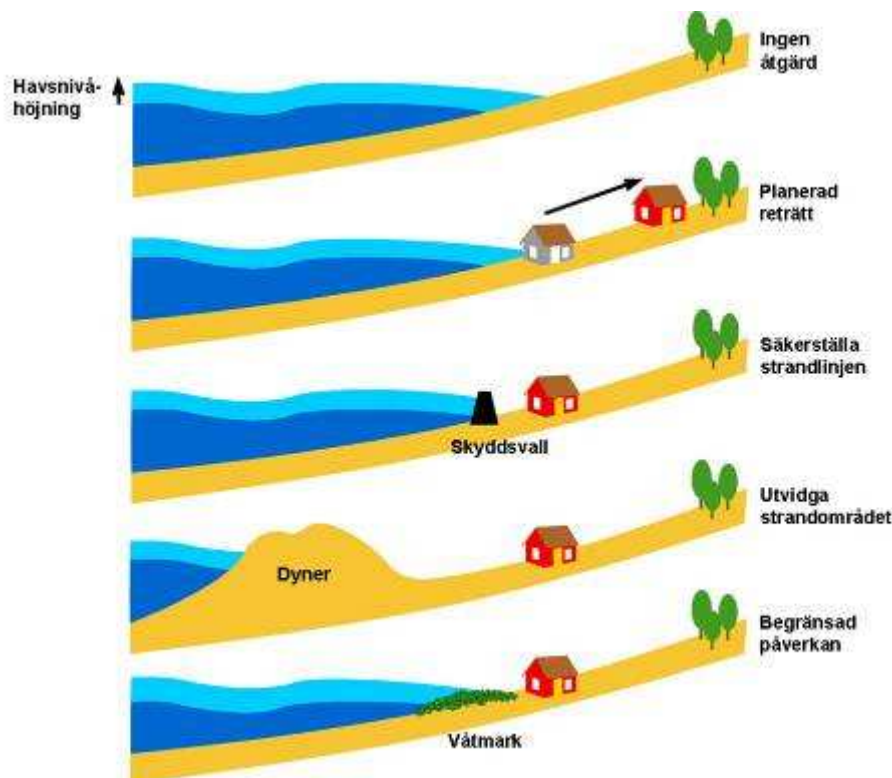
### **9.1 Strategier för markanvändning**

Det råder fortfarande stor osäkerhet kring detaljerna om hur klimatet kommer att utvecklas i en given region, något som speciellt gäller för extrema väderhändelser. Detta kommer att gälla en lång tid framöver. Budskapet ändras också efterhand som nya data och beräkningar blir tillgängliga från forskarsamhället. En ytterligare osäkerhet är hur det internationella samfundet ska lyckas hejda utsläppen av växthusgaser i framtiden och vad detta medför för klimatet.

Mot denna bakgrund bör man tillämpa en strategi som präglas av ökade säkerhetsmarginaler vid fysisk planering. Det innebär att säkerställa tillräckligt avstånd i både plan och höjd för att kunna klara en ökad fara för t.ex. översvämning, erosion eller sked.

Det är också viktigt att ge förutsättningar för en flexibel markanvändning, exempelvis genom att ha utrymme och möjlighet att vidta åtgärder för framtida klimatförändringar. Det kan exempelvis innebära att det finns plats för en skyddsvall eller avschaktning av en slänt med otillfredsställande stabilitet.

För att undvika skador till följd av översvämning, erosion, skred och ras finns ett antal alternativa strategier som kan väljas, både för befintlig bebyggd miljö och för ny bebyggelse, jfr Figur 9-1.



Figur 9-1. Alternativa strategier för utveckling och skydd av strandnära områden, *Eurosion reports (2004)*.

Det handlar om att utifrån en bedömd riskbild och befintliga värden som kan behöva skyddas att välja det samhällsekonomiskt mest lämpliga alternativet. Den strategi som väljs innebär olika konsekvenser för människa och miljö samt leder till kostnader för såväl kommunen som enskilda. Här finns också möjlighet att antingen välja att permanent utföra åtgärder som ger tillfredsställande säkerhet eller att ha beredskap för att skydda mot eventuella naturolyckor.

## 9.2 Förebyggande åtgärder mot naturolyckor

Det finns ett stort antal olika metoder som kan tillämpas för att säkerställa skydd av områden med risk för naturolyckor. En sammanställning gjordes i samband med en översiktlig sårbarhetsanalys för översvämning, skred, ras och erosion som underlag för Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU 2007:60, bilaga B 14). För skydd mot olika typer av naturolyckor hänvisas till denna rapport.

Det finns risker för naturolyckor redan för dagens förhållanden och dessa kan komma att öka till följd av klimatförändringar. Vissa preventiva åtgärder behöver bli utförda redan nu, medan andra kan utföras vid ett senare tillfälle, då sannolikt bättre kunskap finns om klimatets påverkan. Det innebär att man kan anpassa förstärknings- och anpassningsåtgärder och successivt öka skyddet mot skred/ras, erosion och översvämning. I vilken omfattning och för vilka tidsperspektiv som anpassningsåtgärder ska vidtas behöver studeras mer detaljerat.

### **9.3 Skötselplaner / slänt- och skogsvård**

#### **9.3.1 Diken, dränering, vägar, gator etc. i slänter**

En av huvudorsakerna till problem i slänter är vatten. Det är därför av största vikt att systemen för att leda bort vatten fungerar korrekt. Utströmmande vatten är grogrunden för ny erosion och nya ras, skred och slamströmmar.

Vägar och gator inom instabila släntoråden bör åtgärdas så att flödet från vägen vid kraftig nederbörd kontrolleras och inte kanaliseras ut i slänten.

Det är viktigt att personer verksamma i och omkring slänter är uppmärksamma på om något fallerar och kan rapportera eventuella utströmningsområden eller punkter där vatten sipprar fram, så att detta kan åtgärdas. Likaså är brunnars funktion viktig för att avvattningen fungerar.

För att undvika att ledningar sätts igen och säkerställa att vattnet rinner ner i befintliga brunnar är det viktigt att det är fritt från löv, sand och skräp i diken, mot kantstenen och på brunnsgaller. Om vatten ej har möjlighet att rinna ner i befintliga brunnar kan det orsaka stor skada då det rinner ner i slänten. Rensning av brunnsgaller och vid kantsten samt diken bör utföras regelbundet.

Om dräneringsledningarna eller dagvattenledningarna i vägar och gator i slänter blir täta kan det medföra att vatten strömmar okontrollerat antingen genom slänten eller över kantstenen. Det är därför av största vikt att befintliga ledningssystem fungerar på avsett sätt. För att säkerställa att ledningar fungerar och inte är fulla med silt eller skräp ska alla ledningar spoljas och sandfång tömmas varje höst efter att löven fallit. Innan spolningen rensas diken och brunnsgaller. Vid spolningen dokumenteras om ledningen är tät. Efter spolningen kontrolleras att ledningarna fungerar som de ska.

Sprickor i asfaltytor kan ge upphov till att vatten kommer in i vägens/gatans överbyggnad och kan också vara ett tecken på rörelser och behöver därför åtgärdas och dokumenteras. En regelbunden kontroll bör utföras i släntområden asfalt har spruckit. Om asfalten spruckit dokumenteras och fotograferas detta och kontakt tas med geotekniker. Sprickan bör sedan lagas.

#### **9.3.2 Skogsbevuxna slänter med jordlager**

För skogsbevuxna slänter med jordlager av morän, grus, sand, silt och lera och där stabilitetsproblem eller benägenhet för slamströmmar befaras eller har konstaterats, bör skötselns huvuduppgift vara att marken ska förbli vegetationstäckt. Detta gäller i hög grad siltslänterna (niporna) utmed älvarna samt höga och långa moränslänter, Rolf (2010).

Växtlighet binder marken med sina rötter, och dess vattenupptag minskar vattenhalten och därmed grundvattnets trycknivå (portrycket) i marken. Bar mark utgör därför en start för erosion samt skred eller slamströmmar. Trädbevuxna delar ska glesas ut så att ljus kommer ner till marken och markvegetationen återigen kan ta fart och genom sina rötter binda jorden. Målet med utglesningen bör vara att trädens täckningsgrad blir ca 30-50 %. Kalavverkning får inte göras eftersom detta blottlägger bar mark och för-

ändrar markens vattenbalans, genom att stora delar av den aktiva vattenupptagande biomassan försvinner. Sammanhängande kala ”skogsfria” ytor får inte uppkomma. Avverkning bör således inte utföras som slutavverkning utan genom en försiktig gallring av de högsta /äldsta träden, så kallad blädning, så att släntområdets karaktär av ”skog” bevaras. Även befintlig undervegetation i form av buskar och perenna örter bevaras, Rolf (2010).

I första hand ska barrträd avverkas, d.v.s. främst ska lövträden bevaras. Lövträden kan med fördel beskäras så att de inte blir så höga utan i stället breder ut sig i sidled genom skott. Om ett högvuxet lövträd ska fällas bör en 20-30 cm hög stubbe bevaras, som kan skjuta nya skott. Tunga skogsmaskiner som kan orsaka djupa spår i slänten ska inte användas, eftersom spåren kan orsaka omledning av ytvatten från befintliga diken eller vattendrag till angränsande släntavschnitt där skred och/eller slamströmmar därmed kan uppkomma, Rolf (2010).

Skötselns huvuduppgift är således att marken ska vara vegetationstäckt. Skötseln ska eftersträva:

- Plantor med stor biomassa
- Minskat antal stamträd
- Heltäckande markvegetation – ingen bar mark
- Kontroll över vattenflöden

Sammanfattningsvis bör följande gälla:

- Gles skog för att gynna buskar, ris och örter
- Fristående individer ej friställda individer
- Ta ned vissa stamträd så kallad blädning
- Släpp in ljus
- Prioritera löv före barr, d.v.s. ta ner barrträden först

## **10 REKOMMENDATIONER FÖR FYSISK PLANERING OCH KLIMATANPASSNING**

Denna utredning har syftat till att översiktligt klargöra var risker finns för naturolyckor för befintlig bebyggd miljö samt utgöra underlag för exploatering för ny bebyggelse. Med utgångspunkt från de översiktliga riskvärderingarna föreslås följande rekommendationer för den fortsatta planeringen och anpassning till förändrat klimat.

Generellt bör tillämpas en strategi som präglas av tillräckliga säkerhetsmarginaler i den långsiktiga fysiska planeringen. Det är också viktigt att skapa flexibilitet, d.v.s. att undvika att ”bygga sig fast” i lösningar som är svåra att korrigera i efterhand.

För att skydda samhället är det nödvändigt att arbeta förebyggande genom att identifiera risker och vidta åtgärder för att skydda utsatta områden men även att vara mer observant vid planering av framtida exploateringar. En generell rekommendation är att utreda de områden som idag har låg säkerhet mot naturolyckor för att värdera om de förväntade ändringarna i belastningar från klimatet påverkar situationen negativt. För att få underlag för en specifik plats krävs en undersökning av topografin, aktuella jord- och vattenförhållandena och belastningssituationen på den platsen. Dessutom krävs en bedömning av konsekvenserna till följd av de förväntade förändringarna av klimatet.

### **10.1 Exploateringsområden**

För exploateringsområden är det viktigt att pröva markens lämplighet för avsett planändamål. Hänsyn måste då tas till risker för skred, ras, erosion och översvämning och en utgångspunkt måste då vara livslängden hos bebyggelse, anläggningar, transportinfrastruktur etc., normalt mer än 100 år. De förväntade effekterna av ett förändrat klimat under denna tidsperiod måste då beaktas.

### **10.2 Klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö**

Klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö som bebyggelse, infrastrukturanläggningar etc. kan innebära att åtgärder måste vidtas för att hindra skador till följd av naturolyckor. I denna utredning har översiktligt redovisats var sådana områden finns inom Västerbottens län. För dessa områden behöver risker undersökas närmare genom detaljerade utredningar av geotekniska, topografiska och hydrologiska förhållanden.

### **10.3 Förorenad mark, miljöfarlig verksamhet och riskobjekt**

Markanvändningen inom och i anslutning till områden med förorenad mark, miljöfarlig verksamhet och riskobjekt bör föregås av utredningar för bedömning av risker. Hänsyn ska tas till framtida flöden och vattennivåer som kan förväntas till följd av klimatförändringar och följd effekterna ras, skred, erosion och översvämning som redovisas i denna utredning.

### **10.4 Dammar**

Dammsäkerhet handlar om komplexa system och stora investeringar. För att kunna vidta åtgärder som ger tillfredsställande dammsäkerhet krävs uppgifter om de hydrologiska



konsekvenserna av förändrat klimat. Osäkerheter kring det framtida klimatet får inte hindra att nödvändiga dammsäkerhetshöjande åtgärder vidtas. På grund av dessa osäkerheter bör dessutom flexibilitet och marginaler skapas där så erfordras.

Arbete pågår med att utarbeta en vägledning för hur framtida flöden ska beräknas för dammar för att ta hänsyn till effekterna av ett förändrat klimat, se Dammar, Avsnitt 8.8.

## 10.5 Översvämning

När det gäller framtida klimatpåverkade flöden bör utgångspunkten vara de bedömningar som redovisas i denna utredning i kapitel 4 och 5. På längre sikt är det viktigt att bevaka de nya resultat som kommer fram genom den fortsatta forskningen.

## 10.6 Erosion

Strandnära områden med den omfattning som anges i Kapitel 7 kan komma att påverkas av erosion då hänsyn tagits till klimatförändringar fram till år 2100 om inga åtgärder vidtas. Med dagens förhållanden kommer erosionen successivt att minska strandens bredd och i samband med högt vattenstånd och/eller stormar erodera delar av stränderna vid kusten. Det är okänt om frekvens och styrka på stormar kommer att förändras på grund av klimatförändringar, eftersom klimatscenerierna inte ger tydliga scenarier för framtida vindförhållanden. Det är därför svårt att i denna utredning fastställa hur kusterosionen kommer att förändras på grund av detta. Havsnivåhöjningen kommer att inverka på kusterosionen först i slutet av seklet, då havsnivåhöjningen kommer ifatt landhöjningen.

I vattendragen i länet förväntas medelhöga vattenflöden bli större och komma att få längre varaktighet. Trots ökad medelnederbörd kommer dock storleken på höga flöden i vattendragen att minska främst på grund av en förlängd och därmed utjämnad snösmältningssäsong. Sammantaget kan därför problemen förenade med erosion delvis komma att bli oförändrade eller till och med minska. Hänsyn har inte tagits till den effektreglering av vattendrag innebär.

Stränderna vid kuster och vattendrag måste därför skyddas mot erosion. Detta gäller för områden med både befintlig och planerad ny bebyggelse.

Avverkning av skogsbevuxna slänter med befarad eller konstaterad benägenhet för skred, ras och slamströmmar bör utföras med försiktighet.

## 10.7 Ras, skred och slamströmmar

För att klargöra markens lämplighet för bebyggelse behöver områden som bedömts ha förutsättningar för ras, skred och slamströmmar undersökas närmare. Detta gäller även områden där ny exploatering planeras så att eventuella riskområden kan undvikas eller förebyggande åtgärder vidtas. Inom de områden med befintlig bebyggelse, där enligt MSB:s översiktliga kartering stabiliteten inte kunnat säkerställas, bör detaljerade undersökningar utföras.

## **11 BEHOV AV KOMPLETTERANDE UTREDNINGAR**

Utredningen har varit av översiktlig karaktär och för att närmare klargöra risker inom identifierade områden behöver mer detaljerade utredningar genomföras som underlag för fysisk planering och anpassningsåtgärder för befintlig bebyggd miljö.

### **11.1 Översvämning**

Hänsyn till nya klimatscenarier har tagits i denna utredning vid bedömning om framtida flöden men ny kunskap tillkommer löpande. Nästa rapport från IPCC kan förväntas inom några år. Under tiden är det viktigt att följa och värdera nya forskningsresultat efterhand som de blir tillgängliga. Det är också angeläget att ta del av internationella bedömningar, liknande de som sammanställts i kapitel 6.3. Effekter av framtida havsnivåer på t.ex. dagvattennät bör studeras.

Detaljerade studier av översvämningens risk längs vattendrag kan behöva utföras om behov finns. Detta kräver dock bättre höjddataunderlag (ny nationell höjdmodell), bättre beskrivning av vattendragens bottenpografi (batymetri) och mer underlag i form av uppmätta flöden och nivåer. Framtida översvämningens risker kan då noggrannare bedömas med klimatförändrade flöden som underlag.

Analys av framtida havsvattenstånd och effekter från våguppsköljning har inte gjorts i denna utredning. Vid planerad exploatering längs kusten kan en sådan komplettering behöva göras, både för dagens och för framtidens havsnivåer. För bästa möjliga resultat är det en förutsättning att topografi och batymetri i kustzonen är väl kända.

### **11.2 Erosion**

I denna översiktliga utredning har konstaterats att det för ett antal områden längs kusten och utmed vattendrag finns förutsättningar för erosion, för dagens klimat och i ökad utsträckning till följd av klimatförändringar. Som underlag för framtida planering och anpassning av befintlig bebyggd miljö behöver mer detaljerade studier göras av utsatta områden för att bedöma vilka områden som kan hotas och var det finns behov av förebyggande åtgärder.

På vissa sträckor längs kusten kan finnas olika typer av erosionsskydd. Dessa bör inventeras närmare med avseende på höjda havsnivåer och vid behov förstärkas.

### **11.3 Ras, skred och slamströmmar**

Inom de områden som identifierats ha förutsättningar för ras skred och slamströmmar behöver stabiliteten klargöras närmare för berörd befintlig bebyggelse. Detta gäller även för områden där ny exploatering planeras så att eventuella riskområden kan undvikas eller förebyggande åtgärder vidtas.

#### **11.4 Förorenad mark, miljöfarlig verksamhet och riskobjekt**

En GIS-analys avseende förutsättningar för naturolyckor för MIFO-objekt bör utföras enligt förslag i Kapitel 8.3.1.1.

Inom förorenade områden bör en översiktlig riskbedömning göras enligt kvalitetsmanualen för efterbehandling av förorenade områden, Naturvårdsverket (2008) med hänsyn tagen till klimatförändringar och dess földeffekter såsom översvämning, höga flöden, erosion, skred och ras. Underlagen för en sådan bedömning kan baseras på de scenarier som redovisas i denna rapport. Om riskbedömning tidigare utförts bör denna stämmas av och eventuellt uppdateras för att även innefatta de förväntade klimatförändringarna. Vid prioritering av framtida MIFO-arbete bör hänsyn tas till objekt som ligger inom område med förutsättningar för naturolyckor. En separat studie föreslås avseende berörda kommuners förmåga att hantera VA-systemet inklusive dagvattenhantering i samband med översvämningar.

#### **11.5 Dammar**

Mot bakgrund av bl.a. de osäkerheter som klimatfrågan tillför bör beräkningsförutsättningarna för dammutredningar ses över regelbundet. Jämförelser mellan inträffade flödessituationer och beräknade dimensionerande flöden bör utföras fortlöpande. Systemets känslighet för klimatförändringar bör analyseras genom utnyttjande av klimat-scenarier. Nya förutsättningar kan leda till att dimensioneringsberäkningarna behöver revideras.

Ägare till dammar (verksamhetsutövare) har enligt Miljöbalken ansvar för dammsäkerheten och ska bland annat svara för underhåll och ha rutiner för egenkontroll. Länsstyrelsen är operativ tillsynsmyndighet för dammars säkerhet. För dammar där ägarna arbetar enligt RIDAS riktlinjer bedöms risker för naturolyckor hanteras på tillfredsställande sätt. Det finns däremot behov av en uppdatering av uppgifter om övriga dammar i länet, där säkerheten är oklar och där ett dammbrott kan orsaka omfattande skador.

## REFERENSER

- Alexandersson, H. (2006) Vindstatistik för Sverige 1961 – 2004. SMHI Meteorologi nr. 121, Norrköping.
- 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., Andréasson, J. och Hellström, S-S. (2006) Nivåer och flöden i Vänerns och Mälarens vattensystem –Hydrologiskt underlag till Klimat och sårbarhetsutredningen, SMHI Reports Hydrology, RH20, Norrköping.
- Bergqvist, E. (1986), Svenska nip- och ravinlandskap, UNGI Rapport 63, Uppsala Universitet, Naturgeografiska institutionen, Stockholm
- 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.
- Brandt, M., Eklund, A. och Westman, Y. (1999) Snö i Sverige, Snödjup och vatteninnehåll i snön, SMHI, Faktablad Hydrologi Nr 2, november 1999.
- Bergström, S., (1999) Höga vattenflöden i reglerade älvar, SMHI Fakta nr 1, mars 1999.
- Deltacommissie (2008) Working together with water - A living land builds for its future. Findings of the Deltacommissie 2008.  
[www.deltacommissie.com/doc/summary.pdf](http://www.deltacommissie.com/doc/summary.pdf)
- Elforsk (2006). Dammsäkerhet, beredskapsplanering för dammbrott – Ett pilotprojekt i Ljusnan, Elforsk rapport 05:38.
- EuroSION reports (2004), Living with coastal erosion in Europe, Sediment and space for sustainability, part 1 to 5\_8b, [www.euroSION.org](http://www.euroSION.org), Reports on line, 2009-03-31
- Fallsvik, J., Hågeryd, A.-C., Lind, B., Alexandersson, H., Edsgård, S., Löfling, L., Nordlander, H., Thunholm, B., (2006), Översiktlig bedömning av jordrörelser vid förändrat klimat. Underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen. Arbetsgrupp från SGI, SGU, Räddningsverket, SMHI, Vägverket Konsult och Vägverket. SGI Varia 571, kan nedladdas från  
<http://www.swedgeo.se/upload/publikationer/Varia/pdf/SGI-V571.pdf>

- Fallsvik, J., Lundström, K., Andersson, M., Hågeryd, A.-C., (2008), Detaljerad utredning av stabilitets- och avrinningsförhållanden i Kittelfjäll, Vilhelmina kommun, SGI Dnr. 2-0805-0427
- Fallsvik, J., Axelsson, J., Eklund, D., Gustavsson, H., Hågeryd, A.-C., Hallberg, K., Stensén, B., Södergren, I., (2010), Översiktlig klimat- och sårbarhetsanalys – Naturolyckor, Länsstyrelsen i Västernorrlands län, SGI Dnr. 2-1002-0144
- Freden, C., Johansson, K., (2002), Digitaliserad jordartsinformation för projektet Riskinventering, riskanalys, och beredskapsåtgärder i Västerbottens län, Jordartskarta i skala 1:250 000, Sveriges Geologiska Undersökning
- Fysisk Riksplanering (1979), Våtmarker, Mineralråvaror, Geologiska och geotekniska förhållanden, Underlagsmaterial FRP 3.79, Bostadsdepartementet, Departementens offcetcentral, 1979:3, Stockholm 1980
- 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 modeling using wind data: a case study in Sweden. *Climate Research*, 29, 53-61.
- Lindström G., S-S. Hellström (2007), Simulering av tjäldjup i ett framtida klimat (2007-05-21).
- Lundqvist, M., (1953-1971), Atlas över Sverige, National atlas of Sweden / utgiven av Svenska sällskapet för antropologi och geografi. Huvudredaktör: Magnus Lundqvist. Kartografisk utformning, ritning, reproduktion och tryckning utförd av Kartografiska institutet. Kategori: Geografi, Sverige. Förlag: Stockholm Gla År: 1953-1971
- Nationalencyklopedin (1993), Lappland, Band 12, s 130, ISBN 91-7024-620-3, Bokförlaget Bra Böcker AB, Höganäs
- Nationalencyklopedin (1996), Västerbotten, Band 20, s 130, ISBN 91-7024-620-3, Bokförlaget Bra Böcker AB, Höganäs
- Naturvårdsverket, (1999), Metodik för inventering av förorenade områden (MIFO). Bedömningsgrunder och vägledning för insamling av underlagsdata, Rapport 4918.
- Naturvårdsverket, (2008), Efterbehandling av förorenade områden. Kvalitetsmanual för användning och hantering av bidrag till efterbehandling och sanering. Utgåva 4.

- Nikulin, G., Kjellström, E., Hansson, U., Strandberg, G. and Ullerstig, A. (2010) Evaluation and future projections of temperature, precipitation and wind extremes over Europe in an ensemble of regional climate simulations. *Tellus A*, no. doi: 10.1111/j.1600-0870.2010.00466.x.
- Nilsson, M., (2010) Muntlig diskussion med Mats Nilsson, Transportstyrelsen
- Personlig kontakt med Gunnar Zweifel, Trafikverket
- Personlig kontakt med Torgny Nilsson, Trafikverket
- Rolf, K., (2010), SLU, Väg 975 Näsåker – Nämforsen, Skötselplan utkast 2010-06-20, Trafikverket
- Rydell, B., Hågeryd, A-C., Nyberg, H., Angerud, P., (2006), Omfattning av stranderosion i Sverige, Översiktlig kartläggning av erosionsförhållanden. Kartor, SGI Varia 543:2, Linköping, <http://www.swedgeo.se/upload/Publikationer/Varia/pdf/SGI-V543-2.pdf>
- Rydell, B., Hågeryd, A-C, Axelsson, J., (2009), Översiktlig inventering av förutsättningar för erosion i vattendrag. Metodik och redovisning, SGI Varia 602:1, Linköping, <http://www.swedgeo.se/upload/Publikationer/Varia/pdf/SGI-V602-1.pdf>
- Räddningsverket (1999). Översiktlig översvämningsskartering längs Vindelälven. SRV D-nr 249-795-1998.
- Räddningsverket (1999b). Översiktlig översvämningsskartering längs Umeälven, sträckan Ajaure till mynningen. SRV D-nr 249-795-1998.
- Räddningsverket (2000). Översiktlig översvämningsskartering längs Ångermanälven (Åselegrenen). SRV KD-12420-2-0.
- Räddningsverket (2002). Översiktlig översvämningsskartering längs Umeälven, sträckan Överuman till Storuman. Rapport nr 26, 2002-03-22.
- Räddningsverket (2006). Översiktlig översvämningsskartering längs Skellefteälven. Rapport nr 51, 2006-09-25.
- SGI Varia 560:1, (2005), Släntstabilitet i jord, Underlag för handlingsplan för att förutse och förebygga naturolyckor i Sverige vid förändrat klimat, Deluppdrag 1, Hultén, C., Olsson, M., Rankka, K., Svahn, V., Odén K., Engdahl, M., SGI Dnr 1-0502-0100, SGI-VARIA--05/560--SE
- SLU (1998). Biogeofysiken introduktion, SLU, Institutionen för markvetenskap, Avd. meddelande 98:9, 1998.
- SLU (2001). FAKTA Skog, faktablad nr. 13 2001

- SMHI (1994). Översvämningskänsliga områden i Sverige 1990. Svenskt vattenarkiv. SMHI Hydrologi, Rapport nr 51, 1994.
- SMHI (1995). Svenskt dammregister Norra Sverige. SMHI Hydrologi nr 56, 1995.
- SOU (2006). Översvämningshot. Risker och åtgärder för Mälaren, Hjälmaren och Vänern. 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 översvämning, skred, ras och erosion i bebyggd miljö i ett framtida klimat. Klimat- och sårbarhetsutredningen SOU 2007:60, Bilaga B14
- SOU (2007c) Klimatet och dammsäkerhet i Sverige. Klimat- och sårbarhetsutredningen, SOU 2007:60, Bilaga B9.
- Sundqvist, Å., (1991). Isproblem i svenska vattendrag. Water resources engineering, Serie A no 199. Luleå tekniska högskola teknisk rapport 1991:20 T.
- Svensk Energi, Svenska Kraftnät och SveMin (2007) Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar – Nyutgåva 2007.
- Svenska Kraftnät (2009). Sammanställning av rapportering avseende dammsäkerhet år 2008. Dnr 2009-272.
- Svenska Kraftnät (2009). Årsrapportering av dammsäkerhet Hur görs rapporteringen?, Anvisning till dammägare, Version 2009-02-23
- Svenska Kraftnät (2010). Sammanställning av rapportering avseende dammsäkerhet år 2009. Dnr 2010-212.
- SWECLIM (2001). Expertstöd i klimatfrågan, årsrapport.
- Venäläinen, A., Tuomenvirta, H., Heikinheimo, M., Kellomäki, S., Peltola, H., Strandman, H. & Väisänen, H. (2001) Impact of climate change on soil frost under snow cover in a forested landscape. Climate Research, Vol. 17: 63-72.
- Wern, L. och Barring, L. (2009) Sveriges vindklimat 1901-2008 - Analys av förändring i geostrofisk vind. SMHI Meteorologi nr 138. Norrköping.

## LÄNKAR PÅ INTERNET

Fallsvik, J., Hågeryd, A.-C., Lind, B., Alexandersson, H., Edsgård, S., Löfling, L., Nordlander, H., Thunholm, B., (2006), Översiktlig bedömning av jordrörelser vid förändrat klimat. Underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen. Arbetsgrupp från SGI, SGU, Räddningsverket, SMHI, Vägverket Konsult och Vägverket. SGI Varia 571, kan nedladdas från <http://www.swedgeo.se/upload/publikationer/Varia/pdf/SGI-V571.pdf>

<http://www.flygkartan.se>, (2011)

Kemikalieinspektionen, (2006), Kortstatistik Produkter och branscher: Massa- och papperstillverkning, uppdaterad 2006-07-31, tillgänglig: [http://www.kemi.se/templates/Page\\_3749.aspx](http://www.kemi.se/templates/Page_3749.aspx).

MSB:s översiktliga stabilitetskartering (2010), Kartering i finkorniga jordar, <http://www.msb.se/sv/Forebyggande/Naturolyckor/Oversiktlig-stabilitetskartering/Kartering-i-finkorniga-jordar/>

Ny nationell höjdmodell (2011) <http://www.lantmateriet.se>

Om vind i dagens och framtidens klimat (Klimatdata, Vind, Geostrofisk vind) (2011) <http://www.smhi.se>

Om MSBs översvämningsarbete (Förebyggande, Naturolyckor, Översvämning) (2009) <http://www.msb.se>.

Om MSBs arbete med översvämningsdirektivet (Förebyggande, Naturolyckor, Översvämning, Översvämningsdirektivet) (2011) <http://www.msb.se>.

Om beredskap för dammbrott. (2011) <http://www.svk.se/Om-oss/Var-verksamhet/Dammsakerhet/Beredskap-for-dammbrott/http://www.svk.se>

SMHI (2010) Flödesstatistik för Sveriges vattendrag, <http://www.smhi.se>

Wikipedia (2011), [http://sv.wikipedia.org/wiki/Ume\\_%C3%A4lv](http://sv.wikipedia.org/wiki/Ume_%C3%A4lv)

Trafikverkets årsredovisning (2010), [http://publikationswebbutik.vv.se/upload/6264/2011\\_054\\_trafikverkets\\_arsredovisning\\_2010\\_2.pdf](http://publikationswebbutik.vv.se/upload/6264/2011_054_trafikverkets_arsredovisning_2010_2.pdf)

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT  
Avdelningen för Geoplanering och klimatanpassning



Jan Fallsvik  
Uppdragsledare



Charlotte Cederbom  
Granskare



## Västerbottens län Översiktlig klimat- och sårbarhetsanalys

### BILAGA 1 METODBESKRIVNING AV KLIMATANALYS

#### B1-1 Omfattning: studerade klimatindex

Sammanställning och analys för framtida klimatscenarier har gjorts av olika klimatindex enligt nedan, se respektive delavsnitt i rapporten för definition av indexen.

- Avsnitt 4.3: Temperatur (temperatur i dagens klimat, medeltemperatur för år och säsong i framtida klimat, varma dagar, värmeböljor, maxtemperatur, nollgenomgångar över dygnstemperatur, graddagar med värmebehov, graddagar med kylbehov, vegetationsperiodens start samt vegetationsperiodens längd)
- Avsnitt 4.4: Nederbörd (nederbörd i dagens klimat, medelnederbörd för år och säsong i framtida klimat, kraftig nederbörd, maximal 7-dygnsnederbörd, antal torra dygn, torrperioder, samt den mest extrema nederbördens utveckling.
- Avsnitt 4.5: Vind
- Avsnitt 5.1: Flöden (vattenföring i dagens klimat, framtida förändring av vattenföringens säsongsvariation, framtida förändring av medelvattenföring, 100-årsflödets framtida förändring, dagens 100-årsflödets framtida återkomsttid)
- Avsnitt 5.2: Snö (framtida maximalt vatteninnehåll i snön, framtida antal snö dagar)
- Avsnitt 5.3: Tjäle

För sammanställningarna av temperatur, nederbörd, klimatpåverkade flöden och snö (avsnitt 4.3, 4.4.1- 4.4.7, 5.1 och 5.2 i rapporten) har 16 respektive 12 framtida klimatscenarier använts i analysen, se avsnitt B1-7. Resultaten redovisas i diagram och/eller kartor för Västerbottens län, indelat i distrikt fjäll, inland och kust, se avsnitt B1-2 (i avsnitt 4.4.7 i rapporten, som behandlar extrem nederbörd, skiljer sig indelningen något). Avsnitten 4.5, Vind, och 5.3, Tjäle, i rapporten är av mer översiktlig karaktär och bygger på samlad kunskap hos bland andra SMHI.

Ett resonemang kring översvämningar som bygger på förväntad framtida flödessituation förs under avsnitt 5.4 i rapporten. Tidigare undersökningar avseende översvämningar i länet tas där upp. Inga nya nivåberäkningar eller översvämningutbredningar har tagits fram inom detta uppdrag.

Dammar och kopplingen till klimatförändringar diskuteras översiktligt avsnitt 8.8 i rapporten.

## B1-2 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 och de fyra högsta scenarierna innefattas i datamängden när 16 olika scenarier används. Därmed fås en uppfattning av klimatsceniernas spridning. 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

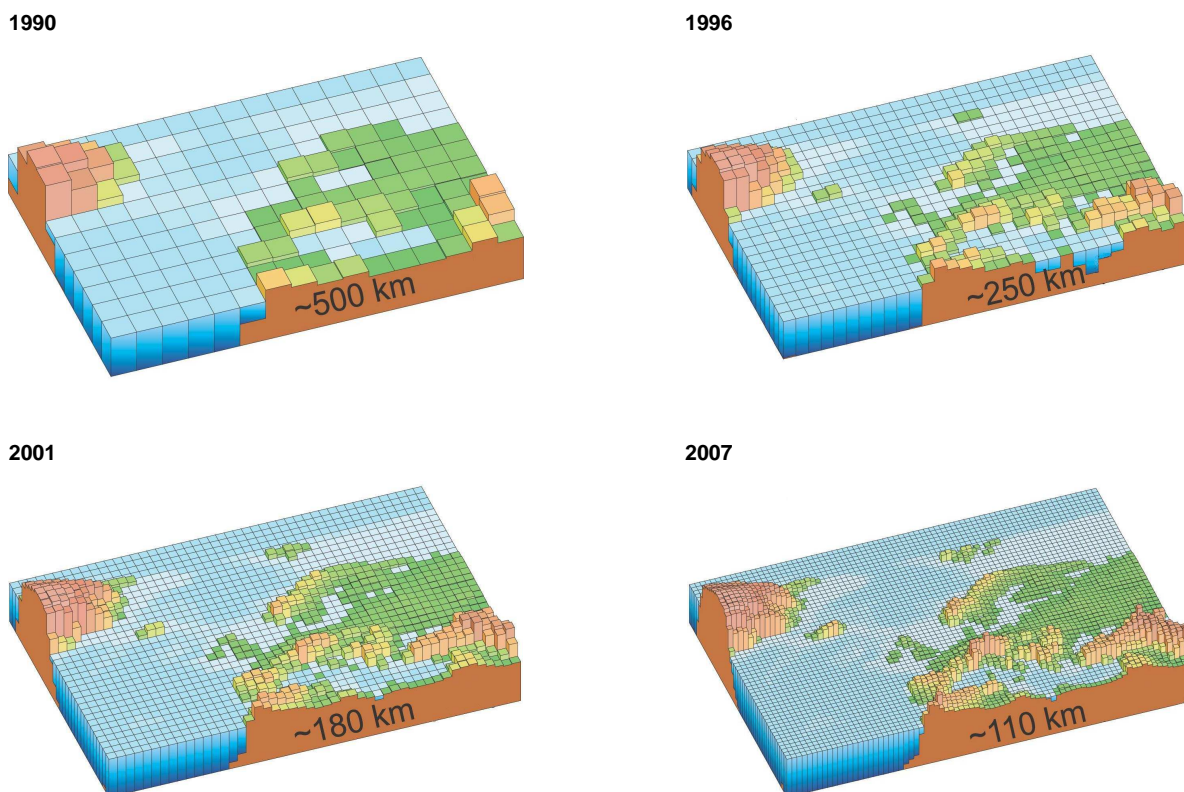
Spridningen i resultat kan vara betydande för somliga klimatvariabler delvis beroende på att olika modeller beskriver klimatologiska processer på olika sätt, exempelvis återkopplingen mellan atmosfärisk koncentration av växthusgaser och temperatur.

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 uppnåtts 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.

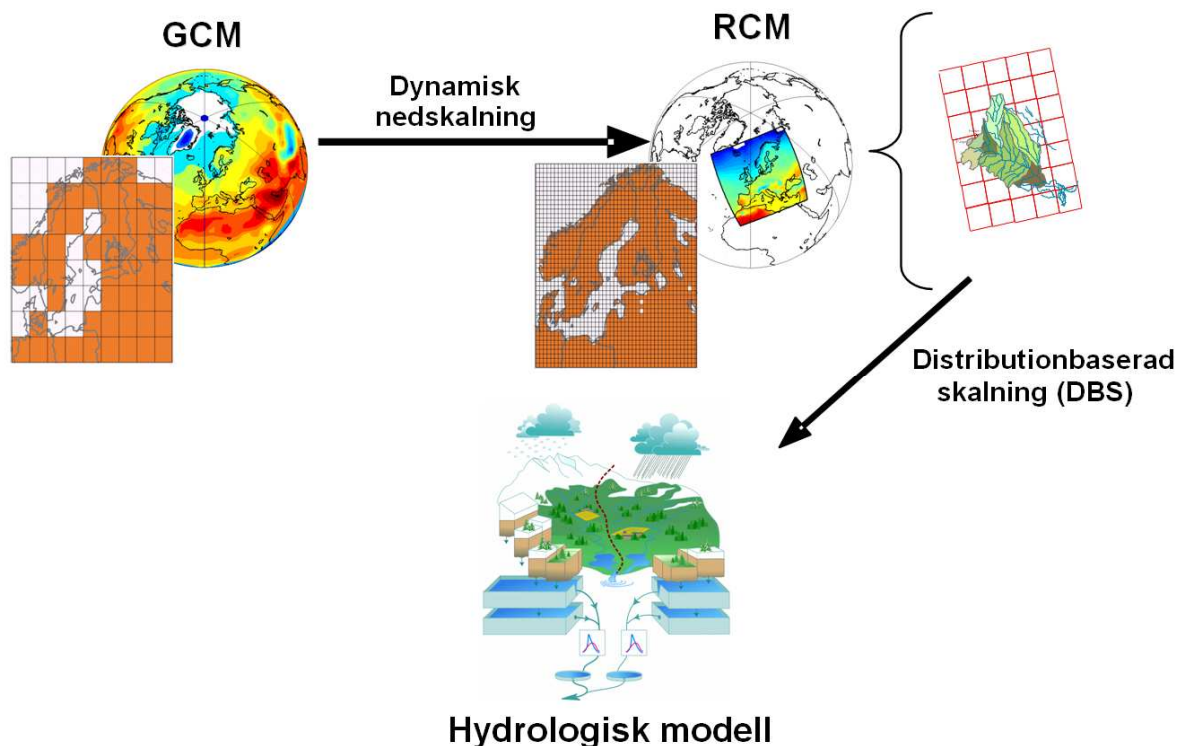
### B1-3 Modeller för klimatberäkningar

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 B1-1 visar hur upplösningen i de globala klimatmodeller som använts av IPCC utvecklats under de senaste 20 åren.



*Figur B1-1 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 upplösning.*

För detaljerade regionala analyser krävs en bra 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 randen 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 B1-2 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, magasinering etc.



Figur B1-2 Illustration av dataflödet mellan global- och regional modell samt nedskalning 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, m.fl., 1997). Modellen byggs upp av rutiner för markfuktighet, snöackumulation och snösmältning, grundvatten och routing (beskrivning av vattnets väg). Indata till modellen har i denna studie hämtats från regionala klimatmodeller efter DBS-skalering, som beskrivs i avsnitt B1-4. Analyser med HBV-modellen är gjorda för *oreglerade* förhållanden.

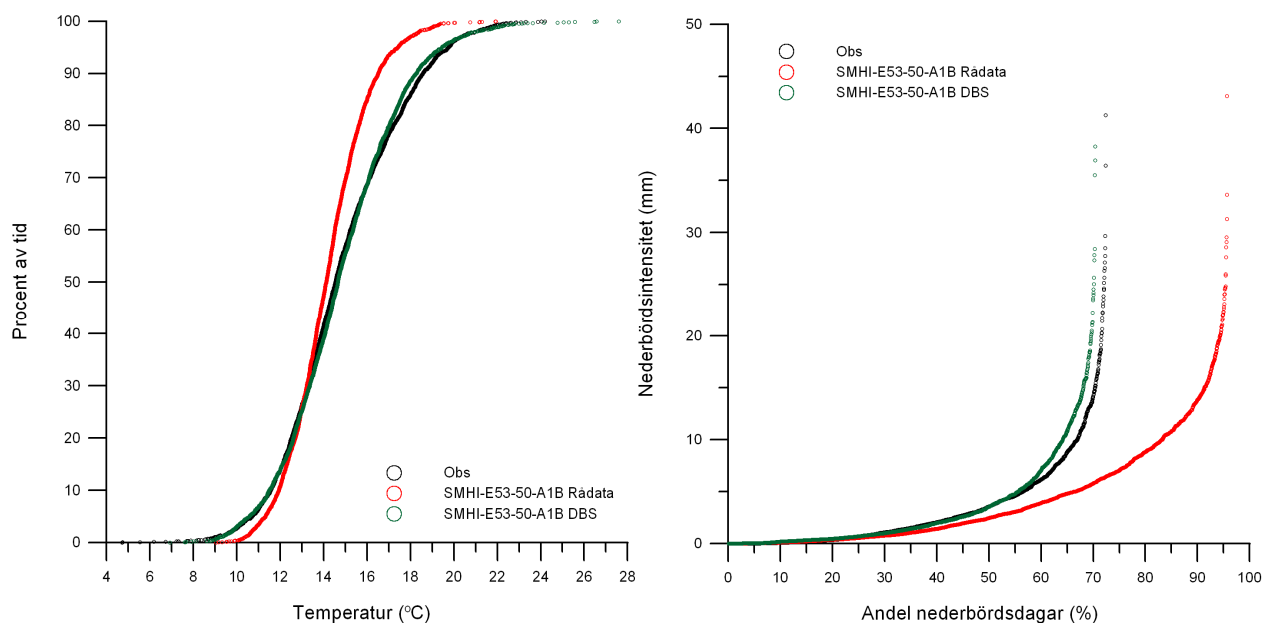
#### B1-4 Skalering av klimatdata för effektstudier

För att använda klimatmodellernas utdata till att studera exempelvis 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 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 blir statistiskt jämförbar med observationer och 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 B1-3 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 visas att data efter 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 B1-3. 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.

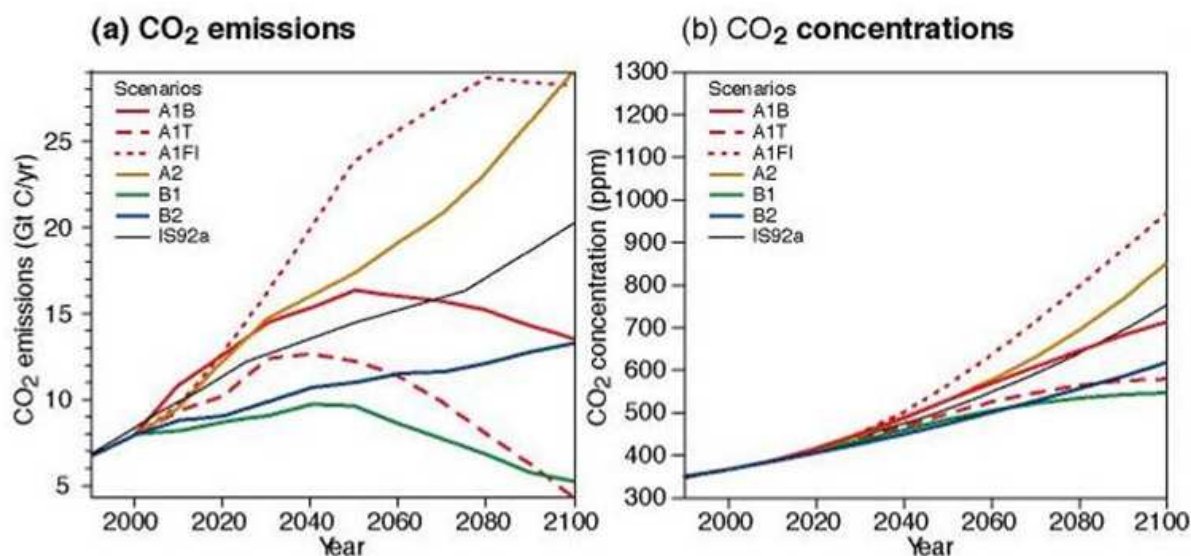
Anpassning av klimatmodellsdata med hjälp av DBS-metoden används i denna studie för nederbörd och temperatur, vilket också är drivvariablerna för den hydrologiska modellen.

## B1-5 Utsläppsscenarier

För att kunna göra beräkningar av framtida klimat behövs antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser. Vanligtvis används utsläppsscenarier som utarbetats av FN:s klimatpanel, IPCC. Några exempel visas i Figur B1-4. Dessa bygger på antaganden av världens utveckling fram till år 2100 (Nakićenović m.fl., 2000). I utsläppsscenarierna görs olika antaganden om jordens befolkning, ekonomisk tillväxt, teknologisk utveck-

ling 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.

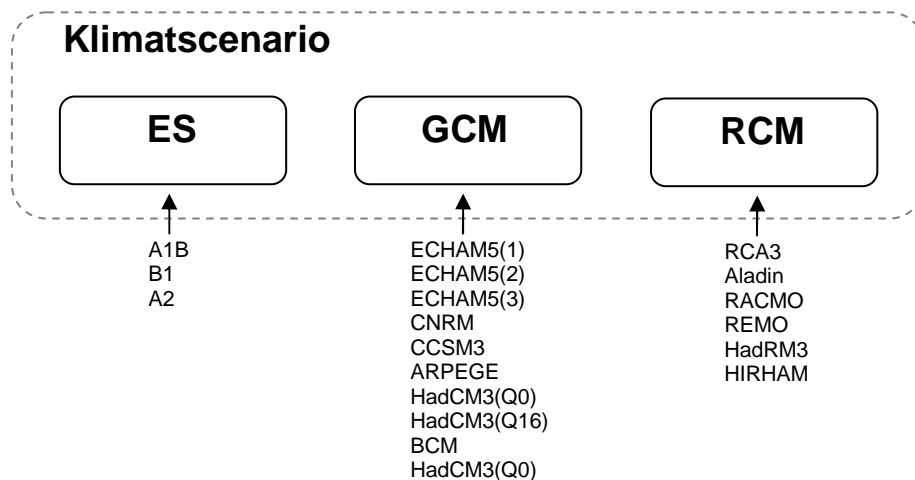
Genom att göra simuleringar i klimatmodellerna med växthusgaskoncentrationer som motsvarar dagens förhållanden respektive för framtida förhållanden får man en bild av den framtida förändringen av klimatet.



Figur B1-4 Antagande om framtida utsläpp av CO<sub>2</sub> (a) och resulterande CO<sub>2</sub>-koncentrationer (b) enligt olika scenarier (modifierad från IPCC, 2001).

## B1-6 Klimatscenarier

Ett klimatscenario är en successiv realisering av ett utsläppscenario i en global och regional klimat modell enligt dataflödet som beskrivs i Figur B1-2. Samma utsläppscenario kan således rendera olika klimatscenarier beroende på vilka globala och regionala modeller som används. De tre komponenterna illustreras i Figur B1-5 där också de möjliga alternativen för utsläppscenario (ES), global klimatsmodell (GCM) och regional klimatsmodell (RCM) som används i denna studie framgår (se vidare avsnitt B1-8).



Figur B1-5. Ett klimatscenario består av en kombination av utsläppscenariot (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. För Östersjön finns dock inga senare resultat än de som fanns tillgängliga vid tidpunkten för Klimat- och sårbarhetsutredningen. Det europeiska ENSEMBLES-projektet (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 B1-5 visas ett antal utsläppsscenarier, 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 på grund av systemets tröghet. Ur figuren ses även att skillnaden mellan effekten av olika utsläppsscenarier är liten fram till mitten av seklet och ökar därefter.

## **B1-7 Nyttjade klimatscenarier**

De sammanställningar som gjorts av temperatur, nederbörd, klimatpåverkade flöden och snö (avsnitt 4.3, 4.4.1- 4.4.7, 5.1 och 5.2 i rapporten) bygger på DBS-skalerade data från klimatscenierna i Tabell B1-1. I övriga avsnitt (tjäle, vind) används olika klimatscenarier som beskrivs inom respektive avsnitt i resultatkapitlet.

Tabell B-1 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 2100. 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, som är ett mått på den temperaturökning som kan förväntas om mängden koldioxid i atmosfären fördubblas. 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.

De klimatscenarier som använts är de som funnits tillgängliga vid genomförandet, d.v.s. inget aktivt urval av scenarier har gjorts. Allt eftersom fler klimatscenarier blir tillgängliga kan fler fall med höga respektive låga utsläppsscenarioer inkluderas i klimatensemblsimuleringar. 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 dock en stor förbättring mot vad som fanns tillgängligt för några år sedan, även om urvalet inte är systematiskt.



Tabell B1-1. 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

**REFERENSER TILL BILAGA 1**

IPCC (2007) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

Linden, van der, 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.

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., and R. Swart (eds.) (2000) *Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 599 pp.

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.

**Västerbottens län**  
**Översiktlig klimat- och sårbarhetsanalys**
**BILAGA 2 FÖRTECKNING ÖVER POTENTIELLA RISKOMRÅDEN VID FÖRORENADE OMRÅDEN, MILJÖFARLIG VERKSAMHET OCH RISKOBJEKT**

Nedan presenteras en sammanställning av de miljöfarliga verksamheter som behandlas i Kapitel 10. Verksamheterna har identifierats med hänsyn till deras geografiska position. Följande urval har gjorts:

- Erosion: Objekt inom 50 m från strandlinjen inom erosionsriskområden, såväl längs kusten som längs vattendrag i inlandet
- Ras/skred: Objekt inom de markerade skredriskområdena
- Översvämning: Objekt inom de markerade områdena för högsta flöde
- Moränskred/slamströmmar: Objekt inom 500 meter från markerade punkter

Kolumnerna till höger visar vilken/vilka naturolycksrisker som hotar objekten, där 'ja' betyder att risk föreligger.

**Miljöfarlig verksamhet**

Miljöfarlig verksamhet A och B som ligger inom område med förutsättningar för naturolyckor. Inga objekt ligger inom områden som hotas av slamströmmar/moränskred samt ras/skred.

**Miljöfarlig verksamhet A**

Anläggning	Kommun	Översvämning	Erosion
Kedträskgruvan (vilande)	Norsjö	Ja	-
Långdalgruvan (ebh)	Skellefteå	-	Ja
Hemavans flygplats	Storuman	Ja	-

**Miljöfarlig verksamhet B**

Anläggning	Kommun	Översvämning	Erosion
Brattby sågverks ab	Umeå	Ja	-
Umgransele fiskodling	Lycksele	Ja	-
Luspholmens fiskodling	Storuman	Ja	-
Vilhelmina sättfisk kb	Vilhelmina	Ja	-
Lycksele avloppsreningsverk	Lycksele	Ja	Ja
Hemavans avloppsreningsverk/ anläggning	Storuman	Ja	-
Vilhelmina avloppsreningsverk	Vilhelmina	Ja	-
Vännäsby avloppsreningsverk	Vännäs	Ja	Ja
Åsele avloppsreningsverk	Åsele	Ja	Ja
Kuusakoski, Umeå	Umeå	Ja	-



**SMHI**

2011-05-19

2-1005-0372  
14407

**Riskobjekt**

Inga riskobjekt ligger inom område med förutsättningar för naturolyckor.

**Västerbottens län**  
**Översiktlig klimat- och sårbarhetsanalys****BILAGA 3 DIGITAL LEVERANS (CD-SKIVA) AV GIS-SKIKT****Data i shape-format i SWEREF 99 TM och RT90 2,5 gon V.**

<b>Beskrivning</b>	<b>Format</b>	<b>Typ</b>
Redovisningskartor	pdf	Kartdokument
Projektfil innehållandes samtliga lager	mxd	ArcMap projektfil
Flygplatser	Shape	Punkt
Hamnar	Shape	Punkt
Dammar från länsstyrelsen och SMHI	Shape	Punkt
Föreerade områden (MIFO)	Shape	Punkt
Seveso-anläggning	Shape	Punkt
Farlig verksamhet	Shape	Punkt
Miljöfarlig verksamhet	Shape	Punkt
Risk för slamströmmar/jordrörelser	Shape	Punkt
Förutsättningar för erosion	Shape	Linje
Översvämningsområden vid beräknat högsta flöde	Shape	Polygon
Översvämningsområde vid beräknad 100-årsflöde	Shape	Polygon
Utredningsområde – ras och skred	Shape	Polygon

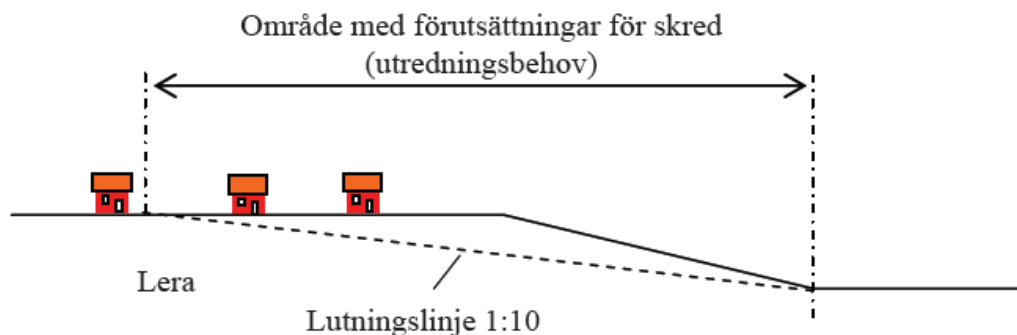
## Västerbottens län Översiktlig klimat- och sårbarhetsanalys

### BILAGA 4 MSB:S METOD FÖR INDELNING AV STABILITETSZONER FÖR SLÄNTER I LERA SILT OCH SAND

I MSB:s karteringsmodell för slänter i lera silt och sand delas inventeringsområdena in i zoner med olika stabilitetsförutsättningar baserade på jordart och topografiska förhållanden, MSB:s översiktliga stabilitetskartering (2010). Zonindelningen görs i tre zoner, Stabilitetszon I, II och III. I denna utredning markeras endast områden, som tillhör Stabilitetszon I, där det finns förutsättningar för initiala naturliga eller av mänsklig verksamhet orsakade skred och ras. Kartan över stabilitetsförutsättningarna visar emellertid inte risken för skred och ras eftersom zonindelningen inte utgör något mått på säkerheten utan endast att grundförutsättningarna finns för skred och ras (med hänsyn till jordart och marklutning).

A. Kriterier för Stabilitetszon I är följande inom områden med lera samt silt/sand på lera:

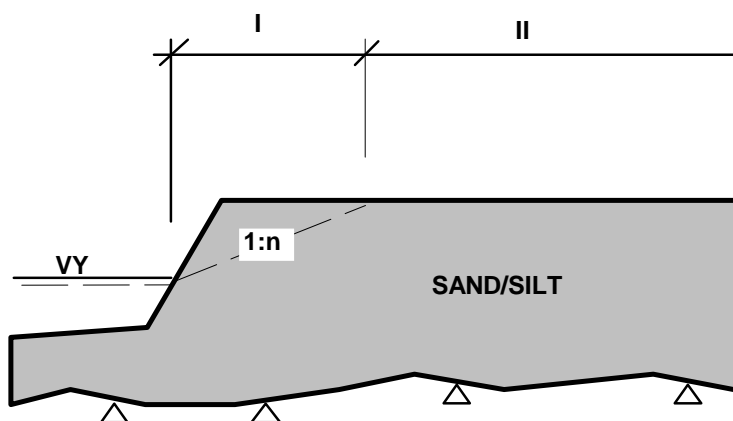
- Mark inom avståndet  $10 \times$  Slänthöjden räknat från släntfot/strandlinje, Figur 7-4.
- Mark inom 50 m från strandlinje för sjöar och för större vattendrag (älvar/åar), markerade med dubbla streck på fastighetskartan
- Mark inom 25 m från strandlinjen för vattendrag (bäckar/diken), markerade med dubbla streck på fastighetskartan.



Figur B4-1 Stabilitetszon I – Mark inom områden med lera samt silt/sand på lera inom avståndet  $10 \times$  Slänthöjden räknat från släntfot/strandlinje

B. Kriterier för Stabilitetszon I är följande inom områden med silt och/eller sand där lager av lera saknas.

- För sand/siltslänter gäller lutningen 1:n, Figur 7-5, där värdet på n beror på grundvattensituationen:
  - o Där inget grundvatten strömmar ut slänten gäller  $n = 2,5$ .
  - o Där grundvatten strömmar ut i slänten gäller  $n = 5$



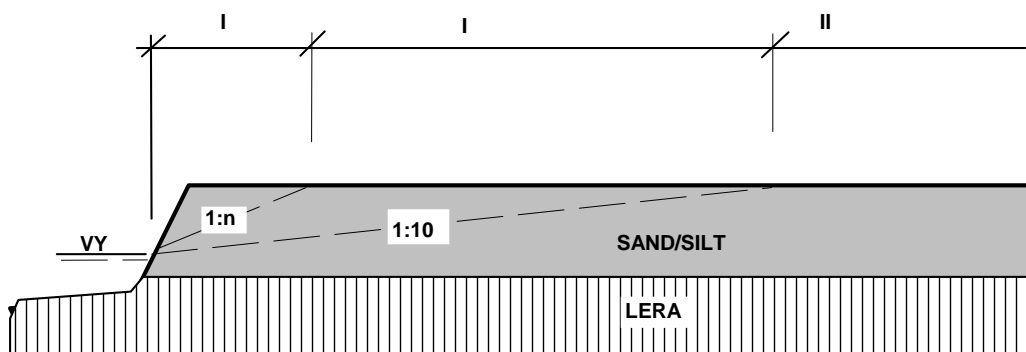
Figur B4-2 Stabilitetszon I – Mark inom områden med sand/silt

C. Kriterier för indelning och redovisning av stabilitetsförutsättningarna i områden där lerlager kan förekomma under mäktiga sand- och siltlager:

I dessa fall kan det i Etapp 1a vara svårt att avgöra om lera förekommer under sand/siltlagren. Om det exempelvis finns geologiska förutsättningar för leraförekomst markeras detta med ledning av principen i Figur 7-6, d v s båda linjerna 1:10 och 1:n.

För sand/siltslänter gäller lutningen 1:n, där värdet på n beror på grundvattensituationen:

- Där inget grundvatten strömmar ut slänten gäller  $n = 2,5$ .
- Där grundvatten strömmar ut i slänten gäller  $n = 5$



Figur B4-3 Stabilitetszon I – Områden där lerlager kan förekomma under mäktiga sand- och siltlager

## REFERENSER TILL BILAGA 4

MSB:s översiktliga stabilitetskartering (2010), Kartering i finkorniga jordar, <http://www.msb.se/sv/Forebyggande/Naturolyckor/Oversiktlig-stabilitetskartering/Kartering-i-finkorniga-jordar/>

## Västerbottens län

### Översiktlig klimat- och sårbarhetsanalys

#### BILAGA 5 HAMNAR I VÄSTERBOTTENS LÄN

I avsnitten 8.5 "Miljöfarlig verksamhet" identifierades ett antal hamnar som är belägna inom områden med erosionsrisk. I länet finns fem hamnar med frakttrafik enligt Länsstyrelsens sammanställning i Tabell B5-1. Hamnarna är fördelade på de olika kommunerna enligt Nordmaling 1 st, Umeå 2 st, och Skellefteå 2 st. Karta 1, 3 och 6 visar geografiska läget för dessa hamnar.

Beroende på respektive hamns utformning samt förändrade strömningsförhållanden på grund av såväl klimatförändringen som landhöjningen och mänsklig påverkan så kan ökad sedimenttransport innebära ett ökat behov för underhållsmuddring.

*Tabell B5-1. Hamnar i Västerbottens län (situation 2011-04-07) enligt länsstyrelsens sammanställning*

Kommun	Hamn	Verksamhetsutövare/adress	Organisationsnummer
Nordmaling	Rundviks hamn	SCA Timber AB Box 3 914 29 Rundvik	556047-8512
Umeå	SCA Packaging, Obbola	SCA Packaging Obbola AB 913 81 Obbola	556147-1003
Umeå	Umeå Hamn	Umeå Hamn AB Box 83 913 22 Holmsund	556366-0355
Skellefteå	Rönnskärsverken	Boliden Mineral AB 932 81 Skelleftehamn	556231-6850
Skellefteå	Skellefteå Hamn	Skellefteå kommun Skeppargatan 16 931 85 Skellefteå	212000-2643



## Västerbottens län

### Översiktlig klimat- och sårbarhetsanalys

## BILAGA 6 KONSEKVENNS- OCH FLÖDESDIMENSIONERINGSKLASSADE DAMMAR

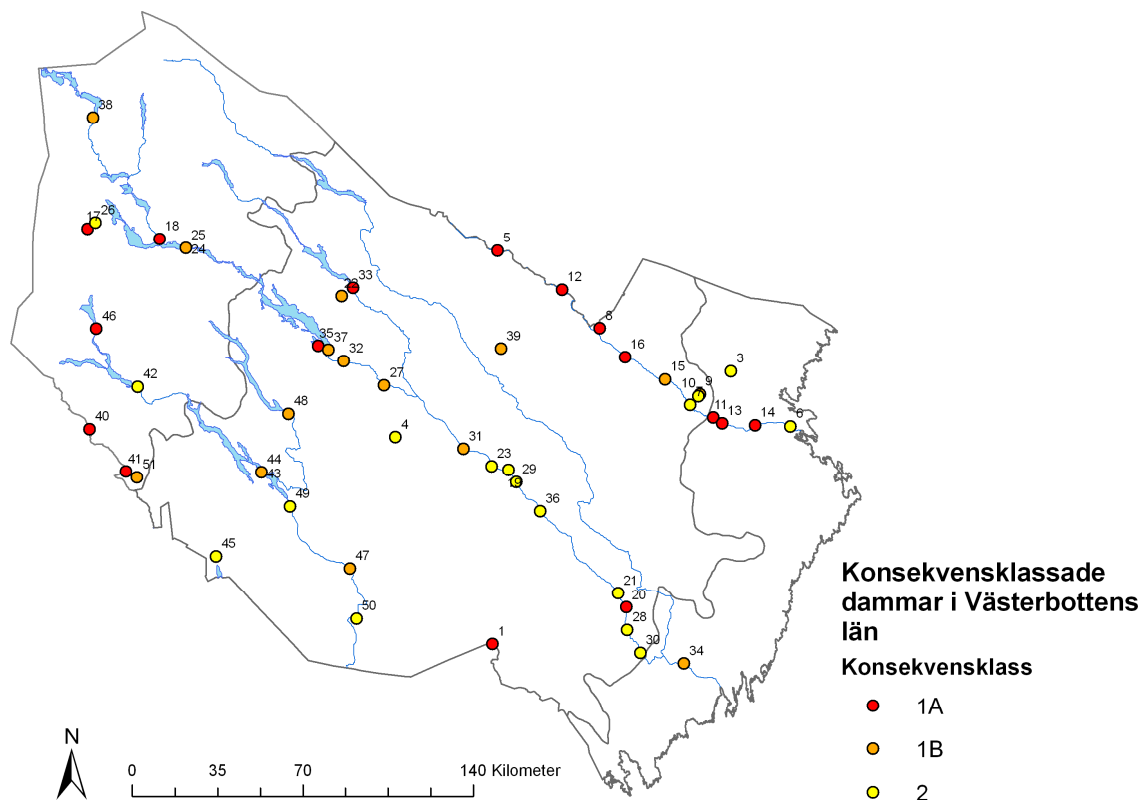
Tabell B6-1 visar Konsekvens- och flödesdimensioneringsklassade dammar i Västerbottens län, och Figur B6-1 visar läget för dessa dammar. Dammarna är även redovisade på Karta 1-8.

Tabell B6-1. Konsekvens- och flödesdimensioneringsklassade dammar i Västerbottens län med ägare och älvindelning. Källa: Svenska Kraftnät (2011).

Län	Ägare, moder-bolag	Älv	Anläggning	Flödesdim. klass	Konsekvensklass	Nr
AC/Y	Statkraft	Gideälven	Stennäs Krv	I	1A	1
AC	Boliden Mineral	Kultsjön/ Ångermanälven	Stekenjokk (Sandmagasin)	saknar klass	2	2
AC	Björkdalsgruvan AB	Kåge Älv	Björkdal	saknar klass	2	3
AC	Dragon mining Sweden AB	Paubäcken till Umeälven	Svartlidengruvan	saknar klass	2	4
AC/BD	Vattenfall	Skellefteälven	Bastusel	I	1A	5
AC	Skellefteälvens VRF	Skellefteälven	Bergsbyns regleringsdamm	II	2	6
AC	Skellefteå Kraft	Skellefteälven	Båtfors	II	2	7
AC/BD	Vattenfall	Skellefteälven	Gallejaur	I	1A	8
AC	Boliden Mineral	Skellefteälven	Gillervattnet (Sandmagasin)	saknar klass	1B	9
AC	Boliden Mineral	Skellefteälven	Gillervattsbäcken	saknar klass	2	10
AC	Skellefteå Kraft	Skellefteälven	Granfors	I	1A	11
AC/BD	Skellefteå Kraft	Skellefteälven	Grytfors	I	1A	12
AC	Skellefteå Kraft	Skellefteälven	Krångfors	I	1A	13
AC	Statkraft	Skellefteälven	Kvistforsens Krv	I	1A	14
AC	Skellefteå Kraft	Skellefteälven	Rengård	I	1B	15
AC	Vattenfall	Skellefteälven	Vargfors	I	1A	16
AC	VRF	Umeälven	Abelvattnet	I	1A	17
AC	Vattenfall	Umeälven	Ajaure	I	1A	18
AC	Eon	Umeälven	Betsele Krv	II	2	19
AC	Statkraft	Umeälven	Bjurfors Nedre Krv	I	1A	20
AC	Statkraft	Umeälven	Bjurfors Övre Krv	II	2	21
AC	Lapland Goldminers Sorsele AB	Umeälven	Blaiksjön	saknar klass	1B	22
AC	Eon	Umeälven	Bålforsens Krv	II	2	23
AC	VRF	Umeälven	Gardiken	I	1A	24
AC	Vattenfall	Umeälven	Gardikfors	I	1B	25
AC	Vattenfall	Umeälven	Gejman	II	2	26
AC	Vattenfall	Umeälven	Grundfors	I	1B	27
AC	Statkraft	Umeälven	Harrsele Krv	II	2	28
AC	Eon	Umeälven	Hällforsens Krv	II	2	29
AC	Eon	Umeälven	Pengfors Krv	II	2	30
AC	Vattenfall	Umeälven	Rusfors	II	1B	31
AC	Vattenfall	Umeälven	Stensele	I	1B	32
AC	VRF	Umeälven	Storjuktan	I	1A	33

Län	Ägare, moder-bolag	Älv	Anläggning	Flödesdim. klass	Konsekvensklass	Nr
AC	Vattenfall	Umeälven	Stornorrfors	I	1B	34
AC	VRF	Umeälven	Storuman	I	1A	35
AC	Vattenfall	Umeälven	Tuggen	II	2	36
AC	Vattenfall	Umeälven	Umluspen	I	1B	37
AC	VRF	Umeälven	Överuman	I	1B	38
AC	Boliden Mineral	Vindelälven	Kristineberg (Sandmagasin)	saknar klass	1B	39
AC/Z	VRF	Ångermanälven	Borgadammen	I	1A	40
AC/Z	Statkraft	Ångermanälven	Dabbsjö Krv	I	1A	41
AC	VRF	Ångermanälven	Kultsjön	II	2	42
AC	VRF	Ångermanälven	Malgomaj	I	1B	43
AC	Statkraft	Ångermanälven	Malgomajs Krv	saknar klass	1B	44
AC	VRF	Ångermanälven	Ormsjön	II	2	45
AC	VRF	Ångermanälven	Ransaren	I	1A	46
AC	Vattenfall	Ångermanälven	Stenkullafors	I	1B	47
AC	VRF	Ångermanälven	Vojmsjön	I	1B	48
AC	Statkraft	Ångermanälven	Volgsjöfors Krv	II	2	49
AC	Vattenfall	Ångermanälven	Åsele	II	2	50
AC	Statkraft	Ångermanälven (Fjällsjöälven)	Stora Raijan (Kors-selbränna Krv)	I	1B	51

AC = Västerbottens län, BD = Norrbottens län, Z = Jämtlands län, Y = Västernorrlands län



Figur B6-1. Konsekvensklassade dammar i Västerbottens län. Källa: Svenska Kraftnät, 2011.

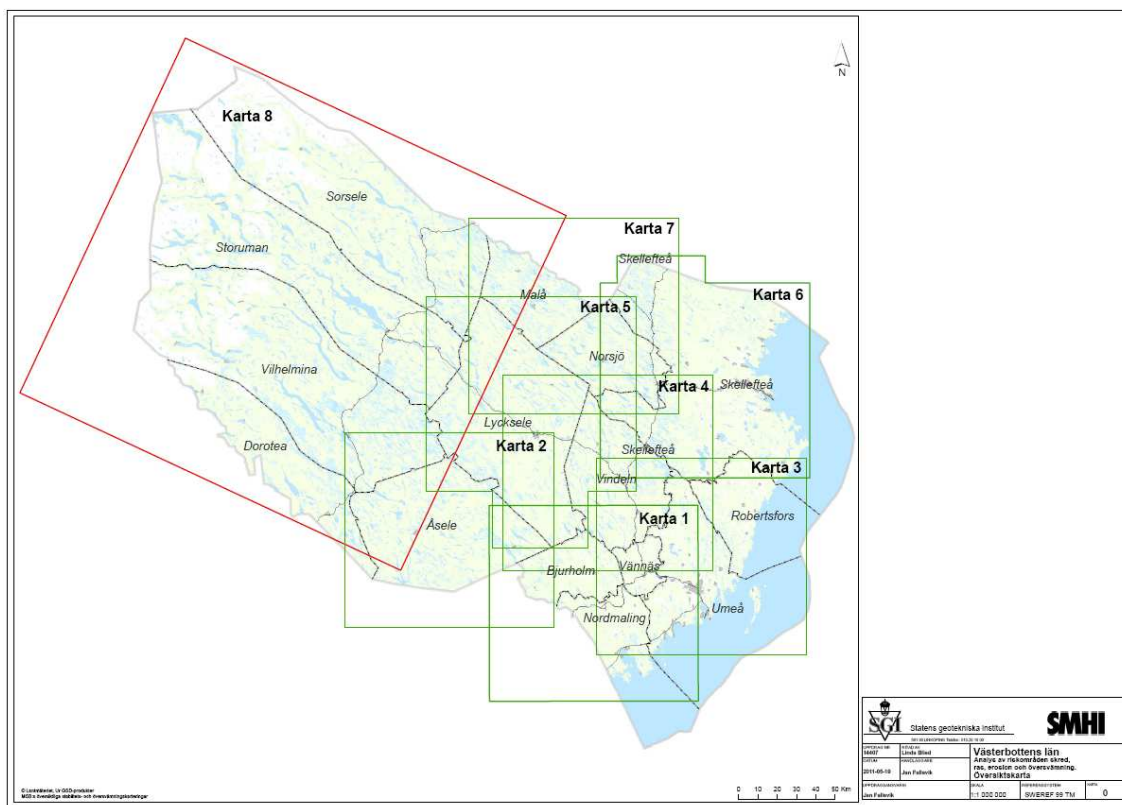
## KARTREDOVISNING, KARTA 0-8

Resultaten av utredningen redovisas som beskrivande text och tillhörande kartor, Karta 0 (bladindelning) samt Karta 1-8. De sistnämnda kartorna är utförda i skalorna 1:250 000 respektive 1:500 000 och avsedda för utskrift i format A1. Kartorna i avsedd skala liksom hela rapporten finns tillgängliga som pdf-filer på länsstyrelsens hemsida.

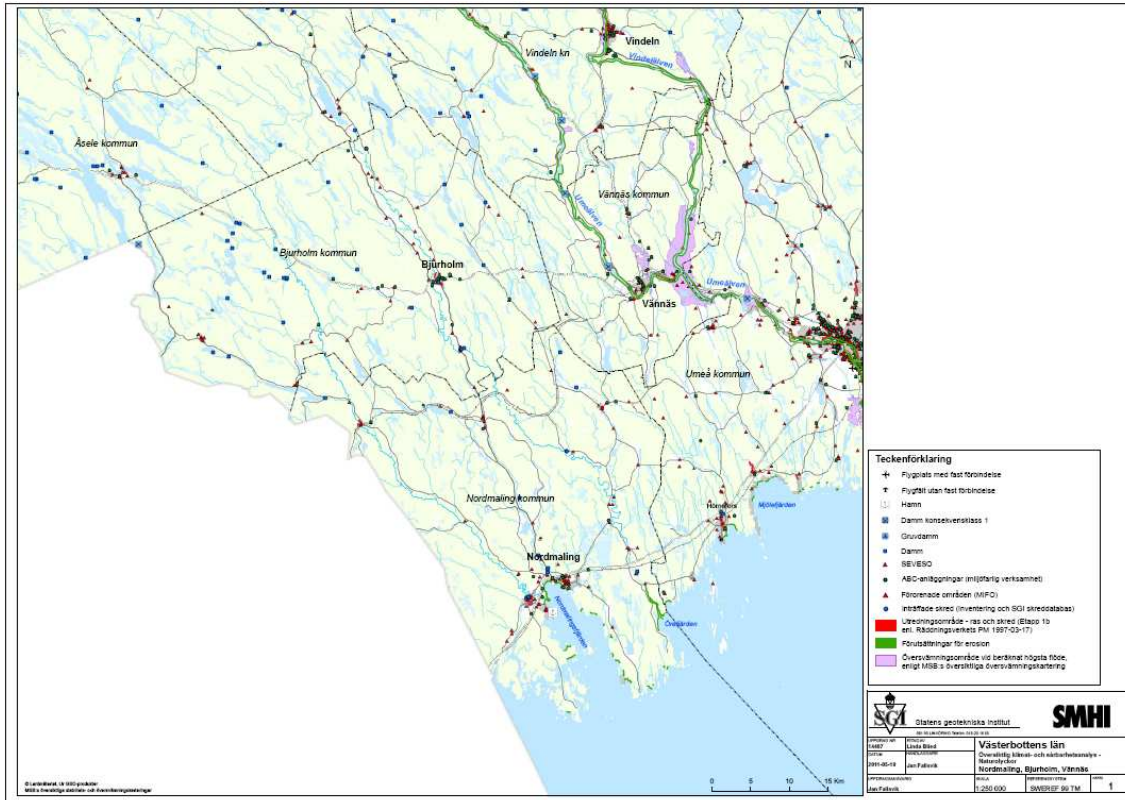
Redovisade områden och förhållanden på kartorna är anpassade till utredningens översiktliga nivå. Kartorna bör därför inte förstöras till annan detaljeringsgrad.

Kartmaterialet är producerat i GIS-skikt för olika analysdelar och en förteckning över dessa finns i Bilaga 3. Som underlagskarta i analysen och för redovisning har använts Lantmäteriets översiktskarta, vilken tillhandahållits av länsstyrelsen.

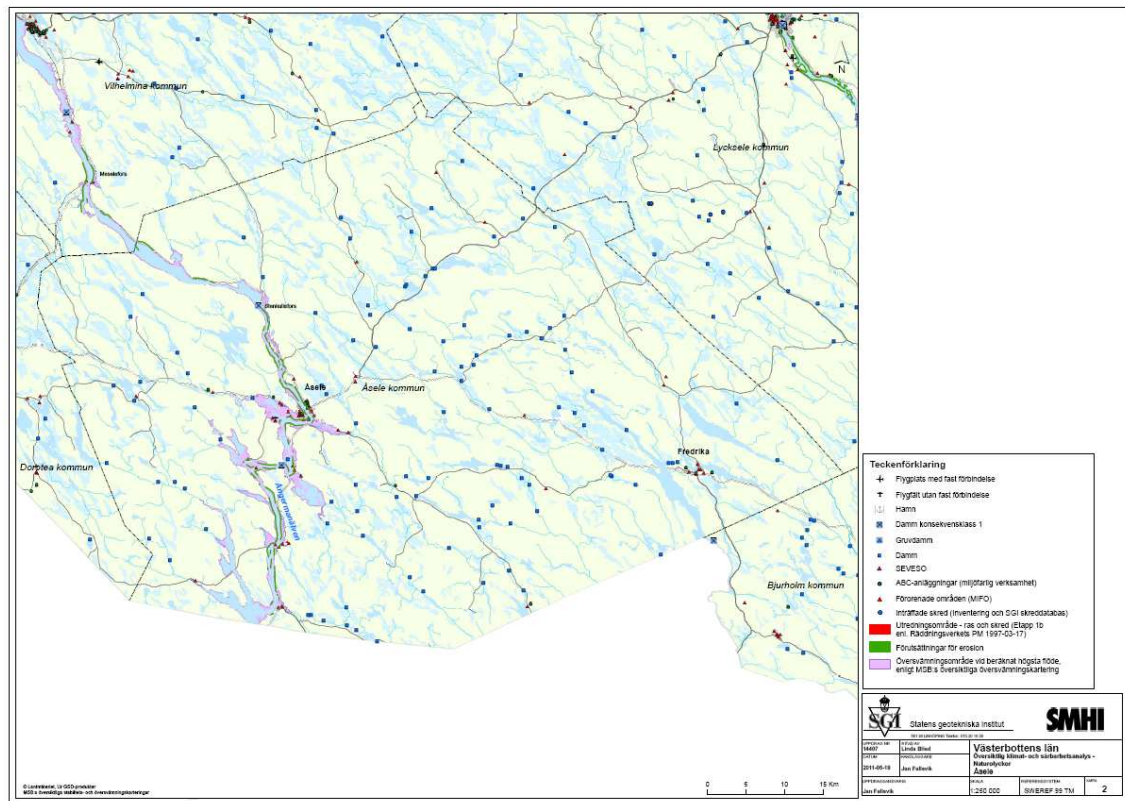
På följande sidor finns Karta 0-8 i förminskad version.



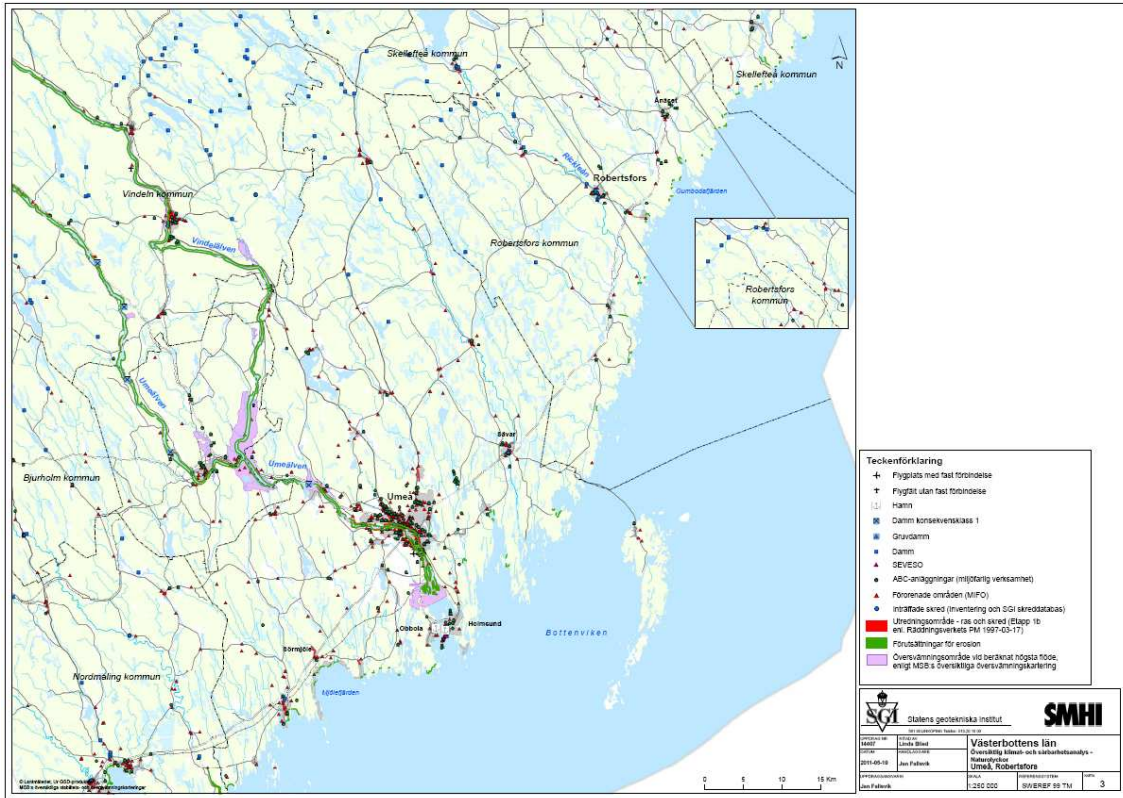
Karta 0



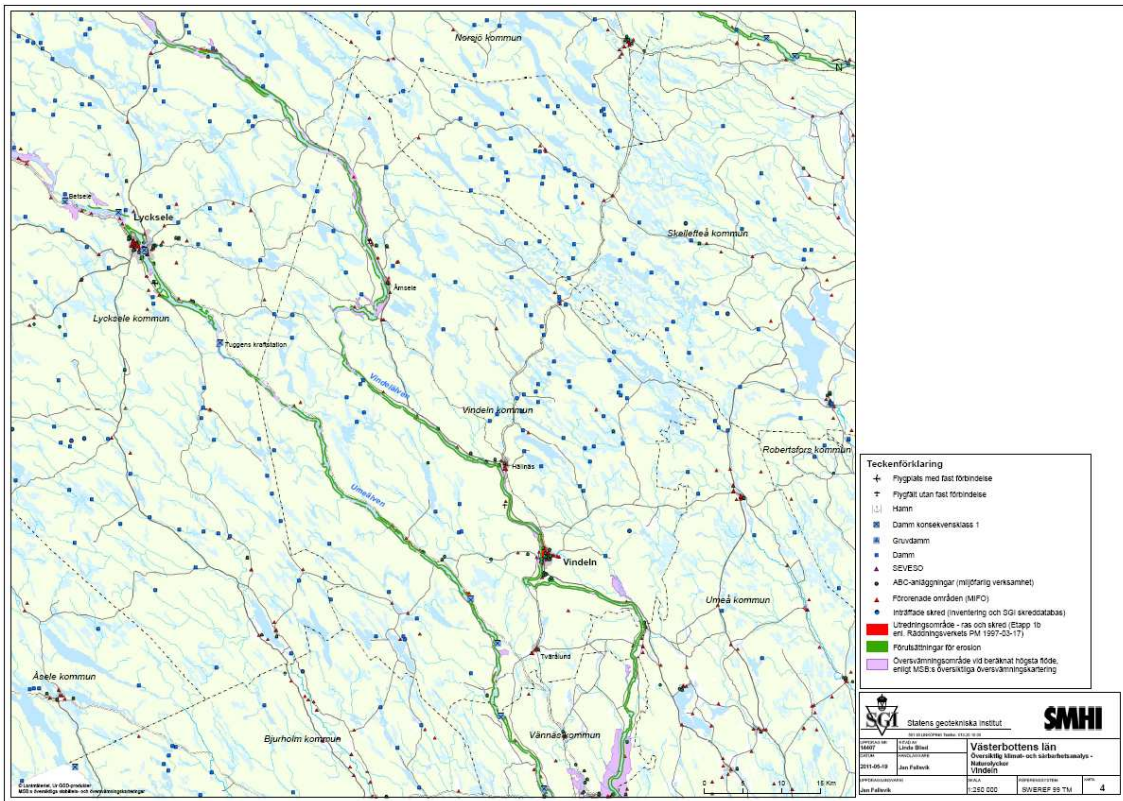
Karta 1



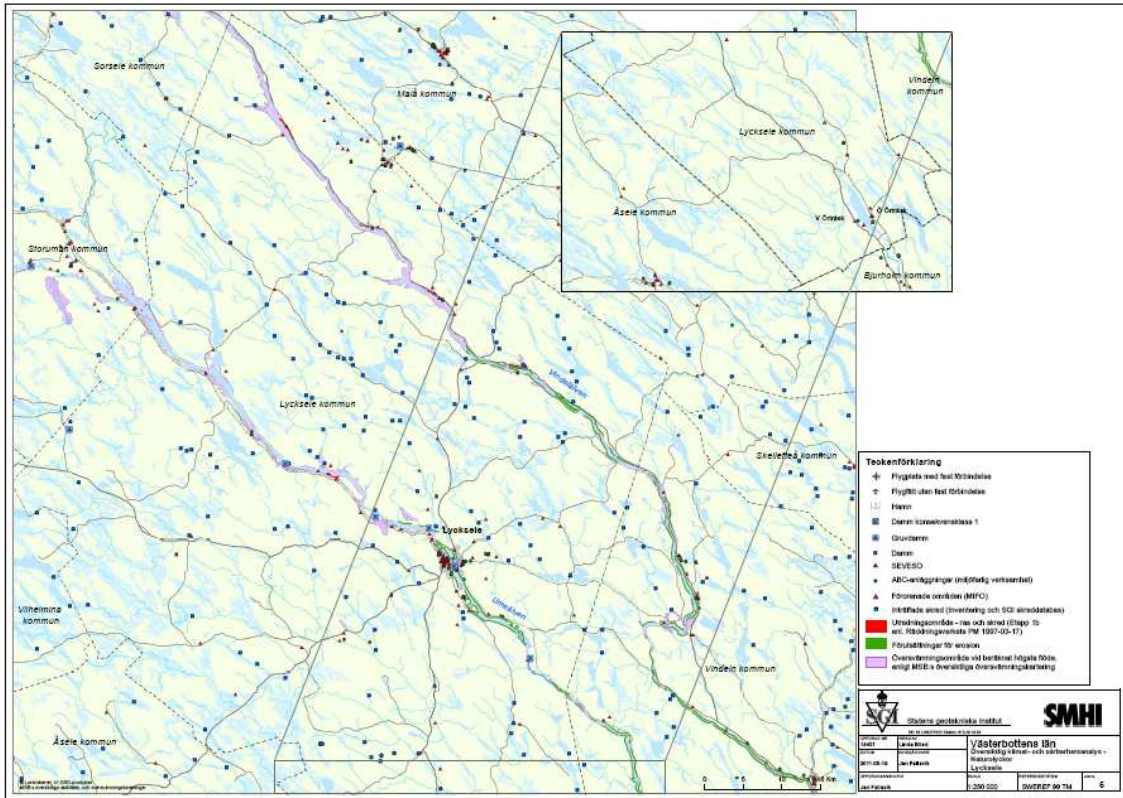
Karta 2



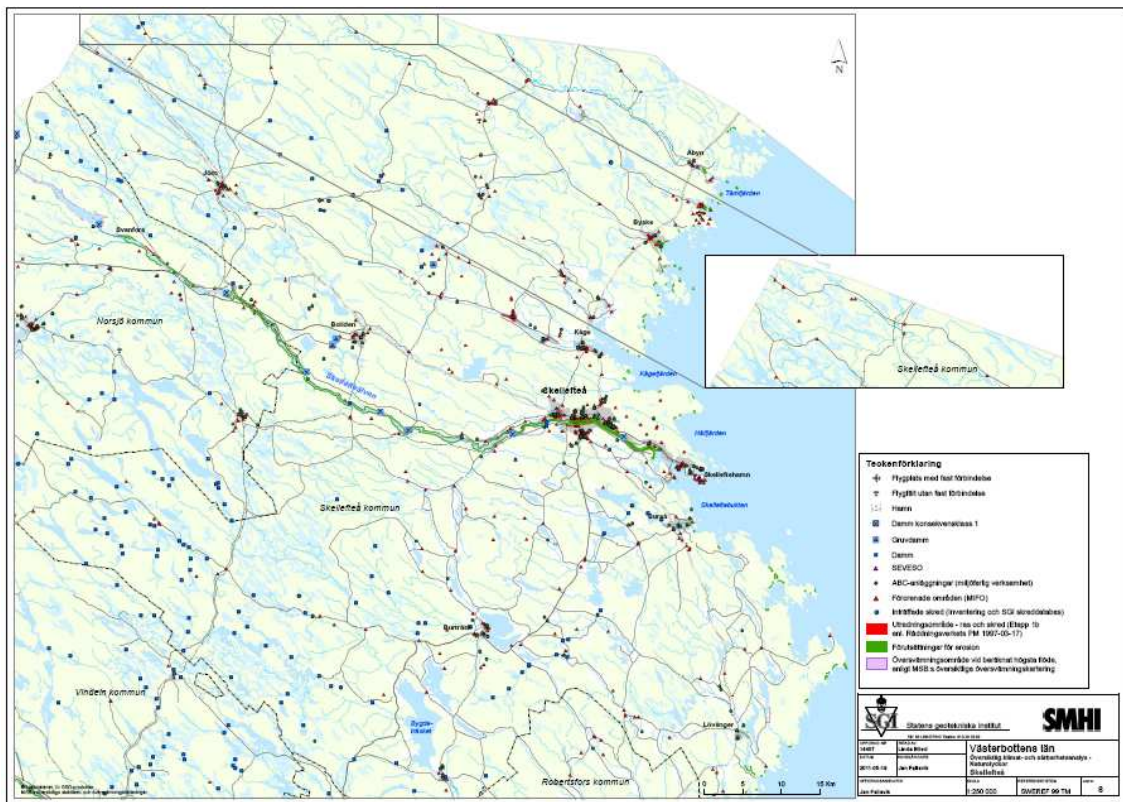
Karta 3



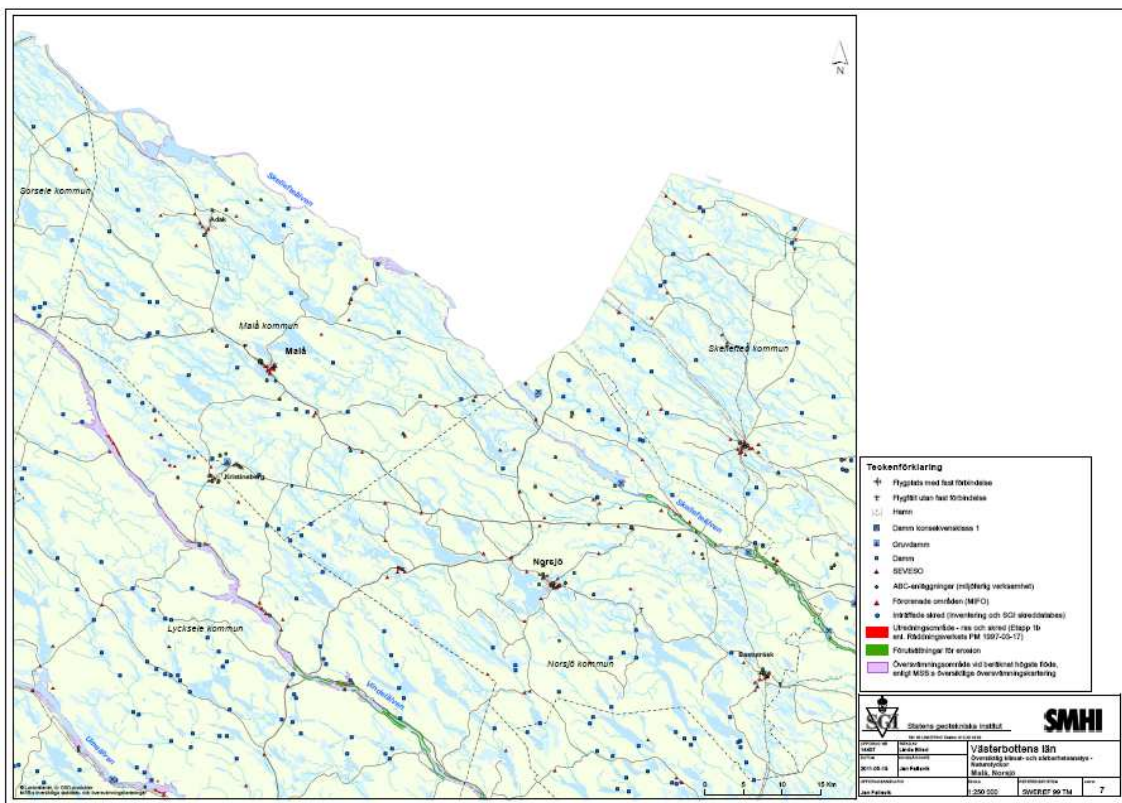
Karta 4



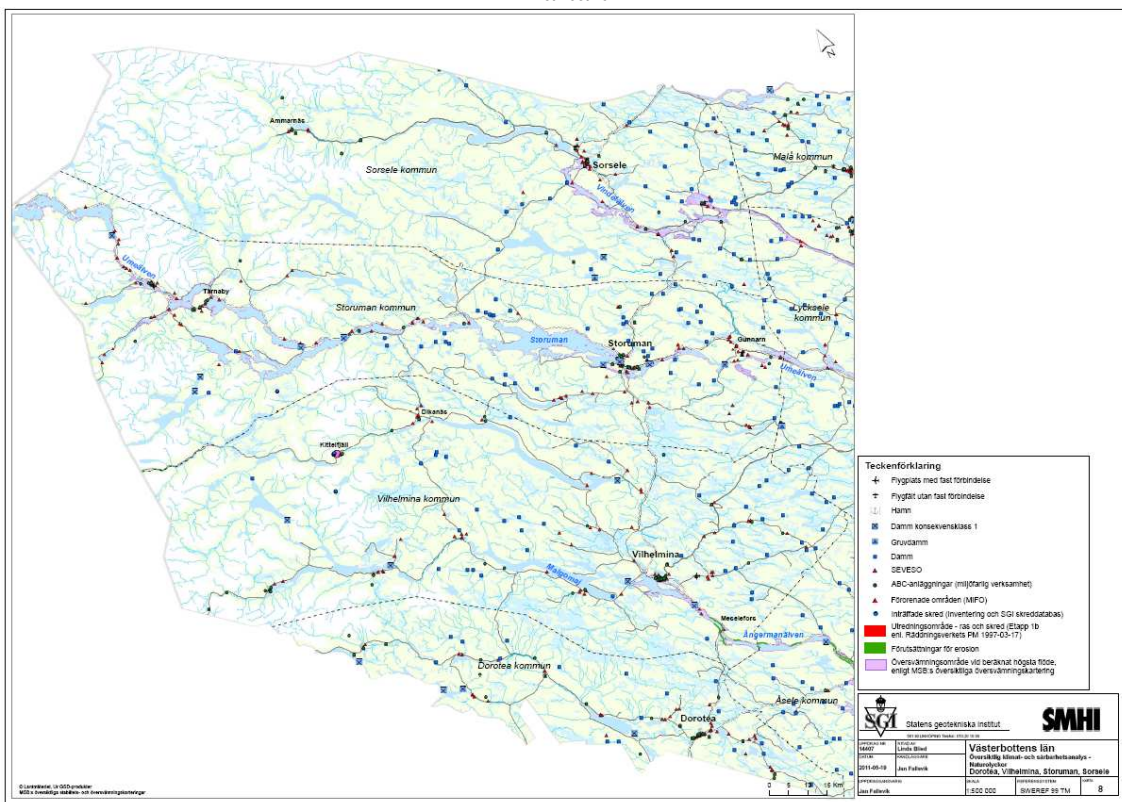
Karta 5



Karta 6



Karta 7



Karta 8