



Södermanlands län

Översiktlig regional klimat- och sårbarhetsanalys - naturolyckor



Skred i Vagnhärad, 1997. Foto: SGI



SMHI



LÄNSSTYRELSEN
Södermanlands län



SMHI

2011-11-07

2-1003-0176

Datum: 2011-11-07
Uppdragsledare: Ingrid Södergren
Handläggare: Ann-Christine Hågeryd, Stefan Falemo, Johan Axelsson
och Linda Blied SGI
Kristoffer Hallberg, Signild Nerheim, Dan Eklund SMHI
Diariernr: 2-1003-0176
Uppdragsnr: 14412

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	5
1 BAKGRUND OCH SYFTE	9
2 FÖRUTSÄTTNINGAR OCH AVGRÄNSNINGAR	10
2.1 Metod för klimat- och sårbarhetsanalys	10
2.2 Omfattning av klimat- och sårbarhetsanalys för Södermanlands län	10
2.3 Underlagsmaterial	10
2.4 Redovisning av resultat.....	11
3 FÖRUTSÄTTNINGAR OCH AVGRÄNSNINGAR FÖR KLIMATANALYS	12
3.1 Geografiskt analysområde	12
3.2 Referensperiod.....	12
3.3 Omfattning.....	13
4 GEOLOGISKA OCH TOPOGRAFISKA FÖRHÅLLANDEN	13
5 TEMPERATUR OCH NEDERBÖRDSFÖRHÅLLANDEN I DAGENS OCH FRAMTIDA KLIMAT	16
5.1 Temperatur	16
5.1.1 Årsmedeltemperatur i dagens klimat.....	16
5.1.2 Årsmedeltemperatur enligt klimatscenarioer	17
5.2 Nederbörd.....	19
5.2.1 Årsmedelnederbörd i dagens klimat.....	19
5.2.2 Årsmedelnederbörd enligt klimatscenarioer	20
6 VATTENFÖRING OCH ÖVERSVÄMNING VID VATTENDRAG	23
6.1 Vattenföring i dagens klimat	23
6.2 Säsongsvariation enligt klimatscenarioer	24
6.3 Medelvattenföring enligt klimatscenarioer	26
6.4 100-årsflöden enligt klimatscenarioer	28
6.5 Översvämning vid vattendrag i dagens klimat	30
6.6 Översvämning vid vattendrag i framtida klimat	31
7 VATTENSTÅND I ÖSTERSJÖN I MÄLAREN OCH I HJÄLMAREN	32
7.1 Östersjön	32
7.1.1 Årets medelvattenstånd.....	32
7.1.2 Landhöjning och höjdsystem.....	33
7.1.3 Extrema vattenstånd	34
7.1.4 Vågor och vinduppstuvning	34
7.1.5 Variationer längs kusten.....	34
7.1.6 Beräkning av framtidens havsvattenstånd.....	35
7.1.7 Klimatförändring leder till stigande havsvattenstånd	35
7.1.8 Sammanställning från den internationella forskningen	36
7.1.9 Framtida vattenstånd Södermanlands län.....	37
7.1.10 Extrema vattenstånd i dagens och framtidens klimat	38
7.1.11 Diskussion Havsvattenstånd	40
7.1.12 Slutsatser Havsvattenstånd.....	40
7.2 Mälaren	40
7.2.1 Mälaren och projekt Slussen	40
7.2.2 Risker idag och i framtiden.....	41
7.3 Hjälmarén.....	41
8 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR EROSION VID VATTENDRAG OCH KUSTER	43
8.1 Översiktlig inventering av förutsättningar för erosion	43
8.2 Förutsättningar för erosion längs kusten och vid Mälaren och Hjälmarén	44
8.2.1 Erosionsförutsättningar i Södermanlands län	44
8.2.2 Konsekvenser av klimatförändringar	44
8.3 Områden med förutsättningar för erosion längs vattendrag	45
8.3.1 Erosionsförutsättningar i Södermanlands län.....	45
8.3.2 Konsekvenser av klimatförändringar	46
8.4 Sammanfattande slutsatser för erosion längs stränder	46

9	FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR RAS OCH SKRED	48
9.1	Förutsättningar för skred och ras.....	48
9.2	Metodik för stabilitetskarteringar	49
9.3	Förutsättningar för skred och ras för dagens klimat	50
9.3.1	Stabilitetskartering, äldre metod.....	50
9.3.2	Stabilitetskartering, nuvarande metod	51
9.4	Inträffade skred i Södermanlands län	52
9.5	Konsekvenser av klimatförändringar	55
10	RISKER FÖR BEBYGGELSE OCH SAMHÄLLSVIKTIG VERKSAMHET	59
10.1	Risker för naturolyckor	59
10.2	Bebyggelse	60
10.3	Förorenade områden	61
10.4	Miljöfarlig verksamhet och riskobjekt	63
10.4.1	Miljöfarlig verksamhet.....	63
10.4.2	Riskobjekt.....	64
10.5	Vägar och järnvägar.....	64
10.5.1	Riskanalys för vägar.....	65
10.5.2	Bedömning av risker längs järnvägar	65
10.6	Flygfält	66
10.7	Hamnar	66
10.8	Dammar 1	66
10.8.1	Dimensionerande flöden i framtida klimat	67
11	STRATEGIER OCH ALTERNATIVA UTFÖRANDE FÖR SKYDD MOT NATUROLYCKOR	69
11.1	Strategier för markanvändning.....	69
11.2	Förebyggande åtgärder mot naturolyckor	70
12	REKOMMENDATIONER FÖR FYSISK PLANERING OCH KLIMATANPASSNING	71
12.1	Exploateringsområden	71
12.2	Klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö	71
12.3	Ras och skred.....	71
12.4	Erosion	72
12.5	Översvämning	72
12.6	Förorenade områden, miljöfarlig verksamhet och riskobjekt	72
12.7	Dammar	72
13	BEHOV AV KOMPLETTERANDE UTREDNINGAR	73
13.1	Ras och skred.....	73
13.2	Erosion	73
13.3	Översvämning	74
13.4	Förorenade områden och miljöfarlig verksamhet	74
13.5	Dammar	74
13.6	Övrigt	74
14	REFERENSER OCH UNDERLAGSMATERIAL	75
BILAGA 1 METODBESKRIVNING AV KLIMATANALYS		79
B1-1	Variation och osäkerhet	79
B1-2	Modeller för klimatberäkningar	81
B1-3	Skalering av klimatdata för effektstudier	82
B1-4	Utsläppsscenarioer	83
B1-5	Klimatscenarioer	84
B1-6	Nyttjade klimatscenarioer	85
REFERENSER TILL BILAGA 1.....		88
BILAGA 2 FÖRTECKNING ÖVER POTENTIELLA RISKOMRÅDEN VID FÖRORENADE OMRÅDEN, MILJÖFARLIG VERKSAMHET OCH RISKOBJEKT		89
BILAGA 3 FÖRTECKNING ÖVER GIS-SKIKT		92
KARTREDOVISNING, KARTA 1 OCH 2		93

SAMMANFATTNING

I samband med arbetet med den regionala klimatanpassningen i Södermanlands 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 Södermanlands 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, erosion och översvämning. Utredningen har genomförts i samarbete med Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI).

Utredningen är översiktlig och ger en länsöversikt av de områden där det finns förutsättningar för naturolyckor som kan medföra skador på befintlig bebyggelse, infrastruktur eller samhällsviktig verksamhet. Utredningen är avsedd att användas som ett underlag för länsstyrelsernas arbete med regional klimatanpassning respektive för kommunernas risk- och sårbarhetsanalyser och fysiska planering.

Geologiska och topografiska förhållanden

Södermanlands län ligger inom den mellansvenska låglandsregionen, som karaktäriseras av utbredda lerslätter, mindre berg- och moränområden samt rullstensåsar som genomkorsar landskapet. Terrängen är också bitvis ett sprickdalslandskap med smala dalgångar och många sjöar med flikiga konturer.

Hela Södermanlands län ligger under Högsta kustlinjen (HK) och på höjder och sluttningar har isälvsediment och morän omlagrats av vågorna till svallgrus och svallsand som kan ha en betydande mäktighet.

Moränen har bildats genom direkt materialavlagring från inlandsisen. I Mellansverige har den i regel en sandig-siltig sammansättning.

Lerorna har mycket stor utbredning i länet, speciellt i Mälarsänkan och i trakterna kring Trosa, Nyköping och Katrineholm. Mäktigheten varierar och i små sänkor är leran vanligen omkring 5 m. I stora dalgångar och inom slättområden är mäktigheten ofta 10 till 15 m, lokalt 15-25 m. Den glaciala leran är ofta varvig med mer eller mindre tjocka silt- och sandskikt.

Temperatur och nederbörd

Årsmedeltemperaturen under referensperioden 1961-1990 är för Södermanlands län 5,8 °C. Mot slutet av seklet beräknas medeltemperaturen ha ökat till 11 °C. Temperaturökningen är störst under vinterperioden.

Nederbörden beräknas mot slutet av perioden ha ökat med ca 20 % jämfört med referensperioden 1961-1990. Största ökningen av nederbörden förväntas ske under vinterhalvåret medan nederbörden under sommar och höst väntas vara relativt oförändrade.

Vattenföring och översvämning vid vattendrag

Det är Eskilstunaån, Nyköpingsån och Trosaån som analyserats. Gemensamt för de vattendragen är att årstidskaraktärstiken förändras, med högre flöden under höst och vinter och en lägre vårflood.

Årsmedelvattenföringen förväntas inte förändras i någon större grad. Mot slutet av seklet visar beräkningarna en något nedåtgående trend för Eskilstunaån och Nyköpingsån (mindre än 5% lägre än idag) och för Trosaån (ca 10% lägre än idag).

Spridningen mellan beräkningarna av förväntade 100-årsflöden är stor men tolkas så att Eskilstunaåns 100-årsflöde kan väntas öka ca 20-30% mot slutet av seklet, men fram till år 2050 är förändringen ca 10%. Nyköpingsåns 100-årsflöde väntas öka med 20-30% mot slutet av seklet men för Trosaån syns ingen tydlig trend.

Trenden med ökande hundraårsflöden indikerar att större områden kan påverkas av översvämningar än vad som karterats för nuvarande förhållanden.

Vattenstånd i Östersjön i Mälaren och i Hjälmarén

Fram till år 2100 förväntas medelvattenytan i Östersjön längs kusten i Södermanlands län stiga med 55 cm jämfört med medelvattenståndet 1990. Extrema vattenstånd höjs i motsvarande grad. Vattenstånd som idag har 100 års återkomsttid, 105 cm i höjdsystemet RH 2000 kommer att få en återkomsttid på mindre än 2 år. Det beräknade vattenståndet med 100 års återkomsttid 2100 är 165 cm i RH 2000 för länet som helhet.

För Mälaren pågår utredningar för att öka tappningskapaciteten genom att bygga om Slussen så att översvämningensriskerna kan minskas. Innan ombyggnaden är klar föreligger en förhållandevis hög risk för stora översvämningensproblem. Efter ombyggnaden bedöms översvämningensrisken inte vara ett hot på 50 – 100 års sikt, men stigande havsnivåer kan förändra bilden och minska marginalerna.

Förändringarna av de allra högsta nivåerna i Hjälmarén väntas bli små och de bedöms förekomma mer sällan i framtiden på grund av att snömängderna förväntas minska.

Förutsättningar för erosion vid vattendrag och kuster

Årsmedelvattenföringen kommer inte att förändras i någon större grad, men vattenföringen vintertid kommer att öka och under vår och sommar minska. De beräknade 100-årsflödena förväntas öka i två av de tre undersökta vattendragen.

Sammantaget innebär detta att erosionen lokalt kan öka i slänter vid vattendrag vid kraftiga flöden i de delar av länet där geologiska förutsättningar finns redan idag för erosion. Särskild uppmärksamhet behövs där erosion kan innebära risker för bebyggelse och anläggningar.

Den beräknade havsnivåhöjningen med hänsyn taget till landhöjningen, stormar, översvämning och tillfälliga högvatten innebär att nya områden kommer att påverkas av erosion. Sammantaget beräknas att ytterligare i storleksordningen 65 - 75 m av stränderna längs kusten kan komma att påverkas av erosion vid seklets slut jämfört med dagens förhållanden.

Förutsättningar för ras och skred

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, ras enligt MSB:s kommunvisa översiktliga stabilitetskarteringar som genomförts i bebyggda områden. Områden med förutsättningar för ras och skred finns i samtliga kommuner i Södermanlands län i områden med lösa och mäktiga lerlager. Förekomsten är störst i områden i anslutning till sjöar och vattendrag.

Det kan även finnas risker för ras och skred inom områden som inte är bebyggda, men sådana områden finns inte medtagna 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.

Risker för bebyggelse och samhällsviktig verksamhet

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

Bebyggelse och infrastruktur samt områden med miljöfarlig verksamhet eller förorenad jord har sammanställts på kartor för hela länet tillsammans med förutsättningar för naturolyckor.

De databaser som använts som underlag för bedömningarna för förorenade områden, miljöfarlig verksamhet och riskobjekt uppdateras kontinuerligt. Detta faktum bör det tas hänsyn till när förnyade bedömningar ska göras i ett senare skede.

Strategier och åtgärder för skydd mot olyckor

Med hänsyn till klimatförändringar bör man tillämpa en strategi som präglas av ökade säkerhetsmarginaler vid långsiktig fysisk planering. Det innebär till exempel att säkerställa tillräckligt avstånd i både plan och höjd för att kunna klara en ökad risk för till exempel 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 se till 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.

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 och översvämning. De förväntade effekterna av ett förändrat klimat under denna tidsperiod måste då beaktas. Klimatanpassning av områden med bebyggelse, infrastruktur anläggningar 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 behöver risker 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 ska tas till framtida flöden och vattennivåer som kan förväntas till följd av klimatförändringar och följdefekterna ras, skred, erosion och översvämning som redovisas i denna utredning.

Kompletterande utredningar

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

1 BAKGRUND OCH SYFTE

I samband med arbetet med den regionala klimatanpassningen i Södermanlands 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 Södermanlands 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, erosion och översvämning. Utredningen har genomförts i samarbete med SMHI.

Med utgångspunkt från befintliga uppgifter har områden i Södermanlands län identifierats där det finns förutsättningar för skred, ras, erosion och översvämning som kan medföra skador på befintlig bebyggelse, infrastruktur eller samhällsviktig verksamhet. 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 fortsatt arbete med klimatanpassning i länets kommuner.

Denna utredning är översiktlig och mer detaljerade undersökningar måste 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 samhällsviktig verksamhet till följd av potentiella risker för naturolyckor.

2 FÖRUTSÄTTNINGAR OCH AVGRÄNSNINGAR

2.1 Metod för klimat- och sårbarhetsanalys

I utredningen har den metod använts som SGI och SMHI har utvecklat för klimat- och sårbarhetsanalyser. Den utgår både från en värdering av förutsättningarna för ny exploatering och anpassningsbehov för befintlig bebyggd miljö till följd av klimatförändringar. Detaljeringsgraden i analysen anpassas till aktuell planeringsnivå, vilket även gäller omfattningen av underlagsmaterial. För Södermanlands 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 i dagens klimat och vid framtida klimatförändringar.

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

2.2 Omfattning av klimat- och sårbarhetsanalys för Södermanlands län

Utredningen har omfattat:

- Översiktlig beskrivning av geologiska och topografiska förhållanden
- Temperatur och nederbördsförhållanden i dagens och framtida klimat
- Vattenföring och översvämning vid vattendrag
- Vattenstånd i Östersjön i Mälaren och i Hjälmarén
- Förutsättningar för erosion vid vattendrag och kuster
- Förutsättningar för ras och skred
- Risker för bebyggelse och samhällsviktig verksamhet
- Strategier, rekommendationer och förslag till kompletterande utredningar

Resultaten redovisas i denna rapport inklusive kartor över länet. På kartorna redovisas identifierade riskområden

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. I materialet ingår sådant som skredriskinventeringar, översvämningsskarteringar, geologiskt och topografiskt kartmaterial.

Klimatförändringar för Södermanlands län beskrivs utifrån de regionala scenarier som SMHI har sammanställt baserat på resultat från bland annat ENSEMBLES-projektet och från Rossby Centre vid SMHI samt sammanställningar av den senaste forskningen gällande global havsnivåförändring.

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 vattendragen Eskilstunaån (Torshällaån), Kilaån (Vretaån, Ålbergsån, Virån) och Forssjöån-Åkforsån. 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 kapitel 14.

2.4 Redovisning av resultat

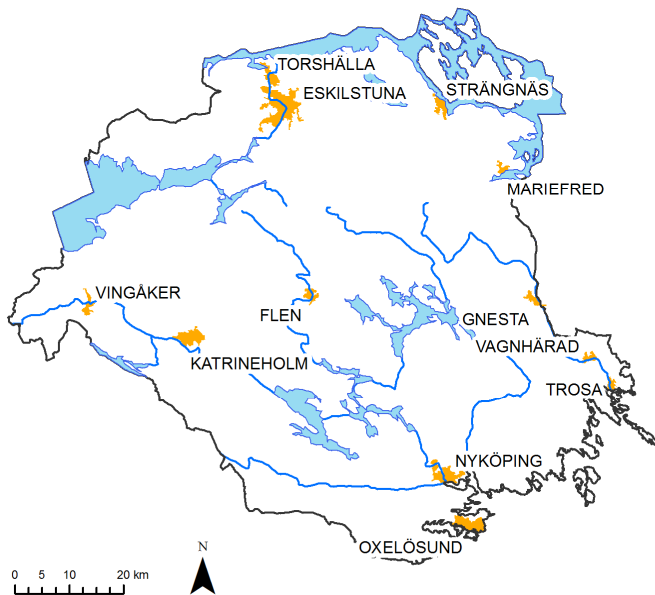
Resultaten av utredningen redovisas som beskrivande text och tillhörande kartor. Kartorna är utförda i skalorna 1:250 000 och avsedda för utskrift i format A2. I denna rapport bifogas förminskade kartor i A4-format. Redovisade områden och förhållanden på tillhörande kartor är anpassad till utredningens översiktliga nivå. Kartorna bör därför inte förstöras till annan detaljeringsgrad.

Kartmaterialet är producerat i GIS-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 FÖRUTSÄTTNINGAR OCH AVGRÄNSNINGAR FÖR KLIMATANALYS

3.1 Geografiskt analysområde

Figur 3-1 visar Södermanlands län, en del tätorter, större sjöar och vattendrag. De områden där Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (tidigare Räddningsverket) har genomfört översiktliga översvämningskarteringar är Mälaren, Svartån-Hjälmaren-Eskilstunaån, Nyköpingsån och Trosaån. För dessa områden studeras de hydrologiska parametrarna. För nederbörd och temperatur presenteras data för länet som helhet. Analyser gällande vattenföring presenteras i utvalda punkter. De delar av vattendragen som har avrinningsområden som ligger utanför länet ingår i beräkningsunderlaget men presenteras inte explicit.



Figur 3-1. Södermanlands län där vissa tätorter större sjöar och vattendrag är markerade. De områden som är översiktligt översvämningskarterade är Mälaren, Svartån-Hjälmaren-Eskilstunaån, Nyköpingsån och Trosaån

3.2 Referensperiod

I klimatstudier jämförs aktuella värden med medelvärden för en längre period, en referensperiod. I enlighet med internationell praxis används i denna rapport den så kallade standardnormalperioden 1961-1990 som referensperiod. 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.

För klimatanalysen redovisas osäkerheter, modeller, utsläppsscenarier och klimat-scenarier i Bilaga 1.

3.3 Omfattning

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

För analyser av temperatur och nederbörd i framtiden används en ensemble av 16 st klimatscenarier till år 2050 och 12 st klimatscenarier till år 2098. De regionala klimatscenarier som används härstammar ifrån EU-projektet ENSEMBLES samt från Rossby Centre vid SMHI. Trender för ensemblen presenteras.

Vattenföring redovisas detaljerat för tre beräkningspunkter i Eskilstunaån, Nyköpingsån samt Trosaån. Karakteristiska värden baserat på mätningar redovisas. För analyser av vattenföringskaraktäristik i framtiden används simulerad temperatur och nederbörd enligt ovan som drivdata till en hydrologisk modell ur vilken vattenföringsserier erhålls. Trender inom medelvattenföring, säsongsvariation och extremvärden (100-årsflöden) för ensemblen presenteras.

Översvämning kan ske till följd av flera olika processer och därför det är viktigt att hålla isär olika typer av problem. Det gäller lokala översvämningar på grund av skyfall, problem med höga flöden i vattendrag samt riskerna med höga havsnivåer. Mälaren intar dessutom en särställning eftersom riskerna beror av ett flertal samverkande faktorer. Tidigare har översiktliga översvämningsskarteringar gjorts på uppdrag av MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (tidigare Räddningsverket). De områden som har skarterats är Svartån-Hjälmaren-Eskilstunaån, Mälaren, Nyköpingsån samt Trosaån (Räddningsverket;2001;2001;2002;2005). Dessa utredningar har fokuserat främst på översvämningar till följd av höga flöden.

Översvämningssrisker beror primärt av tillrinningsituationen och eventuella reglerstrategier. För att kunna jämföra framtidsscenarier med dagens förhållanden har vattendragen simulerats utan regleringar vilket ger vattenföringskaraktäristik som svarar mot ett naturligt vattendrag. Framtida förändring av extremflöden i länet kan med fördel jämföras med dagens situation för att bedöma huruvida risken för översvämningar förändras. Inom ramen för detta uppdrag har inga nya hydrauliska beräkningar (eg. vattennivåer) utförts för de flöden som presenteras. Översvämning kan också ske till följd av intensiva skyfall, främst sommartid men det behandlas inte i denna rapport. Vid dessa tillfällen påverkas främst urbana områden där till exempel dagvattensystem inte förmår leda bort vattenmängderna.

4 GEOLOGISKA OCH TOPOGRAFISKA FÖRHÅLLANDEN

Södermanlands län ligger inom den mellansvenska låglandsregionen, som karaktäriseras av utbredda lerslätter, mindre berg- och moränområden samt rullstensåsar som genomkorsar landskapet huvudsakligen i nord-sydlig riktning. Terrängen är också bitvis ett sprickdalslandskap med smala dalgångar och många sjöar med flikiga konturer.

Dalgångarna präglas ofta av övergångar mellan olika förekommande jordarter. Det grövsta materialet återfinns i regel i högre belägen terräng och den finkorniga leran finns längre ner i dalgången. Leran kan ha stora djup och överlagras ofta av organisk jord som dy, gyttja och torv.

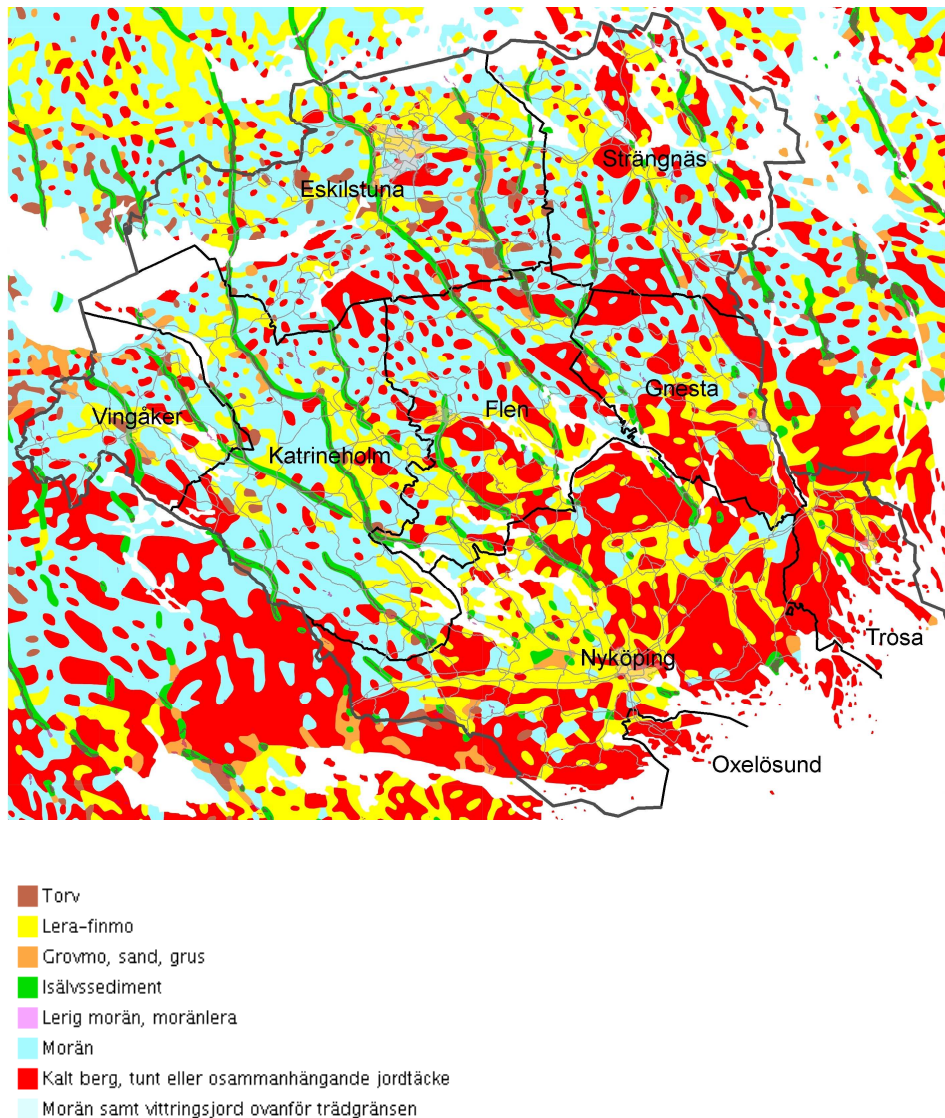
Kustzonen längs Östersjön utgörs av en skärgård med talrika öar, halvöar och fjärdar. Upp till 90 m höga förkastningsbranter förekommer t ex vid Mälarmården vid Mariefred. De södra delarna av Södermanland utgörs av den Sörmländska sjöplatån, med sprickdalar i nordvästlig-sydostlig riktning. I söder avgränsas sjöplatån av horstryggen Kolmården, som stupar brant ner i Bråviken. Södermanlands högsta punkt, Skogsbyås ligger här på 124 m ö h.

Jordlagerförhållandena i Södermanlands län har huvudsakligen präglats av den senaste inlandsisen. Under nedisningens huvudskede var området täckt av ett ca 2000 m mäktigt istäcke, som smälte bort från den här delen av landet för ca 10 000 år sedan. Isens mäktighet vid fronten var dock avsevärt mindre. Då låg den så kallade högsta kustlinjen (HK) på 154 m ö h och hela Södermanland låg under havsytan. Istäckets tyngd hade gjort att jordkorpan tryckts ner och när isen smälte började landet sakta höja sig. I denna del av landet har vi idag en landhöjning på ca 3-4 mm/år.

Kalt berg förekommer inom området med mycket varierande utbredning. I kusttrakterna och i skärgården utgörs ca 50 % av kalt berg och ca 20 % av lerfyllda sprickdalar. Där är jordtäcket oftast obefintligt på höjderna, medan bergssidor och dalbottnar kan vara täckta av mäktiga jordlager. Berggrunden utgörs nästan helt av urberg, främst gnejs. Det är gnejsens skiffrihet som bl a bidragit till att det bildats en starkt uppsplittrad topografi, ett så kallat sprickdalslandskap.

Moränen har bildats genom direkt materialavlagring från inlandsisen. Mäktigheten varierar, men den är oftast tunn och följer underlagets topografi. Inom områden med flera blottade berghällar är moräntäcket endast någon meter, medan den inom stora sammanhängande moränområden kan ha en mäktighet på omkring 5 m. Lokalt har uppmätts mäktigheter på 10 till 20 m. I Mellansverige har den i regel en sandig-siltig sammansättning. Moränytorna är i regel normalblockiga, men det finns vissa begränsade blockrika områden. I Strängnäsområdet förekommer lerig morän. Den leriga moränen kan lokalt vara upp till 14 m mäktig. Moränytorna är vanligen jämna eller småkuperade, men i Mälardalsregionen förekommer rikligt med små moränryggar så kallade ändmoräner. Dessa utgörs av några meter höga och några hundra meter långa, vanligtvis storblockiga ryggar orienterade vinkelrätt mot isens rörelseriktning. Särskilt talrika är de i områdena kring Mälaren och Hjälmaran.

En översiktskarta över de geologiska förhållandena i Södermanlands län visas i Figur 4-1.



Figur 4-1. Översiktskarta över de geologiska förhållandena i Södermanlands län. Utdrag ur Sveriges jordarter – en översikt, WMS-tjänst från Sveriges Geologiska Undersökning, hämtad 2011-01-19.

Ett karaktäristiskt inslag i det mellansvenska landskapet är rullstensåsarna, som kan följas långa sträckor och vara av betydande storlek. Dessa isälvs sediment har transporterats och sorterats av isälvar i och under isen och avlagrats vid isfronten under avsmältningen. Åsarna höjer sig ofta flera tiotal meter över omgivande lerslätter, men kan även ligga som dalfyllnader eller som terrasser utefter bergsidorna. De kan ofta följas långa sträckor och de utgörs av allt ifrån block och sten till grus och sand. Mäktigheten är ofta 10 till 20 m men kan ibland vara upp till 40-50 m. Ett exempel är Badelundaåsen, ca 12 km sydost om Eskilstuna. Isälvs sedimentens mäktighet har där uppmäts till 40-60 m. Andra åsar av betydande storlek är Katrineholmsåsen och Köpingsåsen. Köpingsåsen är en förgrening av Katrineholmsåsen, som går genom Eskilstuna och vidare mot Köping.

Hela Södermanlands län ligger under Högsta kustlinjen (HK) och på höjder och sluttningar har isälvsediment och morän omlagrats av vågorna till svallgrus och svallsand, som kan ha en betydande mäktighet.

Över det grova materialet från isälvarna avlagrades det finaste slammet som glacialera. När sedan landet höjde sig utsattes isälvsavlagringen för vågornas påverkan. Den glaciala leran omlagrades och transporterades ut till lägre liggande områden och avsattes där som postglacial lera. Även delar av det grövre isälvs materialet omlagrades och avlagrades som svallgrus på åsens sluttningar och täcker på många ställen de äldre lerorna.

Lerorna har mycket stor utbredning i länet, speciellt i Mälarsänkan och i trakterna kring Trosa, Nyköping och Katrineholm. Mäktigheten varierar och i små sänkor är leran vanligen omkring 5 m. I stora dalgångar och inom slättområden är mäktigheten ofta 10 till 15 m, lokalt 15-25 m. Den största kända mäktigheten på glacialera har uppmätts i en dalgång VNV om Nyköping.

Den glaciala leran är ofta varvig med mer eller mindre tjocka silt- och sandskikt. Den har en brun till rödaktig färg. Leran bildades i samband med inlandsisens avsmältning. Den överlagrande postglaciala leran är ofta blågrå till färgen och den avsattes i havet efter inlandsisen och den bildas än i dag i våra hav och sjöar och i en del lågpartier, särskilt i anslutning till områden med torv. Den postglaciala leran har betydligt högre halt av organiskt material än glacialleran.

Organiska jordarter domineras av torv. Både kärr och mossar förekommer och torvmäktigheten är i regel några meter. I de större torvmossarna kan mäktigheten uppgå till ca 5 m. Torvavlagringarna är vanligen underlagrade av mäktiga gyttjor och leror.

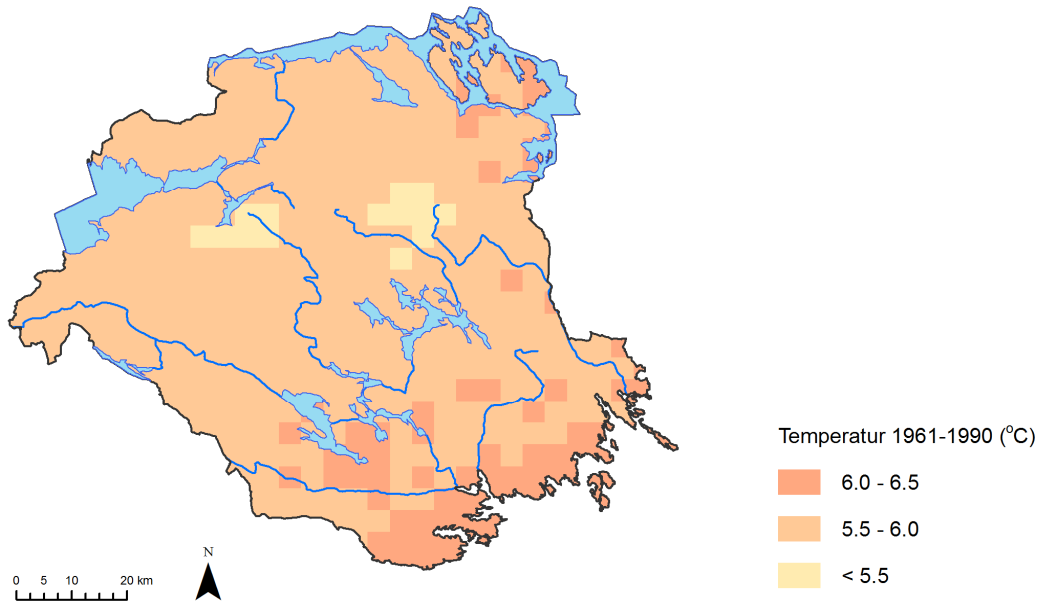
Information om geologin i Södermanland har hämtats från SGU:s jordartskartor med beskrivningar och Bostadsdepartementets publikation om Fysisk Riksplanering.

5 TEMPERATUR OCH NEDERBÖRDSFÖRHÅLLANDEN I DAGENS OCH FRAMTIDA KLIMAT

5.1 Temperatur

5.1.1 Årsmedeltemperatur i dagens klimat

Temperatur är en klimatvariabel som varierar måttligt både i tid och rum. Temperaturen är således relativt likartad över större områden. Inom Södermanlands län har kustområdet något högre årsmedeltemperatur än länet i övrigt, men skillnaderna är små vilket framgår av Figur 5-1. Observationer för nederbörd och temperatur hämtats från SMHI:s areellt interpolerade databas PTHBV (Johansson, 2000, Johansson och Chen 2003; 2005) för sammanställning av statistik för dagens klimat. Databasen innehåller optimalt interpolerade observationer med en upplösning på 4×4 km och har data från och med året 1961. Årsmedeltemperaturen i Södermanlands län för referensperioden 1961 – 1990 var 5.8 °C.



Figur5-1. Årsmedeltemperatur i Södermanlands län för perioden 1961-1990

5.1.2 Årsmedeltemperatur enligt klimatscenarioer

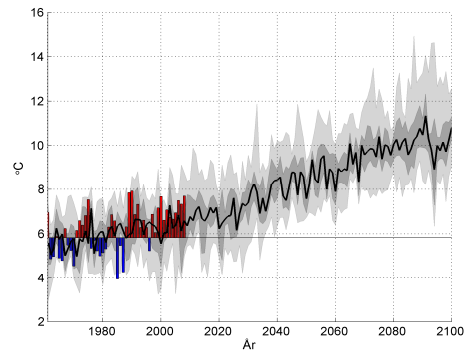
Beräknad utveckling av årsmedeltemperaturen för Södermanlands län baserat på klimatscenarioer som redovisas i Bilaga 1. I Figur 5-2 visas beräknad utveckling av årsmedeltemperaturen fram till år 2100. Årsmedeltemperaturen under referensperioden 1961-1990 visas som en horisontell linje (5.8 °C). Historiska 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 beskriver variationen i resultat mellan olika klimatscenarioer. Dessa fält är uppifrån och nedåt: maximalt värde, 75:e percentilen, 25:e percentilen och minimalt värde från samtliga klimatscenarioer jämfört med referensperioden. Medianvärdet av alla klimatscenarioer visas med en svart linje.

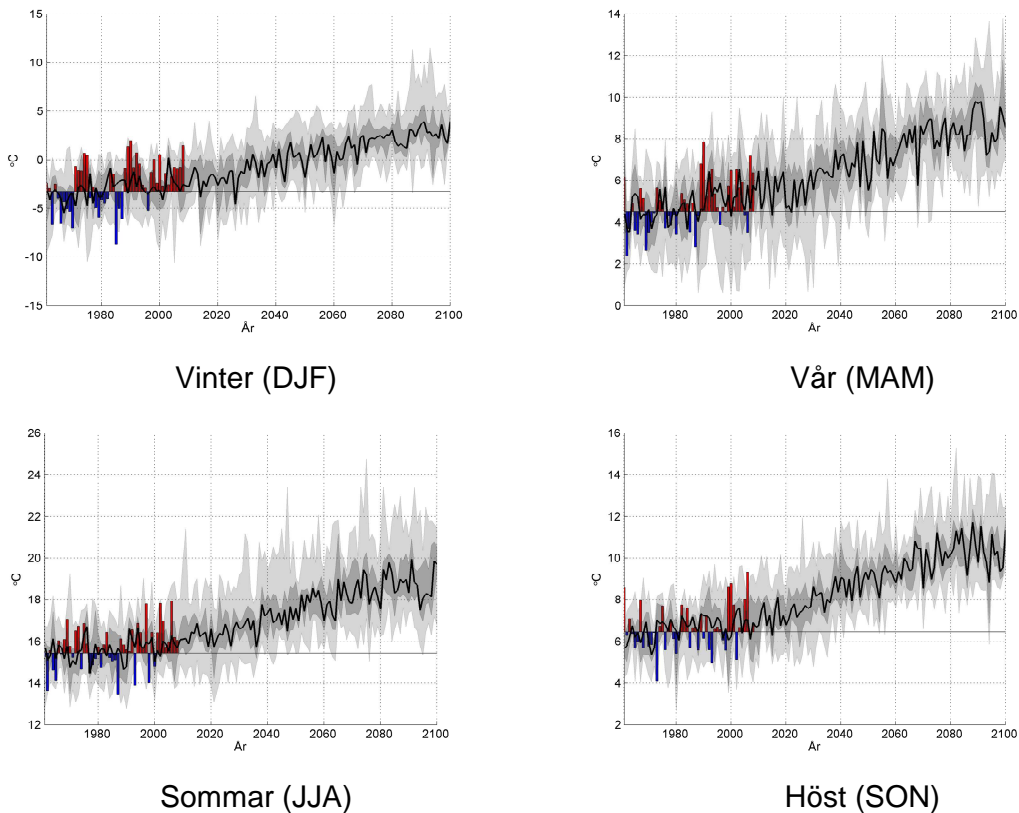
Figur 5-2 visar en gradvis ökning av årsmedeltemperaturen för perioden fram till 2100. Resultaten visar också på en stor spridning. Det naturliga variabiliteten är stor och det kan exempelvis inte uteslutas att det inträffar år som är kallare än under referensperioden även en bit in på seklet. Generellt är att trenden är likartad för de flesta klimatscenarioer och även de lägsta temperaturerna mot slutet av seklet ligger på ett högre värde än referensperiodens medeltemperatur. Klimatscenarioensemblens median är ca 11 °C, dvs ca 4-5 °C högre årsmedeltemperatur mot slutet av seklet jämfört med referensperioden.

Figur 5-3 visar säsongsvariationer av medeltemperatur årstidsvis. Vinter definieras som december – februari (DJF), vår som mars – maj (MAM), sommar som juni – augusti (JJA) och höst som september – november (SON).

För säsonger finns en trend för de flesta klimatscenarier som pekar på högre temperatur och även de lägsta temperaturerna mot slutet av seklet ligger på ett högre värde än referensperiodens medeltemperatur. Temperaturökningen är störst under vinterperioden där medeltemperaturen mot slutet av seklet väntas ha ändrats från ca $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ till ca $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Temperaturökningen framträder dock under alla årstider.



Figur 5-2. Beräknad utveckling av årsmedeltemperatur i Södermanlands län baserat på klimatscenarier i Bilaga 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. Referensperiodens medelvärde är $5.8\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Figur 5-3. Beräknad temperaturutveckling i Södermanlands län för de olika årstiderna baserat på klimatscenarier i Bilaga 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. Observera att skalan skiljer sig mellan figurerna.

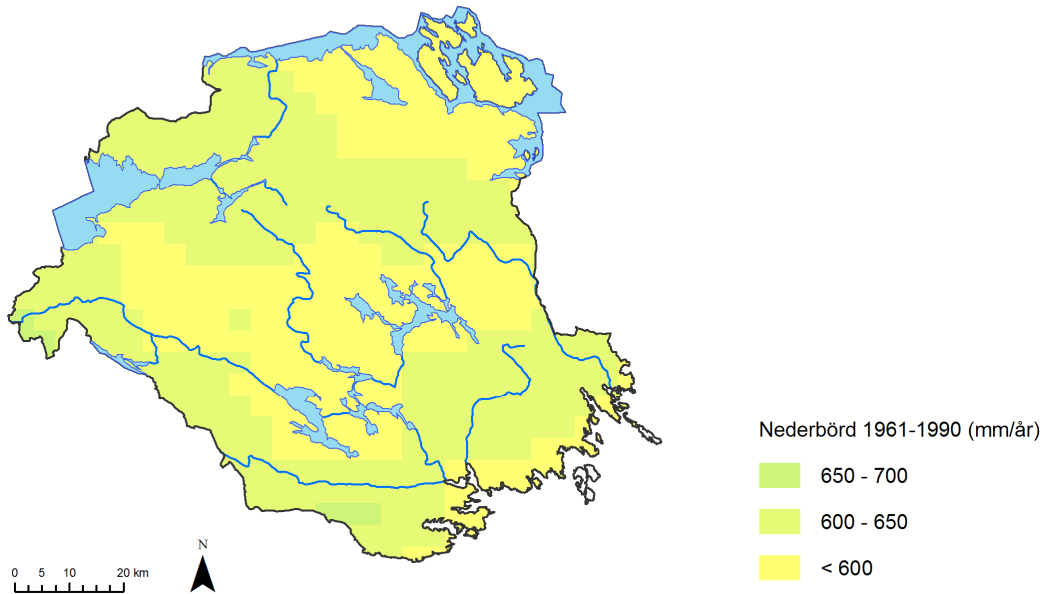
5.2 Nederbörd

5.2.1 Årsmedelnederbörd i dagens klimat

Nederbörden varierar till skillnad från temperaturen avsevärt både i tid och rum. Nederbördens varaktighet och intensitet är nära kopplat till den mekanism som genererar nederbörden. De vanligaste mekanismerna är frontal nederbörd, orografisk nederbörd samt konvektiv nederbörd (Bergström, 1993). Frontal nederbörd faller i samband med kall- och varmfrontspassager och ger relativt jämnt fördelad nederbörd över stora områden och faller med låg intensitet. Konvektiv nederbörd faller sommartid då luften värms kraftigt lokalt och stiger högt upp i atmosfären. Ofta bildas åskoväder på detta sätt. Karakteristiskt för dessa är stora lokala variationer, hög intensitet och kort varaktighet. Orografisk nederbörd uppstår när en luftmassa tvingas över ett bergsparti. Nederbörden ökar på vindsidan och minskar på läsidan av bergspartiet, något som ofta samverkar med frontala och konvektiva nederbördstillfällen. Nederbörd har, sett över större områden,

en tendens att öka med höjden vilket leder till att länets höglänta områden har något högre årsnederbörd än de låglänta. Sett över ett år är juni-september normalt de nederbördsrikaste månaderna.

På motsvarande sätt som för temperatur har interpolerad areell nederbörd från PTHBV analyserats för länet, se Figur 5-4. Årsmedelnederbörden under referensperioden 1961 – 1990 (30 år) varierar inom länet mellan 560 till 670 mm/år med medelvärdet för 602 mm/år för länet som helhet.



Figur 5-4. Årsnederbörd i Södermanlands län för perioden 1961-1990

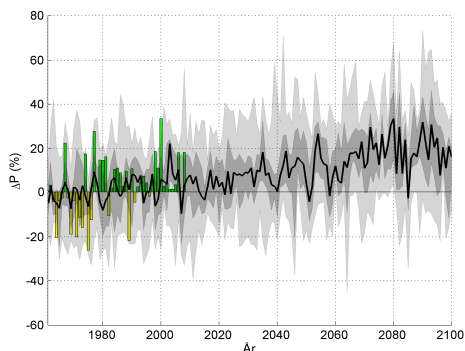
5.2.2 Årsmedelnederbörd enligt klimatscenarier

Beräknad utveckling av årsmedelnederbörd för Södermanlands län baserat på klimatscenarier visas i Bilaga 1. I analysen har beräknad total årsnederbörd fram till år 2100 jämförts med medelnederbörden under referensperioden 1961-1990. Förändringen anges i procentuell avvikelse. Historiska observationers avvikelse från referensperiodens medelnederbörd för länet visas med staplar. Positiv avvikelse visas i gröna staplar och negativ visas i gula staplar.

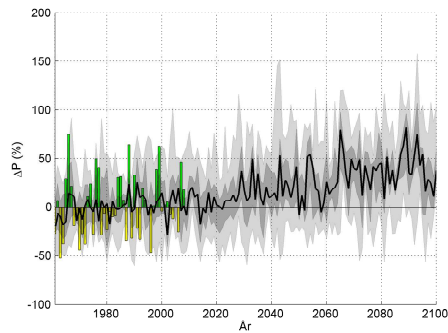
De olika skuggningarna i figurerna avser uppifrån och nedåt den maximala avvikelsen, 75:e percentilen av avvikelsen, 25:e percentilen av avvikelsen och den minimala avvikelsen för samtliga klimatscenarier jämfört med referensperioden. Medianvärdet av alla klimatscenarier visas med en svart linje.

Figur 5-5 visar en gradvis ökning av årsmedelnederbörden under resten av seklet. Resultaten från de olika klimatscenierna visar på stor spridning men klimatsceniernas median ligger på ca 20 % ökad årsmedelnederbörd mot slutet av seklet jämfört med referensperioden.

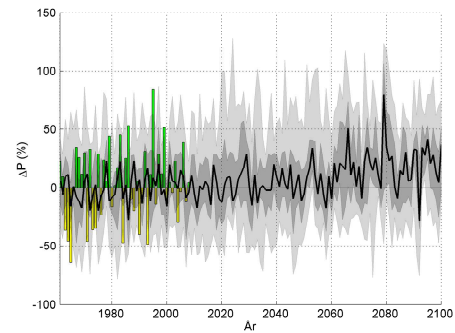
Ur årstidsfigureerna i Figur 5-6 går det att se att störst ökning av nederbörd förväntas ske under vinterhalvåret medan nederbörd under sommar och höst väntas vara relativt oförändrade. Gemensamt för både årsmedelnederbörd och säsongsnederbörd är att resultaten visar på stor spridning.



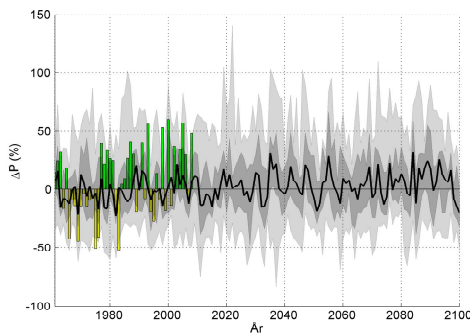
Figur 5-5. Beräknad nederbördsutveckling i Södermanlands län baserat på klimat-scenarier i Bilaga 1. Historiska observationer visas som staplar där positiv avvikelse från referensperiodens medelvärde visas som gröna staplar och negativ som gula staplar. Skuggningarna avser uppifrån och nedåt, maximumvärdet, 75:e percentilen, medianvärdet (svart linje), 25:e percentilen och minimumvärdet av årsmedelnederbörden från samtliga klimatberäkningar. Referensperiodens medelvärde var cirka 602 mm/år.



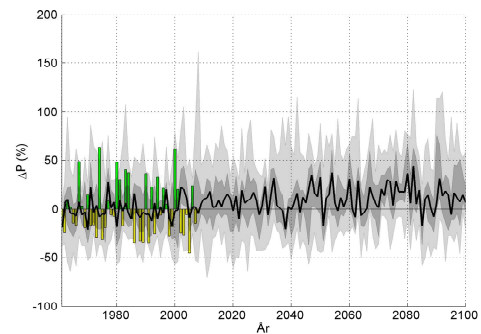
Vinter (DJF)



Vår (MAM)



Sommar (JJA)



Höst (SON)

Figur 5-6. Beräknad nederbördsutveckling i Södermanlands län, uppdelat på de fyra årstiderna, baserat på klimatscenarier i Bilaga 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

6 VATTENFÖRING OCH ÖVERSVÄMNING VID VATTENDRAG

6.1 Vattenföring i dagens klimat

Vattenföring är benämningen för den mängd vatten som rinner fram i ett vattendrag och mäts ofta i kubikmeter per sekund (m^3/s). Varje vattendrag har sin egen rytm och storleken på flödet varierar under året främst beroende av storleken på och klimatet i avrinningsområdet men också till följd av eventuella regleringar. Medelvattenföring under lång tid beskriver balansen mellan nederbörd och avdunstning i ett avrinningsområde. Höga flöden kan uppstå till följd av en mängd faktorer och olika vattendrag svarar olika på likvärdiga väderhändelser. Detta beror till stor del på avrinningsområdets storlek och förekomsten av sjöar. Mindre vattendrag svarar snabbt på nederbörd och når ofta sina högsta flöden till följd av intensiv lokal nederbörd. I stora och medelstora vattendrag inträffar högflöden ofta till följd av väderhändelser som påverkar hela eller en stor del av avrinningsområdet, tex snösmältning eller stora nederbördsområden.

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 magasineras vatten i en sjö i takt med att sjöns nivå stiger. Den dämpande effekten styrs framförallt av sjöns areal och utloppets avbördningsförmåga. I Tabell 6-1 redovisas den observerade medelvattenföringen och beräknad 100-årsvattenföring i mynningen för utvalda vattendrag.

Tabell 6-1. *Medelvattenföring och beräknad 100-årsvattenföring i mynningen för utvalda vattendrag i Södermanlands län, dagens klimat (SMHI flödesstatistik).*

Vattendrag	Medelvattenföring [m^3/s]	100-årsvattenföring [m^3/s]
Eskilstunaån	25	125
Nyköpingsån	22	120
Trosaån	4	26

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 är anpassat 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 t. ex. större dammar ofta sätter gränsen vid, eller t.o.m. bortom, flöden med en återkomsttid på 10 000 år. Sannolikheten under 100 års exponering uppgår till ca 1 %. Sannolikheter under 1 % redovisas ej. Samband mellan återkomsttid, exponerad tid och sannolikhet i procent redovisas i Tabell 6-2.

Tabell 6-2. Sambandet mellan återkomsttid, exponerad tid och sannolikhet i procent.

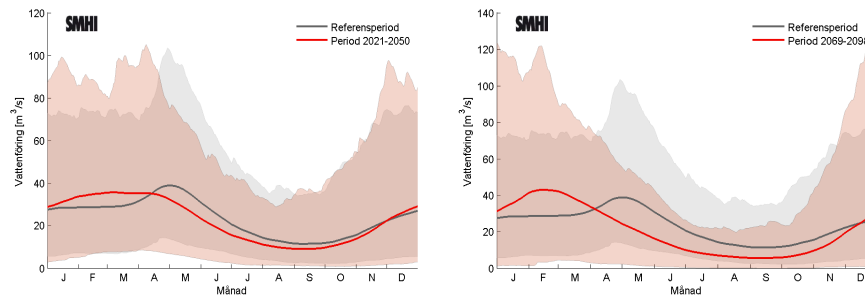
Återkomsttid (år)	Sannolikhet under 1 år	Sannolikhet under 5 år	Sannolikhet under 10 år	Sannolikhet under 20 år	Sannolikhet under 50 år	Sannolikhet under 100 år
2	50	97	100	100	100	100
5	20	67	89	99	100	100
10	10	41	65	88	99	100
25	4	18	34	56	87	98
50	2	10	18	33	64	87
100	1	5	10	18	39	63
1000			1	2	5	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, dvs 30 år.

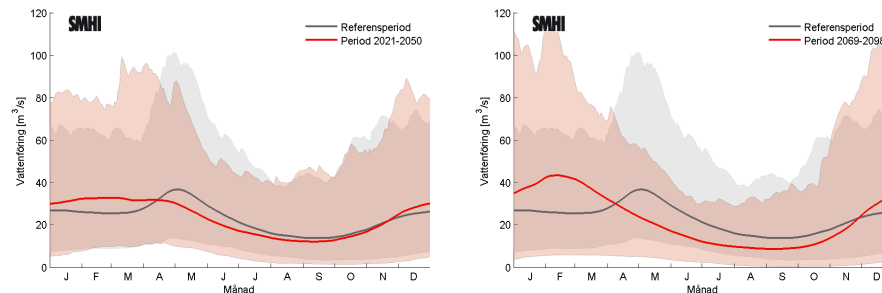
6.2 Säsongsvariation enligt klimatscenarier

I Figur 6-1 till Figur 6-3 presenteras beräknad flödesvariation under året i Eskilstunaåns, Nyköpingsåns och Trosaåns avrinningsområden av total tillrinning för *oreglerade* förhållanden. Att total tillrinning är beräknad betyder att allt tillrinnande vatten uppströms delavrinningsområdet är inräknat.

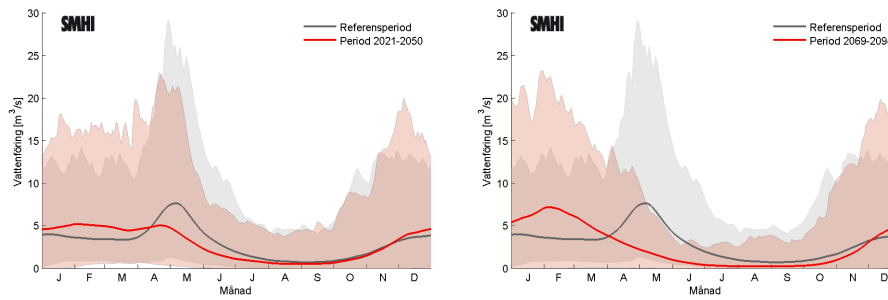
För varje vattendrag visas perioden 2021-2050 samt 2069-2098 tillsammans med referensperioden 1963-1992. Medelvattenföringen för varje dag på året under referensperioden presenteras med en heldragen mörk linje och för den analyserade framtida perioden presenteras medelvattenföringen som en heldragen röd linje. De färgade fälten visar spannet mellan 75:e percentilen och 25:e percentilen för varje dags maximala resp. minimala värde under året av alla klimatscenarier. Grått fält visar variationen under referensperioden och rött fält visar variationen för angiven framtida period. Notera att även referensperioden 1963-1992 har beskrivits med drivdata från klimatsimuleringarna. Gemensamt för de vattendrag som analyserats är att en omfördelning av flödet kan skönjas mot slutet av seklet. Högre flöden under höst och vinter och en lägre vårflod kan förväntas i länets vattendrag. Vårfloden är även i dagens klimat måttlig i Södermanlands län. Detta beror på ökad nederbörd vintertid vilken i mindre grad än idag kommer lagras som snö på grund av högre temperaturer. Dessa förändringar syns tydligast mot slutet av detta sekel.



Figur 6-1. Säsongsdynamik för vattenföring i Eskilstunaån, baserat på klimatscenarier i Bilaga 1. Vänstra figuren år 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Högra figuren motsvarande för år 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 ensemblens maxvärde och 25:e percentilen av ensemblens minvärde under referensperioden. Det ljusröda fältet visar motsvarande för de framtida tidsperioderna.



Figur 6-2. Säsongsdynamik för vattenföring i Nyköpingsån, baserat på klimatscenarier i Bilaga 1. Vänstra figuren år 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Högra figuren motsvarande för år 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 ensemblens maxvärde och 25:e percentilen av ensemblens minvärde under referensperioden. Det ljusröda fältet visar motsvarande för de framtida tidsperioderna.



Figur 6-3. Säsongsdynamik för vattenföring i Trosaån, baserat på klimatscenarioer i Bilaga 1. Vänstra figuren är 2021-2050 jämfört med referensperioden 1963-1992. Högra figuren motsvarande för år 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 ensemblens maxvärde och 25:e percentilen av ensemblens minvärde under referensperioden. Det ljusröda fältet visar motsvarande för de framtida tidsperioderna.

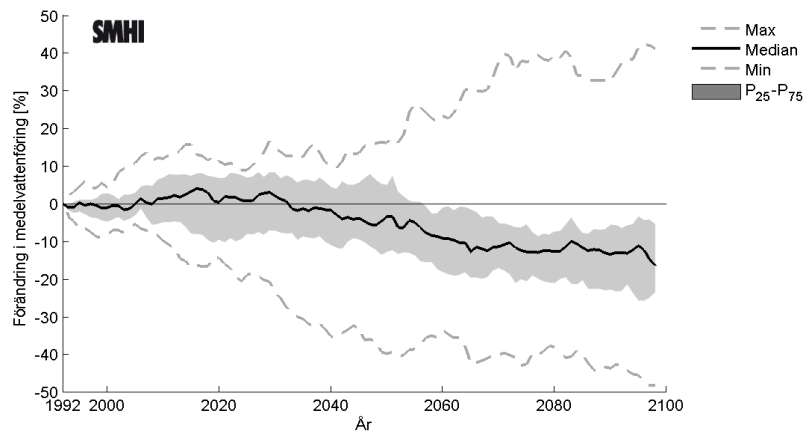
6.3 Medelvattenföring enligt klimatscenarioer

Beräkningar av medelvattenföring för vattendrag i Södermanlands län presenteras i följande avsnitt.

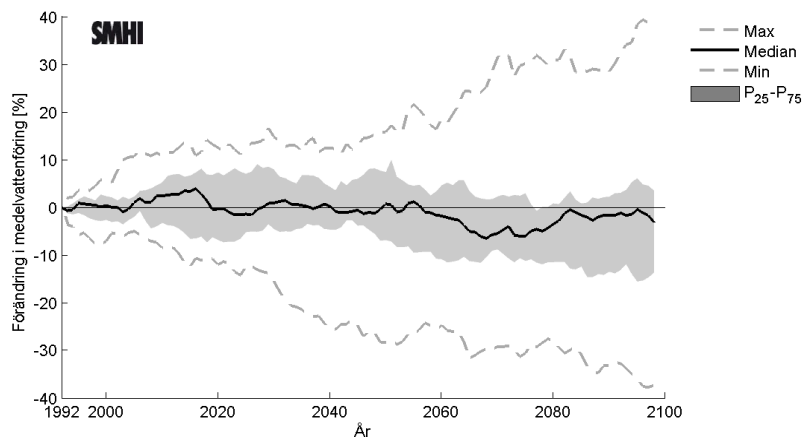
Generellt väntas den sammantagna årsmedeltillrinningen inte förändras i hög grad. Säsongsvis syns däremot en tydlig ökning vintertid och en klar minskning under vår och sommar, till följd av den förändrade flödesregimen under året.

I Figur 6-4 till Figur 6-6 visas medianvärdet av förändringen av medelvattenföringen på årsbasis samt i Eskilstunaån, Nyköpingsån och Trosaån för klimatscenarioer enligt Tabell B1-1 (se Bilaga B1) under detta sekel relativt referensperioden 1963-1992. I samma figurer visas även maxvärde, minvärde, 25:e percentilen och 75:e percentilen av scenariers medelvattenföring för samma perioder. I figurerna visas total tillrinning, dvs det vatten som tillkommer från uppströms avrinningsområden tillsammans med tillrinningen från respektive delavrinningsområde (den lokala tillrinningen). Detta bildar vattenföringen i det sammanlagda avrinningsområdet utloppspunkt. Medelvattenföringen har beräknats för löpande 30-årsperioder efter tidsperioden 1963-1992 (dvs 1964-1993, 1965-1994, ..., 2069-2098). Medeltillrinningen beräknat för perioden 1963-1992 utgör referensvärdet med vilket beräknad medeltillrinning för övriga 30-årsperioder jämförs med. Förändringen av medeltillrinningen uttrycks i procent och kan med fördel jämföras med observerad vattenföring i Tabell 6-1.

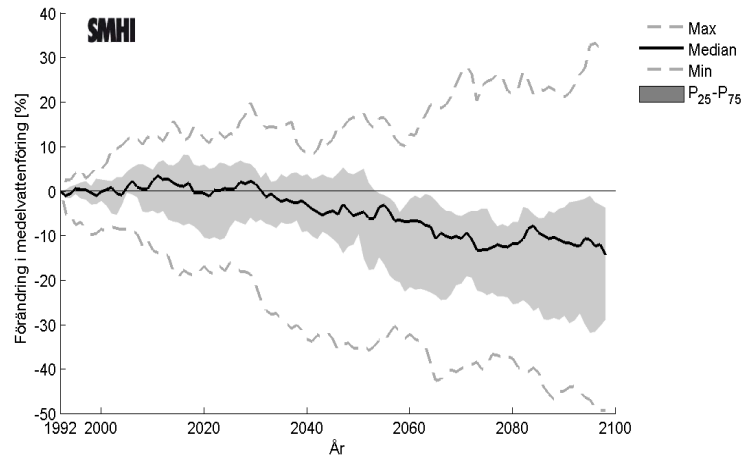
Årsmedelvattenföringen förväntas inte förändras i någon större grad. Fram till år 2050 är förändringen liten. Mot slutet av seklet visar beräkningarna endast en mycket svag nedåtgående trend för Eskilstunaån och Nyköpingsån (mindre än 5 % lägre än idag) medan trenden för Trosaån visar på minskande medelvattenföring mot slutet av seklet med (ca 10 %).



Figur 6-4. Procentuell förändring av **Eskilstuna** årsmedelvattenföring relativt referensperioden 1963-1992, baserat på klimatscenarioer i Bilaga 1. Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. De streckade linjerna visar max- och minvärde i ensemblen klimatscenarioer.



Figur 6-5. Procentuell förändring av **Nyköping** årsmedelvattenföring relativt referensperioden 1963-1992, baserat på klimatscenarioer i Bilaga 1. Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. De streckade linjerna visar max- och minvärde i ensemblen klimatscenarioer.



Figur 6-6. Procentuell förändring av **Trosaåns** årsmedelvattenföring relativt referensperioden 1963-1992, baserat på klimatscenarier i Bilaga 1. Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. De streckade linjerna visar max- och minvärde i ensemblen klimatscenarier.

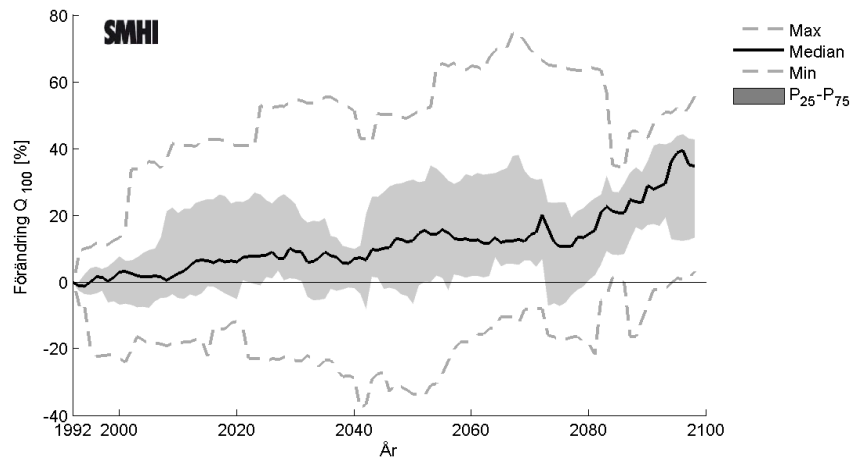
6.4 100-årsflöden enligt klimatscenarier

I Figur 6-7 till Figur 6-9 presenteras hundraårsflöden beräknade för områdena Eskilstunaån, Nyköpingsån och Trosaån. Beräkningarna är gjorda för fastlandet, ej för skärgårdens öar, för *oreglerade* förhållanden på total tillrinning. Att total tillrinning är beräknad betyder att allt tillrinnande vatten uppströms delavrinningsområdet är inräknat.

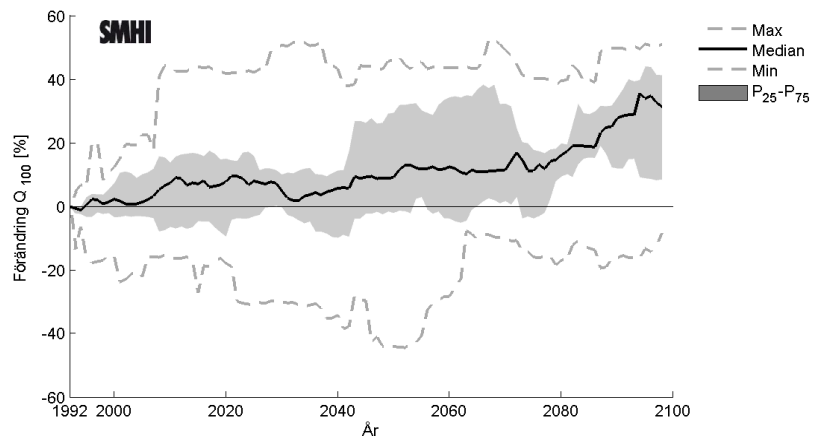
100-årsflöden har beräknats för löpande 30-årsperioder efter tidsperioden 1963-1992 (dvs 1964-1993, 1965-1994, ..., 2069-2098). Detta har gjorts för klimatscenarier enligt Tabell B1-1 (se Bilaga B1). 100-årsflödet beräknat för perioden 1963-1992 utgör referensvärdet med vilket beräknade 100-årsflöden för övriga 30-årsperioder jämförs med. Förändringen av storleken på 100-årsflödet uttrycks i procent.

Eskilstunaåns 100-årsflöde väntas öka ca 20-30 % mot slutet av seklet, men fram till år 2050 är förändringen ca 10 %. Detta beror troligtvis på att beräknade framtida vinterflöden slutet av detta sekel beräknas uppgå till eller överstiga dagens vårflöden. Mälarens behandlas mer utförligt i rapporten *Regional klimatsammanställning — Stockholms län* (Stensen, 2010)

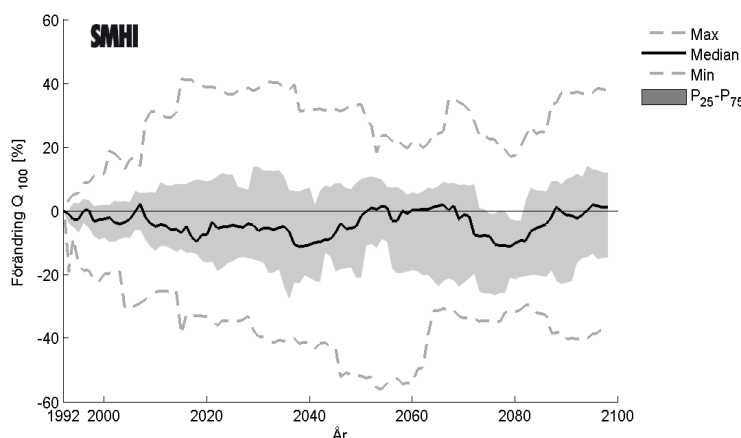
Nyköpingsåns 100-årsflöde väntas öka med ca 20-30 % mot slutet av seklet. För Trosaån syns ingen tydlig trend. Spridningen mellan beräkningarna är stor vilket syns i skillnaden mellan min- och maxvärde i figurerna.



Figur 6-7. Procentuell förändring av Eskilstunaåns 100-årsflöde relativt referensperioden 1963-1992, baserat på klimatscenarier i Bilaga 1. Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. De streckade linjerna visar max- och minvärde i ensemblen klimatscenarier.



Figur 6-8. Procentuell förändring av Nyköpingåns 100-årsflöde relativt referensperioden 1963-1992, baserat på klimatscenarier i Bilaga 1. Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. De streckade linjerna visar max- och minvärde i ensemblen klimatscenarier.



Figur 6-9. Procentuell förändring av Trosaåns 100-årsflöde relativt referensperioden 1963-1992, baserat på klimatscenarioer i Bilaga 1. Det grå fältet visar variationen mellan 25:e och 75:e percentilen. De streckade linjerna visar max- och minvärde i ensemblen klimatscenarioer.

6.5 Översvämning vid vattendrag i dagens klimat

Översvämningar är en konsekvens av högt vattenstånd i vattendrag och sjöar ofta följd av höga flöden eller extrem nederbörd. Höga vattenföringar medför ofta fler och allvarigare översvämningar än medelhöga flöden även om somliga områden även kan översvämmas vid relativt vanligt förekommande situationer. Vattenföringen har naturligtvis stor betydelse för vattennivån i sjöar och vattendrag men i praktiken påverkas vattennivåer även av infrastruktur såsom broar och dammanläggningar som på ett avgörande sätt kan påverka vattennivåer lokalt. Översvämningrisker kan i vissa fall minska genom att infrastruktur moderniseras och dimensioneras för att undvika dämningseffekter.

Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, MSB (tidigare Räddningsverket) har upprättat hydrauliska modeller och beräknat vattenytans nivå längs Eskilstunaån, Trosaån, Nyköpingsån vid hundraårsflöde samt beräknat högsta flöde (BHF), där det senare är att betrakta som ett flöde med mycket låg sannolikhet (Räddningsverket 2001a; 2001b; 2005; 2002a). Nivåberäkningarna har använts för att skapa kartor med områden som översvämmas vid respektive flödesscenario. Översvämningsområdena framtagna i de översiktliga översvämningsskarteringarna framgår av Karta 1 och 2.

Utredningar som beskriver och karterar översvämningssytor påverkas utöver som nämnts ovan även av kvalitén i höjddata som beskriver markytan. Inom detta område pågår för närvarande en snabb utveckling vilket ger förutsättningar för översvämningsskarteringar av hög kvalitet. Eskilstunaån har detaljstuderats i flera tidigare utredningar (Brandt 2009; Yacoub 2005) och använts som pilotområde för jämförelser mellan olika tekniker och underlag för översvämningsskartering.

De översiktliga översvämningsskarteringarna bygger till största delen på en höjdmodell med ett medelfel i höjddled på upp till $\pm 2,5$ m (Lantmäteriets GSD-höjddata, 50 m rutnät). En ny rikstäckande höjddatabas med avsevärt större noggrannhet i höjd och plan är under uppbyggnad av Lantmäteriet och kommer att leda till framtida tillämpningar inom översvämningsskartering med förbättrade höjdmodeller.

6.6 Översvämning vid vattendrag i framtida klimat

Höga vattenstånd i vattendrag kan uppkomma till följd av flera olika faktorer. Klimatet och den hydrologiska regimen är viktiga faktorer. Analyser av klimatscenarier presenteras i Bilaga 1.

Analysen av klimatscenarier för vattenföring med hundra års återkomsttid ger en bild av hur extremvattenföringens storlek kan förändras. Resultaten kan tolkas tillsammans med befintligt material, t.ex. MSBs (fd Räddningsverkets) översiktliga översvämningsskarteringar för att bedöma om det är troligt att större eller mindre områden än vad som skarterats i befintligt material påverkas. I den bedömningen måste även övriga förhållanden som kan påverka situationen tas med.

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 (beräkning av vattennivåer) utförts för de framtida 100-årsflöden som presenteras i Avsnitt 6.4. Som tidigare nämnts påverkar dammar och broar ofta vattennivåer vid höga vattenföringar vilket gör att vattennivåer kan förändras i mindre eller större grad.

7 VATTENSTÅND I ÖSTERSJÖN I MÄLAREN OCH I HJÄLMAREN

7.1 Östersjön

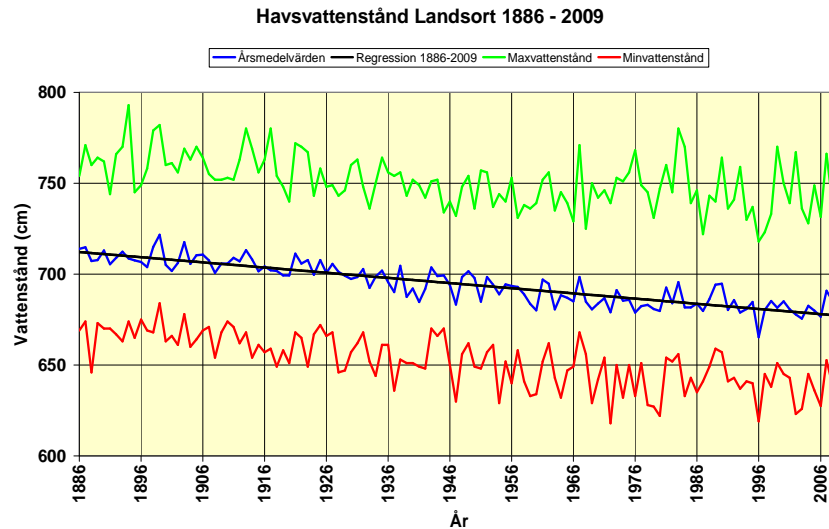
7.1.1 Årets medelvattenstånd

SMHI mäter och redovisar havsvattenstånd relativt en beräknad medelvattenyta. Denna bestäms genom regression av många års årsmedelvärden. Det krävs mer än 30 års värden för att någorlunda väl kunna bestämma regressionslinjen. Vid Landsort finns mätningar från 1889, vilket innebär att vi har mycket gott statistiskt underlag. Från Marviken finns data från 1964. Det beräknade medelvattenståndet från år till år beror både på havets höjning och på landhöjningen som varierar regionalt. Den *beräknade* medelvattenytan skiljer sig från årets genomsnittliga vattenstånd. Figur 7-1 visar årsmedelvärdet, årets beräknade medelvattenstånd¹ samt årets högsta och lägsta vattenstånd på Landsort från 1890-talet och fram till idag. Nivån visas i mätstationens lokala höjdsystem.

Årets medelvattenstånd är ett beräknat värde bestämt genom regression av många års årsmedelvärden. Det krävs mer än 30 års värden för att någorlunda väl kunna bestämma regressionslinjen. Respektive års medelvattenstånd är respektive års värde på regressionslinjen.

Höjd över havet anges i ett höjdsystem. Höjdsystemet består av ett antal, på marken väl markerade, så kallade fixpunkter. Varje fixpunkt är noggrant inmätt och representerar höjden i det aktuella höjdsystemet på den punkten. Höjdfixarna användes sedan som utgångspunkter för att mäta höjdskillnader till andra objekt, som därigenom kan höjdbestämmas.

¹ Lutningen på regressionslinjen kan förändras något under tiden allt eftersom nya data kommer in. Detta gör att en gammal uppgift om högsta uppmätta vattenstånd kan skilja sig från en nyare uppgift för ett och samma år eftersom värdet anges i relation till en ny regressionslinje.



Figur 7-1. Medelvattenstånd och årets högsta och lägsta vattenstånd 1890-2009 på Landsort.

7.1.2 Landhöjning och höjdsystem

Utöver årsvariationerna som beror på storskaliga väderhändelser beror förändringar i årets beräknade vattenstånd både på havets höjning och på lokal landhöjning. Landhöjningen är störst i norra Sverige som upplever att havet sjunker relativt land, medan södra Sverige har en landhöjning som är mindre än havsytans höjning.

Landhöjningen syns tydligt i Figur 7-1. Den absoluta landhöjningen på Landsort mäts med GPS och är ca 0,43 cm/år. Vid Marviken är den absoluta landhöjningen uppskattad till 0,38 cm/år. Under perioden 1990-2100 innebär det en landhöjning om 47 cm respektive 42 cm i norra och södra länet. En medellandhöjning på 0,4 cm/år ger 44 cm på 110 år.

För att kunna beskriva havets relation till land används fasta höjdsystem. Nollnivån i Rikets höjdsystem 2000 (RH2000) definieras av Normal Amsterdam Peil (NAP), vilket är en punkt i Amsterdam som används som nollnivå även i andra europeiska länder. Alla strukturer eller platser på land har samma förhållande eller höjd relativt referensnivån men medelvattenytans förhållande till referensytan och därmed till fasta strukturer på land kan förändras på grund av land- och havshöjning.

Årets medelvattenstånd relateras till höjdsystemen på olika sätt, både till det lokala höjdsystem som finns för varje mätstation och till något eller några av Rikets höjdsystem. Då de flesta klimatscenarier aviserar högre havsvattenstånd från 1990 fram till 2100 används vattenståndet 1990 som startvärde för beräkningarna av framtidens klimat. Tabell 7-1 visar årets beräknade medelvattenstånd 1990 och 2010 för Landsort och Marviken, tillsammans med den absoluta och apparenta landhöjningen. Den apparenta gäller för dagens förhållanden och kommer att förändras i och med en eventuell klimatförändring.

Tabell 7-1. Årets beräknade vattenstånd 1990 och 2010 i höjdsystemet RH2000 för SMHI:s mätstationer Landsort och Marviken.

	MEDELVATTENSTÅND RH2000		ABSOLUT LANDHÖJNING	APPARENT LANDHÖJNING
	1990	2010		(dagens klimat)
Landsort	17 cm	11 cm	0,43 cm/år	0,29 cm/år
Marviken	15 cm	11 cm	0,38 cm/år (uppskattat värde)	0,18 cm/år

7.1.3 Extrema vattenstånd

Lufttryck, vindar och tidvatten är de tre viktigaste faktorerna som skapar variationer i vattenståndet. I västra Sverige är tidvattenvariationen relativt liten, ca 5 – 20 cm, och i Östersjön är detta bidrag försumbart. Lågtryck och pålandsvind ger högre vattenstånd. Högtryck och frånlandsvind ger lägre vattenstånd. Den extrema nivån varar vanligen i några timmar. De extrema vattenstånd som redovisas här är alltså kortvariga händelser med ca 3-6 timmars varaktighet.

Hur hög den extrema nivån blir utifrån en given vädersituation beror även på utgångsläget. En kraftig höjning på 1 m kommer inte att ge några kritiska nivåer om vattenytan vid början av höjningen ligger lågt. Om man å andra sidan utgår ifrån en högre nivå, något som mycket väl kan hända under en blåsig vinter som 2006 – 2007 där hela Östersjön fylldes med mycket mer vatten än normalt krävs lägre vindar för att få höga vattennivåer än under vanligare förekommande förhållanden.

7.1.4 Vågor och vinduppstuvning

Vågor kan ha en betydelse för överspolning eftersom höga vågor beror på samma vädersituation som leder till höga vattenstånd. Hur högt upp på land som vågorna sköljer upp beror på kustens lutning och material samt på våghöjden utanför stranden. Vid en öppen kust med stort bottendjup strax utanför stranden finns mer vågenergi tillgänglig, men processerna när vågor kommer in på grunt vatten och hur de bryter är komplexa och måste beskrivas från fall till fall.

I samband med att vind blåser över en vattenyta i t.ex. en vik förs vatten i vindens riktning från en sida av viken till den motsatta. Det transporterade vattnet strömmar sedan tillbaka, vanligen längs botten. Beroende på djupförhållandena sker denna återströmning mer eller mindre lätt och vatten kan ”stuvvas” upp i de inre vindutsatta delarna av viken. Med hjälp av formler kan uppstuvningseffekten i ett aktuellt vattenområde beräknas för en viss vindhastighet. Detta har inte gjorts inom ramen för denna rapport.

7.1.5 Variationer längs kusten

Vattenståndsvariationerna längs Södermanlands kust beskrivs väl av SMHI:s mätstationer Marviken och Landsort. Det är god samvariation på de två stationerna, dvs att vattenståndet följs åt på de två orterna, vilket man också förväntar sig utifrån topografi. De statistiska extremnivåerna blir emellertid högre vid Marviken på grund av mätseriens längd. En statistisk analys för dagens klimat visar att den statistiska fördelningen av

extrema vattenstånd vid Landsort är representativ för länet. Vidare analyser har utgått från Landsort.

7.1.6 Beräkning av framtidens havsvattenstånd

Då vattenståndshöjningen beskrivs relativt 1990 är alla framtida nivåer beräknade utifrån 1990 års nivåer. Ekvationen nedan visar hur medelvattentytan beräknats.

$$MW_{2100} = MW_{1990} + SLR_{1990-2100} - LH_{1990-2100}$$

MW är medelvattenstånd, SLR är Sea Level Rise och LH är landhöjningen.

För beräkningarna av extrema vattenstånd har mätdata från Landsort använts. En global höjning har lagts till och landhöjningen i norra och södra länet dragits bort. Huvudresultaten som presenteras gäller för en höjning på +1 m mellan 1990 och 2100 (global samt eventuella regionala bidrag). Två ytterligare scenarier visas grafiskt. IPCC AR4 högt scenario (+59 cm) med ett regionalt tillägg om 20 cm samt ett scenario enligt Deltakommitténs sammanställning där 120 cm användes som en högsta höjning för 2100. Detta är ett värde som gäller för en mycket hög risknivå.

7.1.7 Klimatförändring leder till stigande havsvattenstånd

På 1990-talets början skickades flera satelliter upp vars syfte var att mäta jordytan med stor precision. Dessa mätningar visar att havsytan globalt i medeltal stigit ca 3,3 mm/år 1991 – 2003. Detta syns även i svenska mätserier. Det finns samtidigt områden som stigit mer, eller mindre, bland annat beroende på variationer i temperatur. Senare resultat visar att havsytans höjning efter 2003 har varit något lägre; 2,5 mm/år.

Frågan om framtidens havsnivåer har blivit alltmer aktuell under de år som gått sedan IPCC presenterade sin fjärde Assessment Report (AR4) i januari 2007 (IPCC, 2007) och som utgick från den då tillgängliga klimatforskningen. AR4 angav 18-59 cm som ett intervall för höjningen av havsnivån, med regionala variationer. Efter AR4 har flera vetenskapliga artiklar publicerats som betonar risken för att isavsmältningen kan komma att ske snabbare och att världshavet kan komma att stiga mer än vad som tidigare antagits. Av speciellt intresse är också sammanställningar och bedömningar som rör framtida havsnivåer för specifika regioner. Med utgångspunkt från internationella sammanställningar och rekommendationer behöver ställning tas till vad som kan vara relevant för svenska förhållanden. Med nuvarande kunskap kan endast ett riktvärde lämnas för den globala havsnivåhöjningen av storleksordningen 30 cm till år 2050 och 100 cm 2100. Klimatscenerierna indikerar nämligen en snabbare höjning efter mitten av detta sekel. Det bör observeras att det successivt kommer nya forskningsrön om havsvattennivåer som kan komma att ändra dagens kunskap. Sammanställningen av resultaten ges nedan.

Sammantaget pekar resultaten på att en övre gräns för hur mycket havsytans nivå kan komma att stiga är ca 1 m under perioden 1990-2100. Utifrån denna höjning har vi beräknat framtida extremnivåer för Södermanlands län. Olika aktörer har försökt skatta hur havet fortsätter att stiga efter 2100. Deltakommittén gör en skattning på 2-4 m högre vattenstånd år 2200.

De havsnivåer som angavs i AR4 baserades på olika tänkbara utsläpp av klimatgaser. Då det lägsta scenariot bygger på nivåer som vi redan överskridit är detta scenario inte att rekommendera för planeringssyften.

7.1.8 Sammanställning från den internationella forskningen

Nyare uppgifter från den internationella forskningen presenteras i Tabell 7-2. Den är baserad på de uppgifter som nått SMHI hittills och gör inte anspråk på att vara fullständig. Observera att siffrorna inte är helt jämförbara eftersom de utgår från olika referensperioder. Därför har den aktuella referensperioden angivits i tabellen. En större svårighet är att nivåerna representerar olika sannolikheter och att detta ofta inte framgår klart av källmaterialet. Vidare är de nedre gränserna ofta baserade på helt skilda antaganden, varför de lägsta värdena inte är jämförbara. Trots de betydande skillnaderna i beräkningarna är sammanställningen i Figur 7-2 intressant eftersom den återspeglar olika länders och organisationers syn på hotet från ett stigande hav.

Tabell 7-2. Sammanställning av internationella utredningar avseende stigande havsnivå.

Datum	Källa	Referensperiod	Höjning till ungefär år 2100 (cm)
Januari 2007	IPCC	1980-1999	18-59 (exkl. isdynamik)
Hösten 2008	Holländska Deltakommittén	1990	55-120
April 2009	Rummukainen och Källén	2009	"det kan röra sig om en meter under de närmaste 100 åren"
Juni 2009	Ministry of Natural Resources and Environment, Vietnam	1980-1999	75 (65-100)
November 2009	Copenhagen diagnosis	1980-1999	"at least twice as much as projected by Working Group1 of the IPCC AR4" "it may well exceed 1 m"
November 2009	NOAA	"by the end of this century"	3 – 4 fot (90-120 cm)
November 2009	Netherlands Environmental Assessment Agency PBL m.fl.	1990	55 -110 (40 -105 lokalt för Holland)
Juni 2009	UK Climate Projections science report	1980-1999	11,6 – 75,8 cm runt Storbritannien och Irland

Man kan naturligtvis fråga sig varför senare bedömningar av havets framtida nivåer skiljer sig så mycket från IPCC:s siffror från 2007. En del av skillnaden är dock skenbar och kan till en del bero på att uppgifterna presenterats på ett annat sätt i AR4 än i IPCC:s tredje Assessment Report (TAR) från 2001. IPCC tolkas också ibland alltför bokstavligt utan att man tar hänsyn till att IPCC - som det uttryckligen skrivs i sammanfattningen för beslutsfattare - diskuterat dynamiska processer och effekterna av isflöden separat (Naturvårdsverket, 2007, sid. 33).

Ytterligare en orsak är att de olika källorna använder sannolikhetsnivåer som ofta skiljer sig åt. Jämförelsen mellan IPCC AR4 och den holländska Deltakommitténs bedömningar diskuteras ingående av Vellinga, et al. (2008) i ett underlagsdokument till Deltakom-

mittén. Man betonar att man i det holländska arbetet fokuserat på den övre gränsen av tänkbara utvecklingar genom att använda A1F1-scenariet för framtida utsläpp och att en stor skillnad också ligger i bedömningarna av utvecklingen av isarna på Antarktis och Grönland. IPCCs högsta siffra (59 cm) och det högsta värdet från *UK Climate Projections science report* (75,8 cm) har det gemensamt att de representerar 95-percentilen, vilket i detta sammanhang alltså inte kan ses som en övre gräns.

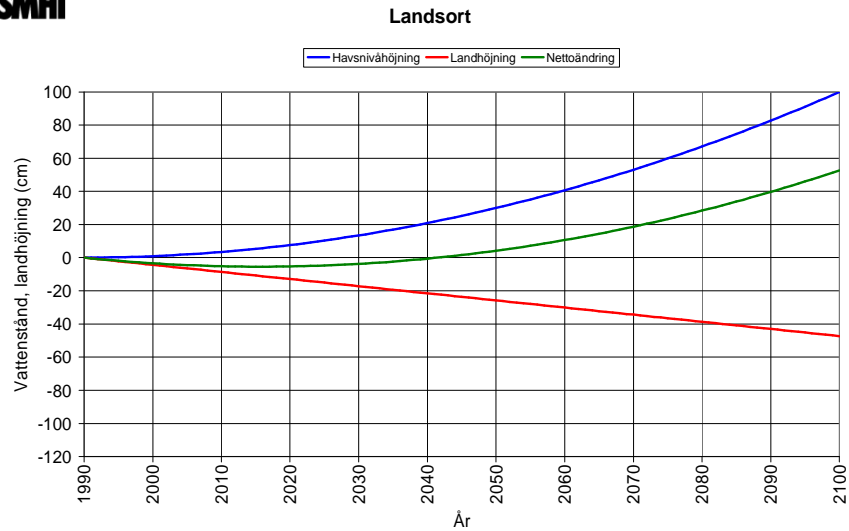
Det är slutligen viktigt att notera att de flesta uppskattningar som förekommer rörande framtida havsnivåer bygger på något eller några av IPCC:s utsläppsscenarier. Det innebär att effekterna av eventuella utsläpps begränsningar till följd av internationella avtal inte medräknats. Om man lyckas genomföra utsläpps begränsningar så minskar stigningstakten, men den upphör inte helt på grund av klimatsystemets stora tröghet.

7.1.9 Framtida vattenstånd Södermanlands län

Figur 7-2 visar en teoretisk utveckling av havshöjningen, landhöjningen och nettoändringen av medelvattenståndet för Landsort 1990-2100. Havshöjning har ansatts till +30 cm från 1990 till 2050 och +1 m från 1990 till 2100. Havshöjningen är med andra ord snabbare vid slutet av seklet. Observera att medelvatten 2011 ligger lägre än 1990. Detta är konsistent med det historiskt uppmätta medelvattenståndet i Figur 7-1. Tabell 7-3 visar medelvattnytans förändring från 1990 till 2100 för Södermanlands län. Medelvattnytan förändras med +50-+60 cm från 1990 till 2100 för en förväntad global höjning på +1m. I RH2000 kommer medelvattenståndet att ligga på 70 cm i RH2000 i Landsort och 73 cm i RH2000 i Marviken.

Tabell 7-3. Förändring i medelvattenstånd 1990-2100 i Södermanlands län län förutsatt den givna globala höjningen och landhöjning som idag. Alla värden har avrundats till närmsta dm. Siffror som är i kursiva bygger på uppskattad landhöjning.

	LANDHÖJNING	VATTENSTÅNDSHÖJNING FRAM TILL 2100	IPCC HIGH CASE+REGIONAL HÖJNING / DELTACOMMITTEE
Global vattenstånds höjning	0 cm/år	+100 cm	+79 cm / +120 cm
Landsort	0,43 cm/år	+ 50 cm	+ 30 cm / +75 cm
Marviken	0,38 cm/år	+ 60 cm	+ 35 cm / + 80 cm
Genomsnitt för länet	0,4 cm/år	+ 55 cm	+ 35 cm / +75 cm

SMHI


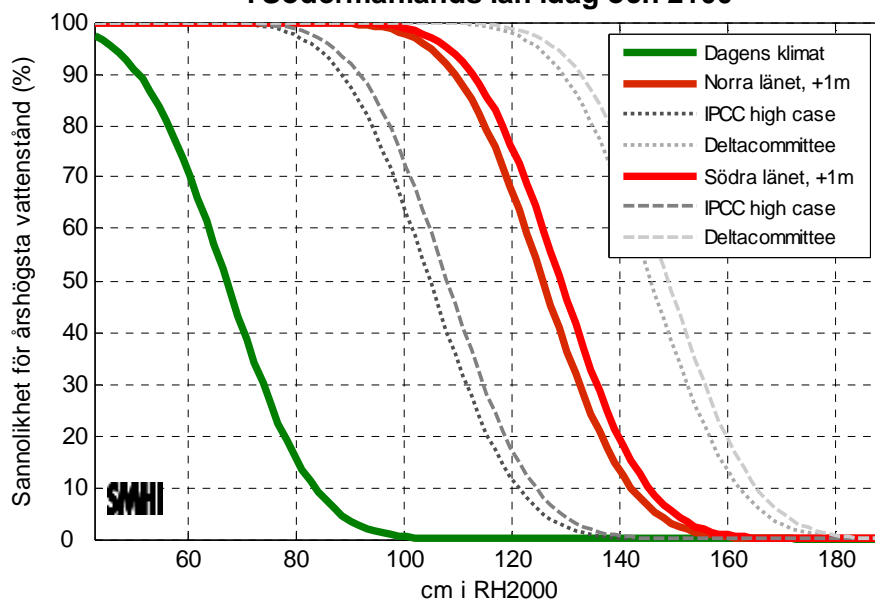
Figur 7-2. Havshöjning, landhöjning och nettoändring av medelvattenytan förutsatt +30 cm global höjning fram till 2050 och +1 m global höjning fram till 2100.

7.1.10 Extrema vattenstånd i dagens och framtidens klimat

När medelvattenytan höjs, höjs också extremerna motsvarande. Figur 7-3 visar fördelningen av årshögsta vattenstånd för länet 2011 och 2100 för tre framtidsscenario. Skillnad i landhöjning leder till att vattenståndet höjs mest i södra delen av länet jämfört med norra delen, men skillnaden är liten.

Vertikala axeln visar sannolikheten för årshögsta vattenstånd varje år. Om en nivå har 50 % att överskridas motsvarar det 2 års återkomsttid. En sannolikhet på 10 % motsvarar 10 års återkomsttid och en sannolikhet på 1 % motsvarar 100 års återkomsttid. Figur 7-3 visar att nivåer som idag har ca 100 års återkomsttid kan komma att inträffa med mer än 90 % sannolikhet varje år 2100 för en höjning på +1m globalt.

Fördelning av årshögsta vattenstånd i Södermanlands län idag och 2100



Figur 7-3. Sannolikhetsfördelning av årshögsta vattenstånd för Södermanlands län 2010, 2100 och 2200 i RH2000. Figuren visar hur extremerna förändras i ett klimat med stigande havsnivåer.

Tabell 7-4 visar extrema vattenstånd (cm i RH2000) för länet 2011 och 2100.

Tabell 7-4. Vattenstånd med 100 års återkomsttid i cm i RH2000 i Södermanland 2011 och 2100. I framtida klimatet har vi räknat en höjning om +1 m och dragit bort landhöjning. Intervallet i kursiv visar osäkerhetsintervallet.

	ÅTERKOMSTTIDER ÅRSHÖGSTA VATTENSTÅND DAGENS KLIMAT (CM I RH2000)		
Återkomsttid	10 år	50 år	100 år
Södermanland	84 <i>80-89</i>	99 <i>92-111</i>	105 <i>96-122</i>
	ÅTERKOMSTTIDER ÅRSHÖGSTA VATTENSTÅND 2100		
Återkomsttid	10 år	50 år	100 år
Norra Södermanland	143 <i>139-148</i>	158 <i>151-170</i>	164 <i>155-181</i>
Södra Södermanland	146 <i>142-151</i>	161 <i>154-173</i>	167 <i>158-184</i>

7.1.11 Diskussion Havsvattenstånd

Beräkningen bygger på en uppskattad höjning av havsvattenståndet för Södermanlands län (inklusive regionala effekter) på +1m fram till 2100.

Landhöjningen är inte bestämd med säkerhet för länet som helhet. I norra länet används landhöjningen vid Landsort som är uppmätt med GPS, men för övriga områden som redovisas har en linejär uppskattning gjorts. Variationen är dock så liten att det skiljer mindre än 5 cm mellan 1990 och 2100.

Havshöjningen i Södermanlands län märks först mot andra halvan av seklet. Detta förutsätter att förändringen i vindklimat blir liten. Just nu är det inget som tyder på att stormfrekvensen kommer att förändras.

En skattning av vinduppstuvning har inte gjorts. Vår bedömning är att de topografiska förhållandena utanför länet inte motiverar någon detaljerad studie av sådana effekter. I vissa områden kan vågöverspoling också ge upphov till högre nivåer än vad som redovisas här.

7.1.12 Slutsatser Havsvattenstånd

SMHI har beräknat medel och extrema vattenstånd för Södermanlands län 2100 förutsatt en havshöjning på +1 m från 1990 till 2100 (global höjning och eventuella regionala effekter) med kompensering av landhöjningen.

Vattenståndsvariationerna längs Södermanlands kust beskrivs med god noggrannhet av SMHI:s mätstationer Landsort i Nynäshamns kommun, och Marviken vid Bråvikens mynning. En jämförelse visar att Landsort är representativ för hela länet och ligger till grund för analysen av framtidens klimat. Variationer i landhöjning har beaktats. Skillnaden i landhöjning är ca 5 cm mellan 1990 och 2100.

Fram till 2100 förväntas medelvattenytan i länet att stiga ca 55 cm jämfört med medelvattenståndet 1990.

Extrema vattenstånd höjs motsvarande. Vattenstånd som idag har 100 års återkomsttid (105 cm i höjdsystemet RH2000) kommer att få en återkomsttid på mindre än 2 år. Det beräknade vattenståndet med 100 års återkomsttid 2100 är 165 cm i RH2000 för länet som helhet.

Det beräknade vattenståndet med 50 års återkomsttid 2100 är 150 cm i RH2000.

7.2 Mälaren

7.2.1 Mälaren och projekt Slussen

Eskilstuna och Strängnäs kommuner påverkas av Mälaren och dess vattennivå. Vattennivån beror främst av tillrinningen från de vattendrag som mynnar i Mälaren och tappningen genom utloppen i Stockholm och Södertälje. År 2000 orsakade hög tillrinning betydande problem runt Mälaren och tydliggjorde därmed behovet av en ökad tappningskapacitet.

Stockholms stad har under flera års tid utrett en ombyggnad av Slussen för att öka möjligheterna till tappning och dimensionera för dagens situation såväl som att ta höjd för förväntade klimatförändringar. I samband med ombyggnationen av Slussen som Stockholms stad förbereder avser man att öka tappningskapaciteten för att minska översvämningensriskerna runt Mälaren. SMHI har därför fått i uppdrag av Stockholms stad att föreslå en ny regleringsstrategi för Mälaren. De övergripande målen för den nya regleringen är att:

- Minska risken för översvämning runt Mälaren
- Minska risken för låga vattenstånd i Mälaren
- Förhindra saltvatteninträngning

Den nya regleringen strävar, förutom att hålla Mälaren inom önskade nivåer, även efter att skapa årstidsvariationer i Mälarens vattenstånd som gynnar strandnära naturmiljöer. Om möjligt skapas även längre perioder med strömmande vatten i Stockholms ström.

Innan Slussens utformning är beslutad går inte problematiken att utreda fullt ut. I delbetänkandet från Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU 2006:94) konstaterades att både höga och låga vattennivåer i Mälaren kommer att bli vanligare i framtiden.

7.2.2 Risker idag och i framtiden

Innan ombyggnaden av Slussen är klar och nya regleringsmöjligheter finns på plats föreligger en förhållandevis hög risk för stora översvämningssproblem liknande eller värre än de som inträffade år 2000. Sannolikheten för detta är strax över 1 % per år som innebär att den totala risken är drygt 10 % under en tioårsperiod vilket motsvarar en ungefärlig tid för ombyggnad. När den nya Slussen med utökad tappningskapacitet är klar och en ny vattendom föreligger är översvämningensrisken från Mälaren inte längre ett hot i tidsperspektivet 50-100 år. Det som kan förändra denna bild på längre sikt är stigande havsnivåer, vilket successivt kan komma att minska de skapade marginalerna.

Den nya regleringen innebär att risken för låga vattennivåer i Mälaren minskar för nuvarande klimatförhållanden, dvs. att Mälaren understiger 4,0 m mer sällan och under kortare perioder än med dagens reglering.

Inom Projekt Slussen har känslighetsanalyser gjorts på hur regleringen fungerar under normaldrift i framtida klimatförhållanden i mitten på seklet (2036-2065). Slutsatsen från dessa analyser är att regleringen verkar robust för förändringar i tillrinningsmönster orsakat av klimatförändringar, men att klimatförändringar kan leda till ökad risk för låga vattennivåer i Mälaren under sommar och höst. Vad gäller de lägsta nivåerna så sänks de, med storleksordningen 1-2 dm, på grund av ökad avdunstning

7.3 Hjälmaran

Vattenståndet i Hjälmaran påverkar i Södermanlands län kommunerna Vingåker, Katrieholm och Eskilstuna. Hjälmaran avvattnas främst genom Eskilstunaån men även via Hjälmare kanal. För dagens situation har två olika nivåer översvämningsskarterats (Räddningsverket 2001). Dels en nivå med ca 100 års statistisk återkomsttid men även

en så kallad dimensionerande nivå, som motsvarar ett dimensionerande flöde som kan förväntas inträffa mer sällan än ca vart 10 000:e år.

I delbetänkandet till Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU 206:94) redovisas resultatet från beräkningar för fyra olika klimatscenarier. Det visar att det kommer att ske betydande förändringar i den årliga cykeln för tillrinning och vattenstånd i Hjälmaren. På grund av en ökning av den genomsnittliga nederbörden skulle de idag vanligast förekommande vattenstånden kring +21,70-21,80 m förskjutas något uppåt. Därmed skulle framförallt vattenstånden i intervallet +22,0-22,1 m bli vanligare. Snömängden i Hjälmarens tillrinningsområde förväntas minska i framtiden och som en konsekvens beräknas den genomsnittliga vårfloden bli mindre. De allra högsta nivåerna skulle främst på grund av detta bli mer sällsynta. De lägsta nivåerna bedöms också bli mer sällsynta, eftersom ökad avdunstning förväntas uppvägas av ett mer nederbördsrikt klimat kring Hjälmaren.

Förändringarna av de allra högsta nivåerna i Hjälmaren väntas bli små. I SOU 206:94 redovisas resultatet av beräkningar som visar på lika höga eller någon dm högre nivåer än i dagens klimat. De genomförda beräkningarna pekar också på att de idag förekommande lägsta vattennivåerna i Hjälmaren inte kommer att inträffa på samma sätt i framtiden. Detta på grund av förväntade större nederbörds mängder.

Eftersom utloppet från Hjälmaren har en fallhöjd finns inte samma behov att ändra regleringen som för Mälaren.

8 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR EROSION VID VATTENDRAG OCH KUSTER

Nuvarande förhållande och framtida förändringar av erosion längs stränder vid havskusten, Mälaren, Hjälmaran och vissa vattendrag i länet har inventerats översiktligt. En värdering av konsekvenser till följd av klimatförändringar har därefter genomförts.

8.1 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 och 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 istäckan och isdämmor som utbildats i samband med vårfloöden 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 eroderad och avsatt mängd material sägs området vara stabilt från erosionsynpunkt. 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 lossöra och transportera materialet. När flödes/vindhastigheten minskar avsätts materialet igen. De mest erosionsbenägna jordarna är ensgraderade, jordarter med en kornstorleksfördelning motsvarande sand- och siltjordar.

SGI har tidigare 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 om var erosion konstaterats har inhämtats för kommuner belägna vid kuster och sjöar. 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 förutsättningar för erosion med utgångspunkt från de geologiska förhållandena.

8.2 Förutsättningar för erosion längs kusten och vid Mälaren och Hjälmaren

8.2.1 Erosionsförutsättningar i Södermanlands län

Förutsättningar för erosion finns främst inom områden där jordmaterialet utgörs av sand och silt. Resultaten från SGI:s nationella kartering har använts i denna utredning. På vissa sträckor kan skydd mot erosion ha anlagts men inventering av sådana skydd har inte utförts. Resultatet visar att förutsättningar för erosion förekommer inom ett stort antal områden längs hela kusten i Södermanlands län. De kommuner som är berörda redovisas i Tabell 8-1. Kuststräckor med förutsättningar för erosion redovisas på Karta 1 och 2.

Tabell 8-1. Kommuner med förutsättningar för erosion längs kusten och längs Mälaren och Hjälmaren.

Kustkommuner	Mälaren	Hjälmaren
Nyköping	Eskilstuna	Vingåker
Oxelösund	Strängnäs	Katrineholm
Trosa		Eskilstuna

I vissa kommuner vid kusten och vid Hjälmarens och Mälarens stränder finns relativt stora områden med förutsättningarna för erosion. Nedan ges några exempel på sådana områden:

Vid Sörmländska kusten

- Trosa kommun, utmed östra delarna av Hållsviken.
- Nyköpings kommun, södra delarna av Mellanfjärden, utmed Sjösafjärden och vidare söderut vid Strandstuviken och längs Dragsviksfjärden.

Vid Hjälmaren

- Katrineholms kommun, utmed östra delarna av sjön Öjaren och utmed de sydöstra delarna av Hjälmaren vid Fiskeboda.
- Eskilstuna kommun, Östra Hjälmaren, norr- och söderut från Hjälmaresund.

Vid Mälaren

- Eskilstuna kommun, vid Kvikksund, från Sundbyholm och norrut, västra delarna av Sörfjärden.
- Strängnäs kommun, utmed nordvästra delen av Selaön från Algövik till Gröndalsviken. Vidare utmed de sydöstra delarna av Aspön via Krissbosundet till de nordvästra delarna av Oknön samt utmed stränderna vid Ringsö.

8.2.2 Konsekvenser av klimatförändringar

Klimatförändringar kommer att medföra en högre havsnivå vilket innebär att områden som tidigare inte utsatts för erosion kommer att påverkas. Samtidigt motverkas detta av den pågående landhöjningen. För bedömning av den långsiktiga erosionen används

normalt havets medelvattennivå. Medelvattennivån 2100 i Södermanlands län kommer enligt kapitel 7 att öka med ca 55 cm vid en global höjning av havsnivån med 1,0 m och med hänsyn tagen till landhöjningen. För bedömning av hur stora strandnära områden som kan komma att påverkas av erosion har använts en modell som bygger på ett samband mellan havsnivåhöjning och påverkan på stränder. Modellen utgår från att en höjd vattennivå i havet påverkar strandens övre del, varvid material förflyttas från stranden ut i havet så att ett nytt jämviktsläge uppkommer. En generell uppskattning enligt denna modell är att en havsnivåhöjning påverkar en strandzons bredd med faktorn 100, dvs. 1 cm höjning av havsnivån har påverkan 1 m upp på stranden.

En höjning av medelvattennivån med 55 cm innebär således att en landremsa längs kusten med i storleksordning 50 – 60 m bredd kan komma att påverkas av ökad erosion utöver den erosion som redan förekommer för dagens förhållanden. Detta gäller för flacka stränder och bottenar. Dessutom tillkommer lokala effekter av erosionen till följd av stormar, översvämning och tillfälliga högvatten eller andra säsongsbetonade effekter. För att ta hänsyn till dessa förhållanden kan göras ett schablontillägg med ca 25 % på utsträckningen av de områden som kan komma att beröras med utgångspunkt från havsnivåhöjningen. Detta innebär att storleksordningen 65 - 75 m av stränder längs kuster kan komma att påverkas av erosion vid seklets slut.

Framtida vattennivåer i Mälaren beror helt av de vattenhushållningsbestämmelser som kommer att fastläggas. Det innebär att det inte är möjligt att ange hur erosionen längs stränderna kommer att förändras. En eventuell högre nivå av medelvattentytan kommer att ge samma effekt som ovan angetts för kusterna.

För Hjälmaran kommer de idag vanligast förekommande vattenstånden att förskjutas något uppåt. Förändringarna av de allra högsta nivåerna väntas bli ganska små. De idag förekommande lägsta vattennivåerna beräknas inte komma att inträffa i framtiden. Detta sammantaget gör att det inte går att utesluta en viss ökad erosion på de avsnitt där de geologiska förutsättningarna finns.

8.3 Områden med förutsättningar för erosion längs vattendrag

De förhållanden som främst påverkar erosionen i vattendrag är jordart och vattenföring. Den största erosionen förekommer i sand- och siltjordar och erosionen längs bottenar och slänter blir större med ökade vattenflöden. Det är framförallt vattenföringar som förekommer under längre tider som orsakar erosion men även extrema flöden kan orsaka skador.

8.3.1 Erosionsförutsättningar i Södermanlands län

Förutsättningar för erosion har inventerats översiktligt för de vattendrag där översvämningsskartering har utförts, nämligen Nyköpingsån (inklusive Åkforsån och Forssjöån) och Trosaån samt dessutom för Eskilstunaån och Kilaån (inklusive Ålbergsån, Vretaån och Virån). Sträckor med förutsättningar för erosion längs vattendrag redovisas på Karta 1 och 2. Längs dessa vattendrag förekommer erosion vid dagens förhållanden och kan medföra förlust av mark, underminering av konstruktioner vid vattendragen samt medföra att stabiliteten i slänter minskar med risk för skred och ras som följd.

Nedan ges några exempel på sådana områden:

- Nyköpings kommun, utmed **Nyköpingsån** från kusten och norrut upp till sjön Långhalsen förekommer stora områden med silt och varvig lera med siltskikt.
- Katrineholms kommun, utmed större delen av **Forssjöån** mellan sjön Yngaren och Forssjö förekommer avlagringar av siltiga sediment.
- Eskilstuna kommun, utmed **Eskilstunaån** vid Vilsta förekommer svämsediment och väster om Husby finns områden med svallsand och isälvsediment utmed ån.
- Nyköpings kommun, utmed **Vretaån** nordost om Ålberga till Vreta förekommer siltiga sediment. Från Vreta och ca 6 km västerut övergår sedimenten till att bli av mer sandig karaktär, typ svallsand.

8.3.2 Konsekvenser av klimatförändringar

Klimatscenerierna fram till 2100 visar ingen entydig bild av förändringar i vattenflöden i länet. Årsmedelvattenföringen förväntas inte förändras i någon större omfattning. Mot slutet av seklet kan man förvänta sig en minskning på 5-10%. Detta innebär att det över året endast i mindre utsträckning påverkar erosionen. Säsongsvis syns däremot en tydlig ökning vintertid och en klar minskning under vår och sommar för samtliga studerade områden.

Eskilstunaåns och Nyköpingsåns 100-årsflöde väntas öka med 20-30% mot slutet av seklet. Fram till år 2050 är förändringen beräknad till 10%. Spridningen mellan beräkningarna är dock stor. För Trosaån syns ingen tydlig trend.

Sammantaget innebär detta att erosionen lokalt kan öka i slänter vid vattendrag vid kraftiga flöden i de delar av länet där geologiska förutsättningar finns redan idag för erosion enligt Karta 1 och 2. Särskild uppmärksamhet behövs där erosion kan innebära risker för bebyggelse och anläggningar i anslutning till sådana vattendrag.

8.4 Sammanfattande slutsatser för erosion längs stränder

Förutsättningar för **erosion längs havskuster, Mälaren och Hjälmaren** finns främst inom områden där jordmaterialet utgörs av sand och silt. Förutsättningar för erosion finns inom vissa områden längs kusten i Nyköping och Trosa kommuner och längs Hjälmarens och Mälarens stränder i Vingåkers, Eskilstuna och Strängnäs kommuner. Omfattningen av erosionen i detalj förutsätter att detaljerade höjdmodeller används och detta har inte ingått i utredningen. För bedömning av hur stora strandnära områden som kan komma att påverkas av erosion har därför använts en modell som bygger på ett samband mellan havsnivåhöjning och påverkan på stränder. Klimatförändringar kommer att medföra en högre havsnivå vilket innebär att områden som tidigare inte utsatts för erosion kommer att påverkas. Samtidigt motverkas detta av den pågående landhöjningen.

Havsnivåhöjningen fram till 2100 bedöms innebära erosion med ytterligare ca 65 – 75 m inåt land jämfört med redan pågående erosion. Erosionsförhållandena i Mälaren beror helt av de vattenhushållningsbestämmelserna som kommer att fastläggas. Det innebär att det inte är möjligt att ange hur erosionen längs stränderna kommer att förändras. En eventuell högre nivå av medelvattenytan kommer att ge samma effekt som ovan angetts för kusterna. För Hjälmarens är ingen ändring beslutad. Där finns inte heller samma behovsbild som för Mälaren eftersom utloppet från Hjälmarens har en fallhöjd till Mälaren.

Förutsättningar för **erosion längs vattendrag** har inventerats översiktligt för de vattendrag där översvämningskartering har utförts. Det finns sträckor med förutsättningar för erosion längs samtliga inventerade vattendrag. På dessa sträckor kan erosion medföra förlust av mark, underminering av konstruktioner samt minskad säkerhet mot stabilitetsbrott i slänter och därigenom orsaka risk för skred och ras.

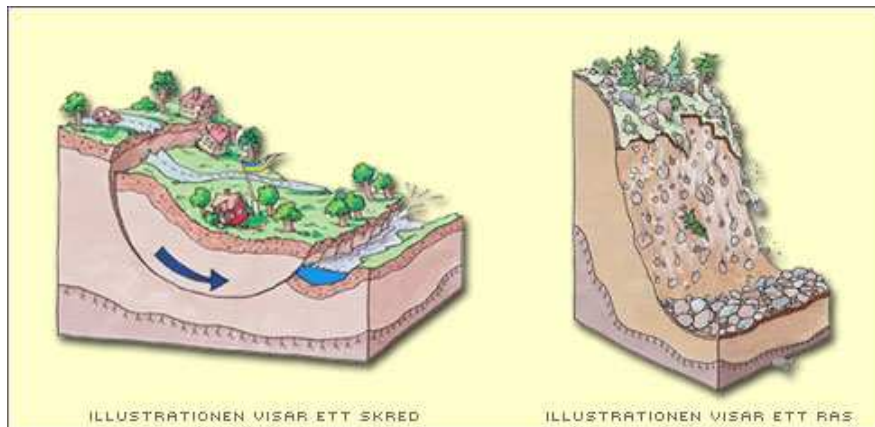
Årsmedelvattenföringen förväntas inte förändras i någon större omfattning. Detta innebär att erosionen över året endast påverkas i mindre utsträckning. Säsongsvis syns däremot en tydlig ökning vintertid och en klar minskning under vår och sommar för samtliga studerade områden. Sammantaget innebär detta att erosionen lokalt kan öka i slänter vid vattendrag vid kraftiga flöden i de delar av länet där geologiska förutsättningar finns redan idag för erosion. Särskild uppmärksamhet behövs där erosion kan innebära risker för bebyggelse och anläggningar i anslutning till sådana vattendrag.

9 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR RAS OCH SKRED

I denna utredning har en inventering och sammanställning gjorts av de karteringar av stabilitetsförhållandena som utförts inom Södermanlands län och som bekostats av MSB. Stabilitetsförhållandena har bedömts för dagens klimat men en beskrivning av förändringar i framtida klimat redovisas.

9.1 Förutsättningar för skred och ras

Skred och ras 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 9-1. 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 och att de ofta initieras av intensiv nederbörd som kan öka portrycket och sänka jordens skjuvhållfasthet.



Figur 9-1. Illustration av skred och ras i jord.(MSB)

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.

9.2 Metodik för stabilitetskarteringar

MSB bekostar översiktliga stabilitetskarteringar i landets kommuner för befintliga bebyggda områden. Karteringen ska utgöra ett stöd i kommunens riskinventering och riskhantering. Avsikten är att kommunen själv ska gå vidare och utföra detaljerade utredningar i områden med otillfredsställande säkerhet.

Eftersom MSB:s kartering är begränsad till befintlig bebyggelse med en viss täthet kan det finnas risker för ras och skred inom andra områden som inte är bebyggda eller som har gles bebyggelse. Detta gäller samtliga kommuner och måste beaktas i samband med fysisk planering och exploatering av nya områden.

MSB:s karteringar utförs i olika steg, genom förstudier och huvudstudier. Förstudier görs mycket översiktligt i samråd med kommunen. De genomförs i syfte att avgränsa de områden som ska behandlas vidare i nästa skede, den så kallade huvudstudien.

Huvudstudien innebär att stabilitetsförhållandena för slänter med jordlager bestående av lera, silt och sand i bebyggda områden kartläggs översiktligt.

Huvudstudien i etapp 1 är i sin tur indelad i etapp 1A och etapp 1B. I etapp 1A karteras stabilitetsförhållandena översiktligt med avseende på jordart och topografi och närhet till vattendrag. Besiktningar utförs i fält.

Syftet med etapp 1A är att utifrån jordartsförhållanden ange vilka områden som har förutsättningar för skred och ras respektive saknar förutsättningar för skred och ras. Denna etapp ger inga exakta svar om skredrisken. Metodiken fastställer bara om förutsättningar kan finnas för skred och ras.

I etapp 1B kartläggs stabilitetsförhållanden översiktligt utifrån fältundersökningar och överslagsberäkningar i särskilt utvalda sektioner. En bedömning och värdering utförs också av tidigare genomförda stabilitetsutredningar inom de aktuella områdena.

Syftet med etapp 1B är att översiktligt identifiera områden där stabiliteten är tillfredsställande alternativt områden där stabiliteten inte kan anses tillfredsställande. Anses förhållandena vara otillräckligt utredda rekommenderas mer detaljerade undersökningar av förhållandena på platsen.

Samtliga kommuner i Södermanlands län utom Trosa kommun karterades under åren 1993-1996. I Trosa kommun utfördes karteringen under 1997, vilket betyder att karteringen utfördes med MSB:s nya karteringsmetodik införd 1997. Se vidare i texten nedan. På Karta 1 och 2 redovisas samtliga områden i Södermanlands län med förutsättningar för skred och ras med en enhetlig beteckning (röd färg).

9.3 Föresättningar för skred och ras för dagens klimat

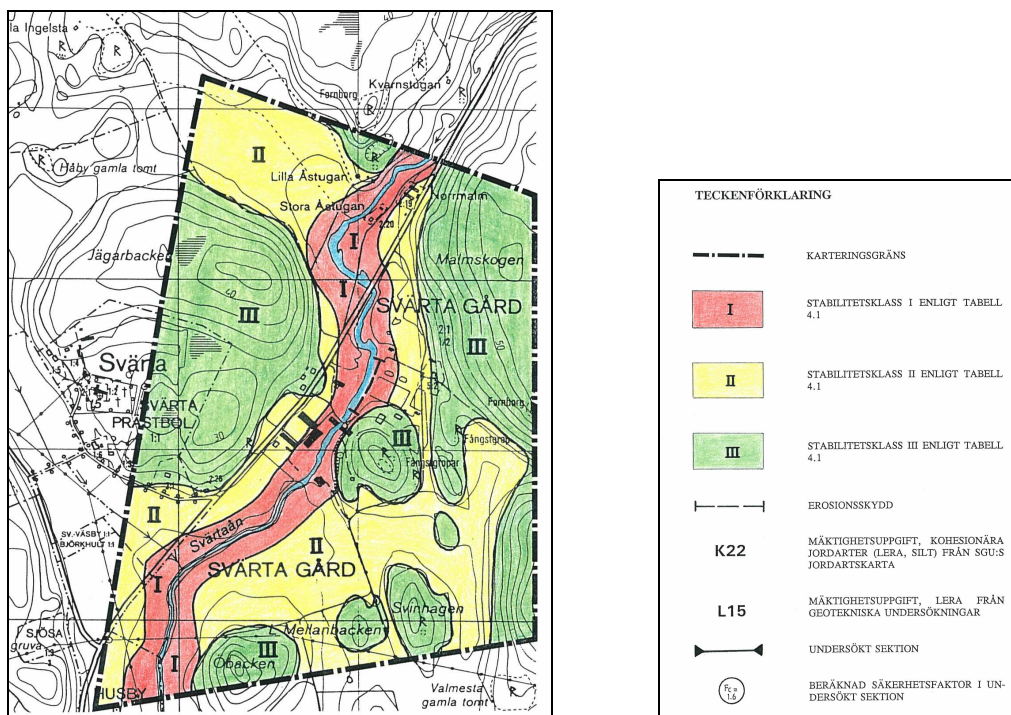
9.3.1 Stabilitetskartering, äldre metod

I denna utredning redovisas områden med föresättningar för skred och ras enligt MSB:s översiktliga stabilitetskartering utförda enligt en metod som användes före 1996. Denna metod har använts för Nyköpings kommun.

I karteringsmodellen delades områdena in i zoner med olika stabilitetsföresättningar baserade på jordart och topografiska förhållanden. Zonindelningen gjordes i tre zoner, stabilitetszon I, II och III. Stabilitetszon I omfattar områden där det finns föresättningar för initiala skred och ras. För Södermanlands län omfattar de områden med lera alternativt silt eller sand på lera. Kartan som visar stabilitetsföresättningarna visar emellertid inte risken för skred och ras eftersom zonindelningen inte utgör något mått på säkerheten utan endast grundföresättningarna för skred och ras med hänsyn till jordart och marklutning.

Exempel på redovisning av indelning i stabilitetszoner vid kartering med äldre modell redovisas i Figur 9-2.

Områden med föresättningar för skred och ras i stabilitetszon I enligt ovanstående redovisas med röd färg på Karta 1 och 2. För de markerade områdena gäller att det inte kan säkerställas att stabiliteten är tillfredsställande utan här behöver med detaljerade utredningar genomföras.

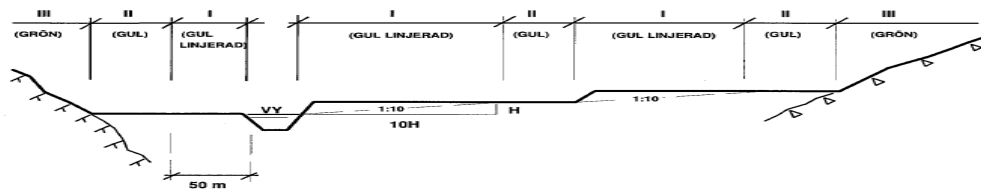


Figur 9-2. Exempel på redovisning av MSB:s översiktliga stabilitetskartering från Nyköpings kommun, Svärta, (VBB VIAK, 1993-04-30). Stabilitetszon I är markerad med röd färg.

Kriterier för urval i etapp 1a är följande inom områden med lera och silt/sand på lera.

- Mark inom avståndet $10 \times$ slänthöjden räknat från slänthöjd/strandlinje.
- Mark inom 50 m från strandlinje för sjöar och för större vattendrag (älvar/åar), markerade med dubbla streck på fastighetskartan, skala 1:10 000.
- Mark inom 25 m från strandlinjen för vattendrag (bäckar/diken), markerade med enkla streck på fastighetskartan, skala 1:10 000.

Kriterier för indelning och redovisning av stabilitetsförhållandena i lermark framgår i Figur 9-3 .

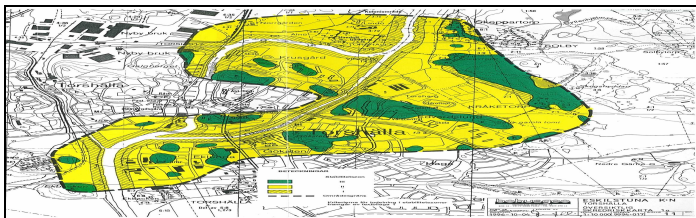


Figur 9-3 Kriterier för indelning och redovisning av stabilitetsförutsättningarna i lermark (MSB)

9.3.2 Stabilitetskartering, nuvarande metod

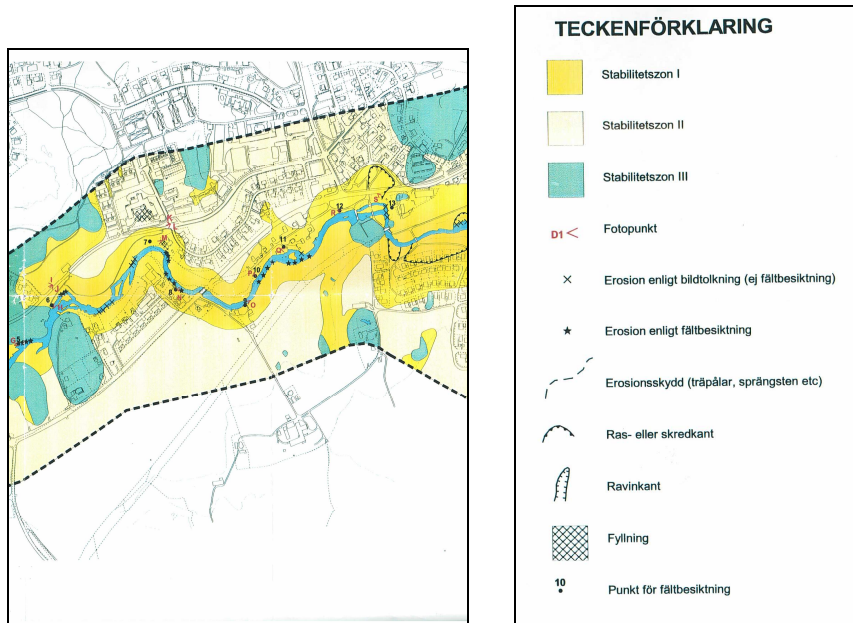
Kommunerna Eskilstuna, Flen, Gnesta, Katrineholm, Oxelösund, Strängnäs och Vingåker har karterats år 1996 medan Trosa kommun karterades 1997 med en metod där huvudstudien är indelad i Karta 1A (etapp 1a) och Karta 1B (etapp 1b). Den metod som använts i Trosa är den som för närvarande används vid stabilitetskarteringar.

Exempel på redovisning av indelning i stabilitetszoner vid kartering med nuvarande metod redovisas i Figur 9-4 och Figur 9-5.

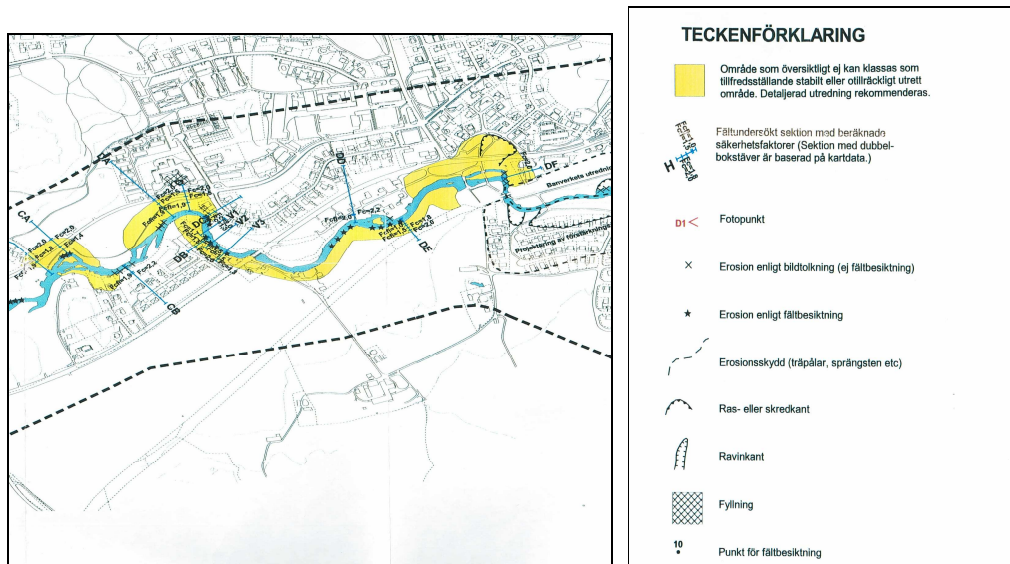


Figur 9-4. Exempel på redovisning av MSB:s översiktliga stabilitetskartering från Eskilstuna kommun, Torshälla, Karta 1A (etapp 1a), (Bohusgeo, 1996-10-04). Stabilitetszon I är markerat som rasterat område på karta 1A och 1B

I etapp 1b har områden med förutsättningar för skred och ras utvalda i etapp 1a analyserats noggrannare. Vissa områden kan "friskrivs" från stabilitetsrisker och det är därför oftast färre områden som redovisas i etapp 1b än i etapp 1a. Jämför markerade områden i Figur 9-5 och Figur 9-6 som visar samma område i Vagnhärad före och efter "friskrivning". De som återstår efter "friskrivning" anges som "område som översiktligt inte kan klassas som tillfredsställande stabilt eller område som är otillräckligt utrett" och redovisas med röd färg på bifogade kartor 1 och 2.



Figur 9-5. Exempel på redovisning av MSB:s översiktliga stabilitetskartering från Vagnhärad i Trosa kommun, Karta 1A (SGI,1997-11-24).



Figur 9-6. Exempel på redovisning av MSB:s översiktliga stabilitetskartering från Vagnhärad i Trosa kommun, Karta 1B (SGI,1997-11-24).

9.4 Inträffade skred i Södermanlands län

I SGI:s skreddatabas finns två skred registrerade i Södermanlands län

Skred i Vallby, Nyköpings kommun

I januari 1916 inträffade ett skred i en skärning i anslutning till järnvägen. Skredet omfattade ett 1000 m² stort område av lera.

Enligt Slutbetänkandet från Staten Järnvägars Geotekniska Kommission 1922 inträffade skredet i ett område med morän, överlagrat av mjällig varvig lera där leran närmast moränen var mycket lös. En bidragande faktor till skredet var troligtvis vatteninfiltration från skärningens överdike. Skredet inträffade nämligen omedelbart efter en hastig temperaturstegring som följdes av en stark snösmältning då vattnet saknade fritt utlopp på grund av dämning i överdiket. Skredet startade genom att finsand och silt i släntens nedre del flöt ut och det fick sedan ett bakåtgripande förlopp.

Skred i Vagnhärad, Trosa kommun

I maj 1997 skedde ett långsträckt skred längs Trosaån i en lerslänt med villabebyggelse i Vagnhärad. Leran i slänten hade en mäktighet som varierade från någon meter i släntens övre del och upp till 15 m i de lägst liggande partierna. En teknisk/vetenskaplig utredning av skredet redovisas i (Andersson m. fl. 1998)

Drygt en vecka före huvudskredet inträffade ett mindre skred vid Trosaåns strand. Huvudskredet omfattade en ca 200 m lång sträcka längs Trosaån och sträckte sig ca 60 m upp i slänten. Skredområdet var ca 12000 m² stort. Vid skredet totalförstördes eller underminerades sju villor, en gång- och cykelväg med tillhörande bro över ån och åfåran försköts ca 15 m. Ett foto från skredområdet visas i Figur 9-7.



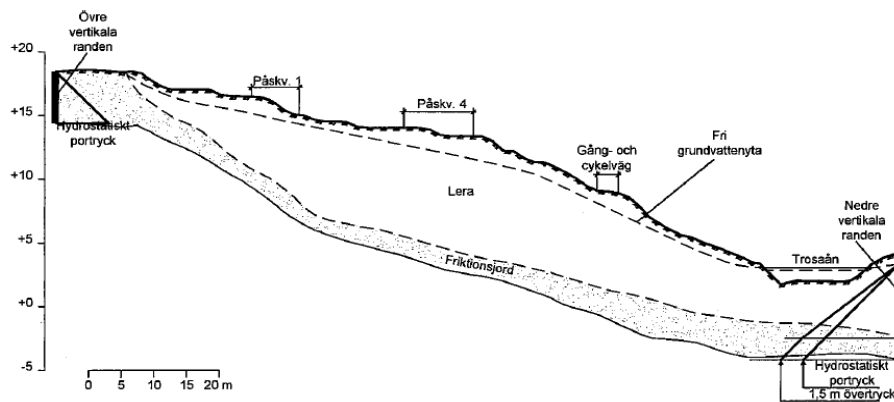
Figur 9-7. Skred i Vagnhärad 1997. Foto: SGI.

Slänten bildades genom en geologisk process där lösa sediment avsatts på den sluttande bergytan under den tid då området eller delar därav befann sig under havsytans nivå. Området närmast släntens nedre del kan antas ha varit i det närmaste plant vid den tidpunkt då denna del på grund av landhöjningen kom över havsytan. Erosionen som sedan pågått längs Trosaån och småskred i åkanten har sedan minskat lermäktigheten och ökat släntlutningen inom detta parti.

I lerans undre del förekom siltlager och silten underlagrades av friktionsjord som utgjorde ett grundvattenmagasin. Till detta magasin infiltrerades vatten från högre liggande områden som inte var täckta med lera. I skredområdet låg leran som ett tätt lock vilket gjorde att det infiltrerade vattnet resulterade i ett högt vattentryck i jordens porer, så kallat portryck. Höga portryck medför en minskning av jordens hållfasthet och tillsam-

mans med den pågående erosionen längs ån har inverkan av de höga trycken successivt ökat. Den pågående geologiska processen har alltså medfört att stabiliteten för området långsamt försämrats. Dessutom hade exploateringen av området medfört att effekter av mänskliga ingrepp tillkommit på grund av tillkommande laster i form av uppfyllnader och ändrade förutsättningar för vattenströmning i jorden på grund av till exempel ledningsgravar.

En sektion genom området för det initiala skredet visas Figur 9-8. Där framgår släntens geometri, jordarter och vattenförhållanden.



Figur 9-8 Geometri, jordarter och vattennivåer i sektionen genom initialskredet (Andersson et al, 1998)

Under veckan före initialskredet observerades en för årstiden ovanligt kraftig nederbörd. Grundvattennivån var vid tiden för skredet något högre än normalt, som i denna region sammanfaller med den tid på året då de högsta grundvattennivåerna inträffar. De mätningar som utförts tyder på att artesiska vattentryck med en trycknivå 2m över markytan rådde i den underliggande friktionsjorden nere vid ån. I släntens övre del har grundvattenmagasinet sannolikt fyllts på och bräddat med en nivå strax under markytan. Om detta varit normalt för perioder med kraftig nederbörd eller om extra vattentillförsel skett i form av inläckande ledningsvatten är svårt att avgöra. Grundvattennivån i släntens övre del har dock en begränsad betydelse för portrycken i släntens nedre del där skredet startade, liksom för den efterföljande skredutvecklingen.

Genomförda stabilitetsberäkningar visar att säkerhetsfaktorn är nära 1,0 som innebär att slänten kan betraktas som instabil och att ett skred är troligt. De beräknade farligaste glidytorerna sammanfaller väl med det observerade initialskredet.

Beräkningarna har visat att portryckssituationen nere vid ån var avgörande för släntens stabilitet. Andra faktorer som möjliga vattenståndsvariationer i ån och eventuell erosion eller mindre skred i åkanten samt förändringar av vattentrycken i det övre grundvattenmagasinet, skulle också kunna ha haft en viss begränsad betydelse.

Stabiliteten hos jordmassorna i de övre partierna av en slänt är beroende av det stöd de får från jordmassorna i lägre liggande partierna. Utförda överslagsberäkningar visar att när det initiella skredet inträffade vid släntfoten, så räckte det med en mindre reduktion

av förmågan att hålla emot påhängskrafterna från de ovanliggande jordmassorna, för att skredet skulle kunna fortsätta att utbreda sig i den omfattning som blev fallet.

Den efterföljande analysen visade att skredet mest troligt utlöstes av två eller flera av följande faktorer:

- För årstiden kraftigt regn, eventuellt i kombination med en vattenläckla, som höjde portrycket.
- Erosion och små lokala skred utmed åkanten.
- Återkommande markrörelser som reducerade hållfastheten.
- Vattenståndet i Trosaån var lågt under denna period.

9.5 Konsekvenser av klimatförändringar

Viktiga utlösande faktorer för skred och ras 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 belastningar från mänskliga aktiviteter och vattentryck. 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 negativt.

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 kapitel 5 och 6 beskrivs förväntade förändringar av klimatet i Södermanlands län avseende förändringar i nederbörd och vattendragens flöden. Båda dessa har inverkan på sannolikheten för skred och ras. Årsmedelnederbörden beräknas öka med 20 % mot slutet av seklet jämfört med referensperioden 1961-1990, med störst ökning under vinterhalvåret. Under sommar och höst förväntas nederbörden vara relativt oförändrad. Årsmedelvattenföringen förväntas inte ändras i någon större omfattning. Mot slutet av seklet visar beräkningarna en svagt nedåtgående trend för Eskilstunaån och Nyköping-åsen, mindre än 5% lägre än idag medan Trosaån visar på minskande medelvattenföring med 10 %. På grund av den ändrade flödesregimen under året syns däremot en klar ökning vintertid och en minskning under vår och sommar.

Årsmedelvattenföringens förändring bedöms bli liten i åarna i Södermanlands län och det innebär att det inte påverkar erosionen i stort, men det går ändå inte att utesluta att man kan få erosionsskador på sträckor där förutsättningar för erosion finns. Dessa skador kan påverka stabilitetssituationen negativt.

I en studie har undersökts hur jordslänters säkerhet mot stabilitetsbrott förändras vid förändrat klimat (SGI Varia 560:1). Det är främst effekten av ökade nederbörds mängder som har studerats. 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.

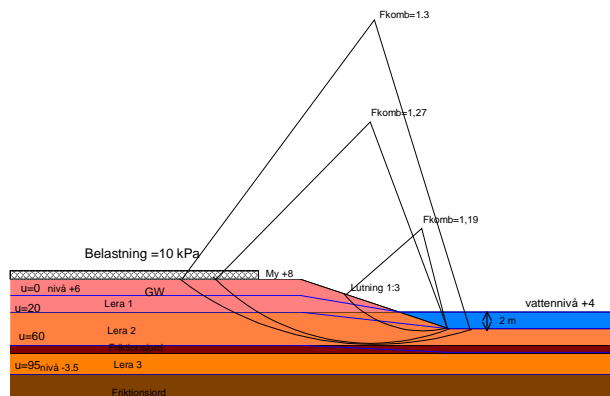
Säkerhetsfaktorn, F , som ofta används för att beskriva stabilitetsförhållanden i slänter, definieras som förhållandet mellan mothållande krafter (skjuvhållfasthetens medelvärde utefter en tänkt glidyta, τ_f) och motsvarande pådrivande krafter (mobiliserade skjuvspänning, τ_{mob}):

$$F = \tau_f / \tau_{mob}$$

Ju större F är desto större säkerhet mot brott. När den framräknade säkerhetsfaktorn är 1 eller lägre betraktas slänten som instabil och ett skred eller ras är troligt.

Typfall för Södermanlands län

Typfallet i Figur 9-9 är en lerslänt med ett vattendrag vid släntfoten som kan anses representera de geotekniska förhållandena i Södermanlands län. Fallet representerar en slänt med en lermäktighet på ca 10-15 m. Det finns ett genomsläppligt skikt av friktionsjord inlagrat i leran. Om enbart grundvattentrycket i friktionsjordslagret höjs, t.ex. vid framtida klimatförändringar, minskar säkerhetsfaktorn från ursprungligen 1,2-1,3 för dagens förhållanden till under eller omkring 1. Det vill säga att sannolikheten för ett skred är stor. Detta gäller till exempel vid ett kort häftigt regn eller att vattnet i vattendraget sjunker undan men grundvatten- och portrycksnivån i jorden fortfarande är hög. Om dessutom erosionen ökar, på grund av ökad strömning i vattendraget, kommer säkerhetsfaktorn att ytterligare minska. Detta medför att sannolikheten ökar för att slänten blir instabil eller att bakåtgripande skred kan inträffa.

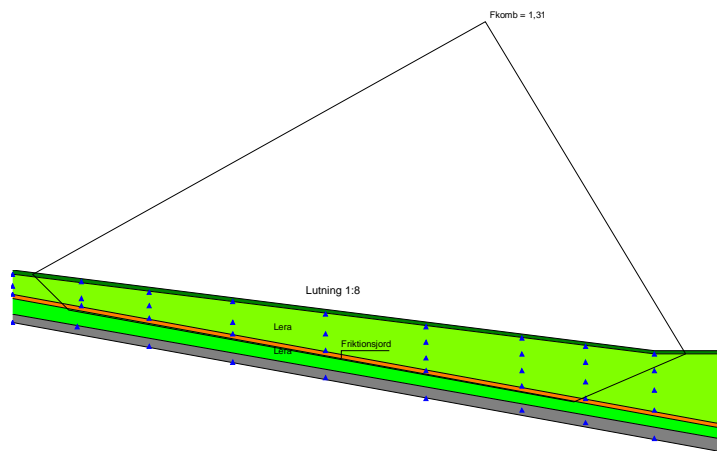


Figur 9-9. Exempel på en typslänt av lera med inlagrat skikt av friktionsjord som beräknats för nya klimatförutsättningar. (Hultén, 2005). I figuren visas stabilitetsförhållandena för dagens förhållanden.

I Figur 9-10 visas ett typfall med en långsträckt lerslänt som innehåller ett lager av genomsläpplig friktionsjord. Leran ovan friktionsjordslagret har en varierande mäktighet mellan 4 och 12 m. Leran under lagret har en mäktighet mellan 2 och 4 m. Denna typ av slänt är vanlig i områden med lerjordar i närheten av fastmark eller sluttande terräng, med olika lokala förutsättningar på jordmäktigheter och hållfasthetsegenskaper.

För de rådande förutsättningarna är i detta typfall säkerhetsfaktorn mot stabilitetsbrott 1,35 när glidytan berör friktionsjordslagret. Ökad nederbörd eller kraftigt regn medför en höjning av portrycksnivån som här bedömts till 1 m och som är genomgående för hela jordprofilen. Inverkan på säkerhetsfaktorn blir liten, 2- 3 %, i jämförelse med ursprungsförhållandena. En känslighetsanalys visar att det artesiska trycket i skiktet skulle behöva ökas motsvarande 5 m vattenpelare för att slänten ska bli instabil. Effekten av klimatförändring med höjd portrycksnivå eller artesiskt tryck i skikt blir således liten i detta fall.

I täta jordar innebär en ökad nederbörd högre portryck som inverkar negativt på hållfastheten. Slänter av tät jord kan ibland innehålla lager av genomsläppliga jordar så som visats i ovanstående exempel. I dessa lager kan ett vattenövertryck uppstå i samband med hög nederbörd. Innan trycket har utjämnats innebär det en försämring av säkerheten mot stabilitetsbrott.



Figur 9-10. Exempel på en långsträckt typslänt som beräknats för nya klimatförutsättningar (Hultén, 2005). Figuren visar en lerslänt där säkerhetsfaktorn har beräknats för en höjd portrycksnivå 1 m.

Sammanfattning av analys av typfall

Sammanfattningsvis visar de typfall som studerats att de förändringar av portryck och grundvattennivåer som en klimatförändring kan innebära ger en försämring av stabiliteten jämfört med dagens situation. Speciellt tydligt är detta vid snabba kortvariga förändringar till exempel häftiga regn som tillsammans med ökad erosion i vattendragen kvantitativt leder till stor försämring av stabilitetsförhållandena. Detta kan speciellt komma att påverka områden som ligger i anslutning till vattendrag och särskilt i erosionskänslig jord.

Påverkan blir mindre om nivån i vattendragen stiger samtidigt som höjningen av portryck och grundvattennivån i jorden går långsamt, till exempel vid områden med mäktiga lager av tät, lågpermeabel, jord som lera.

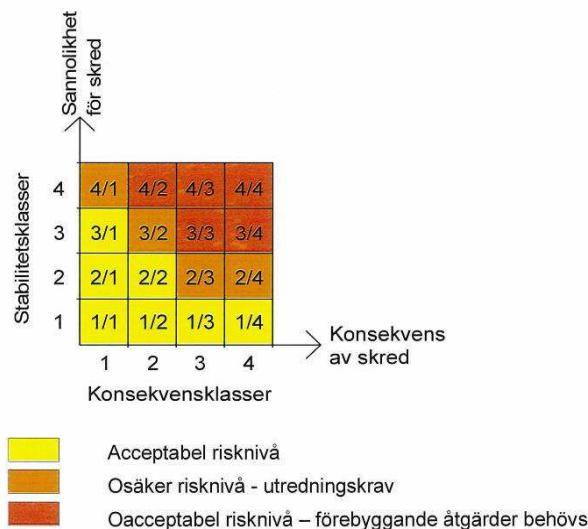
Sammanfattningsvis kan konstateras att klimatförändringar visar att nederbörden kommer att öka, vilket ökar riskerna för ras och skred inom områden med otillfredsställande stabilitet för dagens förhållanden. Det innebär också att det inom ytterligare områden kan komma att finnas slänter som inte har erforderlig säkerhet mot stabilitetsbrott.

10 RISKER FÖR BEBYGGELSE OCH SAMHÄLLSVIKTIG VERKSAMHET

I detta kapitel beskrivs översiktligt hur naturolyckor kan påverka bebyggelse och viss samhällsviktig verksamhet. Vid bedömningen av hur riskerna för naturolyckor påverkar samhället ingår följande kategorier: bebyggelse, förorenade områden, miljöfarlig verksamhet och riskobjekt, vägar och järnvägar, flygfält, hamnar respektive dammar.

10.1 Risker för naturolyckor

Det finns förutsättningar för naturolyckor (skred, ras, erosion 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 och samhällsviktig verksamhet kan komma att skadas. Risken för en sådan skada kan illustreras genom att sannolikheten för en sådan skada och dess konsekvenser kombineras, jfr Figur 10-1.



Figur 10-1. Illustration av risker för skred som en kombination av sannolikhet och konsekvenser (Holmén 1995).

Sannolikheten eller förutsättningarna för en naturolycka beror av naturliga geologiska, geotekniska och topografiska förhållanden. För Södermanlands län illustreras de aktuella områdena som utredningsområden för ras och skred, översvämningsoområden och områden med förutsättningar för erosion. *Konsekvenser* är de värden som drabbas av en olycka, t.ex. skador på människor och egendom eller värdefull natur. I utredningen har identifierats bebyggelse, infrastruktur och samhällsviktig verksamhet som kan hotas av naturolyckor. *Riskerna* kan sedan uttryckas som en sammanvägning av sannolikhet/förutsättningar för naturolyckor och konsekvenser.

Figur 10-1 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 minskas eller elimineras.

För närvarande finns främst översiktliga karteringar av förutsättningar för skred, ras, erosion 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.

10.2 Bebyggelse

Stabilitet

I länet har översiktliga stabilitetskarteringar av förutsättningar för skred och ras genomförts. Stabilitetskarteringarna baseras främst på förekommande lösa jordlager i sluttande terräng och avser enbart bebyggda områden. Det finns ett flertal områden med förutsättningar för skred och ras men riskerna för enskilda byggnader måste bestämmas genom mer detaljerade undersökningar.

Identifierade områden med risk för ras och skred finns i större delen av Södermanlands län i områden med lösa och mäktiga lerlager och ofta i anslutning till sjöar och vattendrag.

De områden som identifierats vid översiktliga stabilitetskarteringar har markerats på Karta 1 och 2.

Några exempel på större områden som identifierats i Räddningsverkets/MSB:s utredning för ras och skred är:

Nyköpings kommun:

- längs Nyköpingsån och Kilaån vid Bergshammar och Jönåker

Trosa kommun:

- längs Trosaån i Trosa och Vagnhärad

Eskilstuna kommun:

- längs Eskilstunaån och Torshällaån

I Nyköpings kommun har den metod för översiktlig stabilitetskartering som var i bruk före 1996 använts.

I den översiktliga stabilitetskarteringen för kommunerna Eskilstuna, Flen, Gnesta, Katrineholm, Oxelösund, Strängnäs och Vingåker har inte metodiken i etapp 1 b följts helt enligt MSB:s anvisningar, vilket innebär att inga områden från stabilitetszon I i etapp 1a har "friskrivits". Detta innebär att "utredningsområdena för ras och skred" för dessa kommuner blir något större på karta 1 och 2 än om etapp 1b har genomförts på avsett sätt.

Det är endast i Trosa kommun som "friskrivning" har genomförts.

Översvämning

Räddningsverket/MSB har utfört översiktliga översvämningsskarteringar längs Nyköpingsån och Trosaån. Kartering av Kilaån pågår. De områden som kan komma att översvämmas vid beräknat högsta flöde i de skarterade vattendragen har redovisats på Karta 1 och 2. Hänsyn har här inte tagits till ökad vattenföring vid klimatförändringar. I anslutning till de vattendrag som beräknas få ett ökat 100-årsflöde kan alltså översvämningensrisken öka.

Den översiktliga karteringen baseras på alltför översiktligt topografiskt underlag för att kunna användas för värdering av risker för bebyggd miljö och tekniska anläggningar. Ett annat problem är lokala översvämningar som förekommer vid häftiga regn. Dessa är svåra att förutse både till geografisk plats och omfattning.

Erosion

Områden med förutsättningar för erosion enligt SGI:s översiktliga inventering finns i delar av kommunerna längs kusten, Mälaren, Hjälmaran och längs flera vattendrag. Dessa områden redovisas på Karta 1 och 2.

10.3 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.

I kartläggning och analys ingår objekt med MIFO riskklass 1 och 2, dvs. mycket stor respektive stor risk. Riskklassning från både fas 1 och fas 2 ingår och i de fall där objekt är klassade i båda faserna redovisas riskklassen enligt fas 2.

Inventeringen av förorenade områden avser områden med *förutsättningar* för naturolyckor, och de konsekvenser som beskrivs 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 kartläggningen att betrakta som en översikt över MIFO-objekt som hotas av naturolyckor. Resultatet kan användas som underlag för prioritering mellan områden både avseende fortsatt MIFO-arbete och avseende mer detaljerade utredningar av sannolikheten för naturolyckor.

Inventeringsresultat

Länsstyrelsen i Södermanland har tillhandahållit en sammanställning av potentiellt förorenade områden. Riskområdena för naturolyckor innefattar 186 potentiellt förorenade områden i riskklass 1-4. 10 % av dessa är riskklassade i fas 2, övriga i fas 1. Det är inte ovanligt att flera objekt är registrerade på samma objektnamn. Det är en följd av arbets sättet med registrering av MIFO-objekt i länet där ett objekt skapas för varje tidigare verksamhet inom objektets område. I dessa fall räknas varje verksamhet som ett eget objekt, se exempelvis Nyköpings Mässingsbruk nedan. Mer än hälften av objekten är riskklassade som 0, vilket innebär att objekten bara är identifierade och inte riskklassade. I de flesta fall är de inom en bransch som inte ska inventeras och riskklassas. I den fortsatta analysen ingår de 50 objekt som har riskklass 1 eller 2. Dessa sammanställs i Bilaga 2. Mer utförlig information om objekten finns i de GIS-skikt som levereras.

I riskklass 1 finns sex registrerade objekt, varav fyra är olika aktiviteter inom Nyköpings Mässingsbruk. Bruket, som ligger inom riskområde för erosion, har förutom mäsningstillverkning även huserat pappersbruk och mekanisk verkstad. De två övriga objekten tillhör området Fors Ullspinneri AB m.fl., där verksamhet inom textilindustri och verkstadsindustri med ytbehandling har bedrivits. Objektet ligger inom område med förutsättningar för ras/skred.

I riskklass 2 finns 44 objekt fördelade på 19 objektsnamn. Verkstadsindustri och ytbehandling av olika slag står för ca 25 % vardera av objekten, och gjuterier och kemtvättar för ca 10 % vardera. I övrigt är objekten spridda över ett tiotal branscher. Riskerna för naturolyckor för de potentiellt förorenade områdena utgörs till lika stora delar av översvämning, ras/skred och erosion. För verkstadsindustri- och ytbehandlingsobjekten så är riskerna för översvämning och ras/skred störst.

Beskrivning av hur olika naturolyckor påverkar förorenings spridning

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

Erosion innebär risk för partikelspridning av föroreningar till ytvatten.

Ras och skred 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 på grund av 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.

10.4 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 Södermanlands län.

De databaser som använts som underlag för bedömningarna för förorenade områden, miljöfarlig verksamhet och riskobjekt uppdateras kontinuerligt. Detta faktum bör det tas hänsyn till när förnyade bedömningar ska göras i ett senare skede så att, vid varje tillfälle, de mest aktuella data används som underlag för bedömningar och analyser.

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.

10.4.1 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, Forsvarsmaktens hamnar, små industrier, stora växthus och små vindkraftverk. I denna utredning beaktas verksamheter som hanterar kemikalier och är tillståndspliktiga enligt beteckning A eller B.

Inventeringsresultat

En A-anläggning, Värmeverket Vattumannen i Eskilstuna, är utsatt för översvämningsrisk. 18 B-anläggningar ligger inom riskområde för minst en naturolycka: ras/skred (11 st), översvämning (11 st) och/eller erosion (1 st). Bland B-anläggningarna kan nämnas sju avloppsreningsverk, där fem hotas av ras/skred och fyra av översvämning. Det störs-

ta av dessa, Eskilstuna Avloppsreningsverk (135 000 pe) hotas av både översvämning och ras/skred. Övriga hotade objekt tillhör olika branscher (fullständiga branschcodor och branschnamn saknas i utredningsmaterialet). Identifierade objekt sammanställs i Bilaga 2. Mer utförlig information om objekten finns i de GIS-skikt som levereras.

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 algutväxt 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. Vid ett eventuellt skred kan hela eller delar av reningsverket förstöras, och reningskapaciteten kan försämrats eller helt försvinna under en lång tid. Ledningsbrott till följd av ras/skred kan också leda till tillfälliga avbrott i reningen.

10.4.2 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.

Inventeringsresultat

Ett riskobjekt enligt Sevesolagstiftningen ligger inom område med förutsättningar för ras/skred: Vattenfall AB Värme Norden. Anläggningen bedriver någon typ av tillverkning och hanterar brandfarliga och explosiva varor. Fullständig information saknas i utredningsmaterialet. Koordinatsatt objekt och mer utförlig information finns i de GIS-skikt som levereras.

10.5 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 sluttningar, jordarter som silt, lera och sand samt påverkan från nederbörd och strömmande vatten kan påverka stabilitetssituationen negativt. Där dessa faktorer kombineras kan säkerheten vara låg. Översvämningensrisken 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 jordkonstruktioner. Anläggningsägaren Trafikverket är medveten om betydelsen av dessa och förbättrar anläggningarna successivt.

10.5.1 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 risk 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. När de högst prioriterade vägarna är analyserade kommer riskanalyser successivt att genomföras på övriga delar av det statliga vägnätet.

Trafikverket har i Södermanland län genomfört en övergripande riskanalys och därefter gjort en platsöversiktlig grovinventering. Resultatet från riskanalyserna på vägnätet visar att länet är förskonat från stora risker för skred, ras, erosion och översvämningar som finns i vissa andra delar av landet. Det betyder inte att det finns någon garanti för att problem inte ska uppstå, men Trafikverket gör den bedömningen att de åtgärder som vidtas i den löpande verksamheten är tillräckliga. Länsstyrelsen har synpunkten att insatserna, för att motverka riskerna för klimatrelaterade skador, bör ses som planerat underhåll istället för att komma upp som akuta projekt.

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.

10.5.2 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 ras- och skredsypunkt 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 besiktningens anmärkningar. När anmärkningarna senare åtgärdas kan fel som kan leda till olyckor eller tillbud förebyggas eller förhindras. Anläggningarnas risknivå är en direkt funktion av föreskrifternas efterlevnad.

I Södermanlands 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 Södermanlands län.

10.6 Flygfält

I Södermanlands län finns två flygplatser som tas med i denna utredning. Det är Stockholm Skavsta och Eskilstuna flygplats.

Stockholm Skavsta är Sveriges tredje största flygplats. Den används för både reguljär- och chartertrafik. År 2009 var flygplatsens totala passagerarantal 2 525 000.

Flygplatsen har ett visst problem med högt stående grundvatten. Det visar sig som problem med bärligheten och ojämna tjällyftningar. Det finns inga problem med ras, skred, erosion eller översvämning.

Eskilstuna flygplats har under 2009 endast trafik med skolflygplan, lättare flygplan och helikoptrar. Flygplatsen anlades av försvarsmakten för drygt 50 år sedan. Inga speciella utredningar har genomförts när det gäller ras och skred. Problem med översvämning har förekommit och berodde då på bäverdammar i anslutning till flygplatsen.

10.7 Hamnar

I Södermanlands län finns endast två tillståndspliktiga hamnar. Det är Oxelösunds hamn och Gorsingehamn i Strängnäs.

Oxelösunds hamn har en omfattande verksamhet och under 2010 hanterades en godsmängd av drygt 7 600 000 ton. I huvudsak transporteras olja, järnpellets, omlastningskol, stål, järnprodukter, metall och koks. Hamnen är i huvudsak anlagd på berg. Där finns inga kända stabilitetsproblem och det genomförs regelbundet kontrollmätningar för underhållsbevakning av kajer. Hamnen håller för tillfället på att söka miljötillstånd för muddring.

Gorsingehamn har en begränsad trafik med transport av säd. Enligt kommunen genomförs ingen muddringsverksamhet där. Det har inte heller utförts några utredningar angående ras eller skredrisk.

10.8 Dammar

Enligt Klimat- och sårbarhetsutredningen från 2007 är extrema flöden den klimatfaktor som helt dominerar när det gäller dammsäkerhet. Andra 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 Södermanlands län finns ett stort antal mindre dammar.

Det material som använts i denna rapport bygger 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). Svenska Kraftnät sammanställer årligen information om dammar som riskobjekt.

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).

I ett nationellt perspektiv har Södermanlands län begränsade problem när det gäller dammar. I länet finns det inga dammar som är klassade i konsekvensklass 1A, 1B eller 2 enligt Svenska kraftnäts sammanställning. Dock finns ett stort antal mindre dammar. Är dessa korrekt klassade bedöms det inte finnas några risker för förlust av människoliv eller allvarlig skada på viktiga samhällsanläggningar. Enligt Länsstyrelsens erfarenhet förekommer det i vissa fall brister i funktionen på små dammar som i många fall är utan ägare. Där finns behov av att öka kunskapen om hur dessa brister kan åtgärdas.

10.8.1 Dimensionerande flöden i 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.

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 översvämningskartor 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 översvämningskarteringen och därmed för den fysiska planeringen.

11 STRATEGIER OCH ALTERNATIVA UTFÖRANDE FÖR SKYDD MOT NATUROLYCKOR

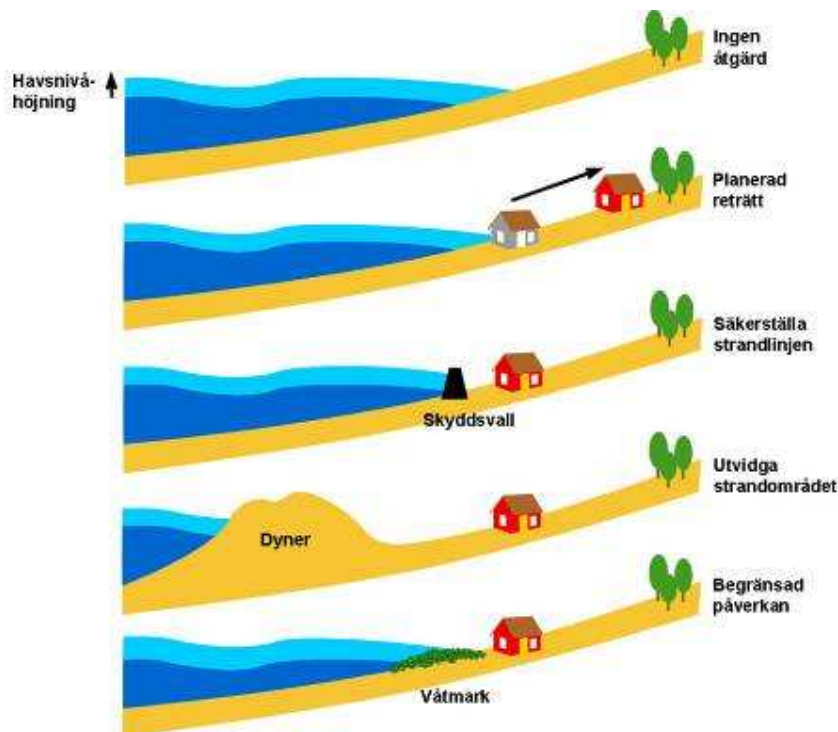
11.1 Strategier för markanvändning

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 om utsläppen av växthusgaser kommer att förändras 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 genom att till exempel 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 11-1.



Figur 11-1. Alternativa strategier för utveckling och skydd av strandnära områden, *Eurosion* (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.

Ett matrisbaserat beslutstödsverktyg finns nu tillgängligt för att göra en strukturerad och väl dokumenterad bedömning av olika åtgärdsalternativ. Verktöget finns beskrivet i Andersson-Sköld m fl (2011).

11.2 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 Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter (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 kommer 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.

gärder 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.

12 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 anpassningen till ett förändrat klimat.

Generellt bör en strategi tillämpas som präglas av tillräckliga säkerhetsmarginaler i den långsiktiga fysiska planeringen. Det innebär att säkerställa tillräckligt avstånd i både plan och höjd för att kunna klara en ökad risk för till exempel översvämning, erosion eller skred. För att ytterligare skapa marginaler är det viktigt att uppnå flexibilitet, d.v.s. att undvika att välja lösningar som är svåra att korrigera eller komplettera 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.

12.1 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 att livslängden hos till exempel bebyggelse, anläggningar, transportinfrastruktur normalt är mer än 100 år. De förväntade effekterna av ett förändrat klimat under denna tidsperiod måste då beaktas.

12.2 Klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö

Klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö som till exempel bebyggelse, infrastruktur- och anläggningar 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 Södermanlands län. För dessa områden behöver risker undersökas närmare genom detaljerade utredningar av geotekniska, topografiska och hydrologiska förhållanden.

12.3 Ras och skred

För att klargöra markens lämplighet för bebyggelse behöver områden som bedömts ha förutsättningar för ras och skred undersökas närmare. Detta gäller områden där ny ex-

planering planeras så att eventuella riskområden kan undvikas eller förebyggande åtgärder vidtas. Inom de områden med befintlig bebyggelse som redovisas i kapitel 9 har inte MSB:s översiktliga kartering kunnat säkerställa att säkerheten mot stabilitetsbrott är tillräcklig. Där bör detaljerade undersökningar utföras.

12.4 Erosion

Strandnära områden med den omfattning som anges i rapporten i kapitel 8 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.

Årsmedelvattenföringen i vattendragen förväntas inte förändras i någon högre grad. Säsongsvis syns däremot en tydlig ökning vintertid och en minskning under vår sommar och höst. Sammantaget kan därför antas att problemen kan öka lokalt där förutsättningar finns för erosion redan idag.

För områden med befintlig och planerad ny bebyggelse är det lämpligt att skydda stränderna mot erosion. Det är därför viktigt att verksamhetsutövare som redan har anläggningar eller har planer för kommande anläggningar är medvetna om problemen och har tillräcklig kunskap för att vidta lämpliga åtgärder.

12.5 Översvämning

När det gäller framtida klimatpåverkade vattenstånd bör utgångspunkten vara de bedömningar som redovisas i denna utredning i kapitel 6 och 7. På längre sikt är det viktigt att bevaka de nya resultat som kommer fram genom den fortsatta forskningen.

När mer detaljerade höjddata finns tillgängliga är det lämpligt att genomföra nya bedömningar av områden som bedöms ligga i riskzonen för översvämning.

12.6 Förorenade områden, 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.

12.7 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 10.8.

Eftersom brister i funktionen har noterats på små dammar som i många fall är utan känd ägare bör kunskapen ökas om hur dessa brister kan åtgärdas.

13 BEHOV AV KOMPLETTERANDE UTREDNINGAR

Denna utredning på länsnivå har varit av översiktlig karaktär och har visat var det finns områden med potentiella risker för naturolyckor. För att närmare klargöra sådana risker behöver mer detaljerade utredningar genomföras som underlag för fysisk planering och anpassningsåtgärder för befintlig bebyggd miljö. I det arbetet är det viktigt att ta hänsyn till den påverkan som ett förändrat klimat ger.

Utredningarna bör klargöra var det finns förutsättningar för skred, ras, erosion och översvämning där omfattning och detaljeringsgrad i utredningarna beror på syfte och användning av resultaten, t.ex. för översikts- och detaljplanering, byggande eller anpassning av befintlig bebyggd miljö.

13.1 Ras och skred

Inom de områden som identifierats ha förutsättningar för ras och skred 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.

Det pågår ett utvecklingsarbete inom den utredning av stabilitetsförhållanden längs Göta älv som SGI för närvarande genomför. I det utvecklingsarbetet undersöks hur klimatförändringarnas påverkar grundvattennivåer och portryck. Resultaten kan användas vid mer detaljerade studier för att närmare klargöra riskerna för skred och ras för befintlig bebyggelse och vid ny exploatering så att eventuella riskområden kan undvikas eller förebyggande åtgärder vidtas.

13.2 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 det finnas olika typer av erosionsskydd. Dessa bör inventeras närmare med avseende på höjda havsnivåer och vid behov förstärkas.

13.3 Översvämning

Detaljerade studier av översvämningsrisk längs hav, sjöar och vattendrag rekommenderas för områden med identifierade riskobjekt. Den nya nationella höjdmodellen kommer att ge bättre höjddataunderlag. Motsvarande underlag för bottenografi, erfordras för detaljerade beräkningar.

De framtida beräknade havsnivåerna kan komma att förändras efterhand som ny kunskap utvecklas. Under tiden är det viktigt att följa och värdera nya forskningsresultat efterhand som de redovisas. Konsekvenser av framtida havsnivåer och risker för naturolyckor bör studeras vidare.

Effekter från våguppsköljning har inte tagits med i denna utredning. Vid exploatering längs kuster bör en sådan komplettering göras, både för dagens och för framtida havsnivåer. För bästa möjliga resultat är det en förutsättning att topografi och batymetri är väl kända.

13.4 Förorenade områden och miljöfarlig verksamhet

Inom förorenade områden bör en översiktlig riskbedömning göras enligt kvalitetsmanualen för efterbehandling av förorenade områden (Naturvårdsverket, 2008) med hänsyn tagen till klimatförändringar och dess följd effekter 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.

13.5 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.

13.6 Övrigt

Länsstyrelsen poängterar att det finns juridiska frågeställningar som behöver lösas. Behov finns att klara ut och förenkla vissa frågor som styrs av lagstiftningen. Det gäller till exempel omprövningsförfarande när äldre tillstånd och domar behöver ändras.

14 REFERENSER OCH UNDERLAGSMATERIAL

Andersson, H., Bengtsson P-E., Berglund C., Larsson, R., Sällfors, G., Öberg-Högsta, A-L. (1998). Skredet i Vagnhärad, Teknisk vetenskaplig utredning om skredets orsaker. SGI Rapport 56.

Andersson-Sköld, Y., Helgesson, H., Enell, A., Suer, P. och Bergman, R. (2011). Matrisbaserat beslutstödsverktyg för bedömning av miljö- och samhällsaspekter vid markanvändning. SGI Varia 612.

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.

Bostadsdepartementet, 1979:3 Stockholm 1980. Fysisk Riksplanering (1979), Våtmarker, Mineralråvaror, Geologiska och geotekniska förhållanden, Underlagsmaterial FRP 3.79.

Brandt, S.A., (2009). Betydelse av höjdmodellens kvalitet vid endimensionell översvämningsmodellering. FoU-rapport Nr 35, Högskolan i Gävle.

Cazenave, A., et al., (2008) Sea level budget over 2003-2008: A reevaluation from GRACE space gravimetry, satellite altimetry and Argo. *Glob. Planet. Change* (2008), doi:10.1016/j.gloplacha.2008.10.004.

Copenhagen Diagnosis (2009) *Updating the World on the Latest Climate Science*. I. Allison, N.L. Bindoff, R.A. Bindshadler, P.M. Cox, N. de Noblet, M.H. England, J.E. Francis, N. Gruber, A.M. Haywood, D.J. Karoly, G. Kaser, C. Le Quéré, T.M. Lenton, M.E. Mann, B.I. McNeil, A.J. Pitman, S. Rahmstorf, E. Rignot, H.J. Schellnhuber, S.H. Schneider, S.C. Sherwood, R.C.J. Somerville, K. Steffen, E.J. Steig, M. Visbeck, A.J. Weaver. The University of New South Wales Climate Change Research Centre (CCRC), Sydney, Australia, 60pp.

Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Australien. *Sea Level Rise: Understanding the past – Improving projections for the future*. <http://www.cmar.csiro.au/sealevel/>

Deltacommissie (2008) *Working together with water - A living land builds for its future*. Findings of the Deltacommissie 2008. www.deltacommissie.com/doc/summary.pdf

EuroSION reports (2004), *Living with coastal erosion in Europe, Sediment and space for sustainability*, part 1 to 5_8b, www.euroSION.org, Reports on line, 2009-03-31.

Fysisk Riksplanering (1979), Våtmarker, Mineralråvaror, Geologiska och geotekniska förhållanden, Underlagsmaterial FRP 3.79, Bostadsdepartementet, Departementens offcetcentral, 1979:3, Stockholm 1980.

Holmén, L. , Ahlberg, P. (1995) Samhällsbyggnad och skredriskanalys i södra Göta älvdalen. Slutrapport. Underlag för översiktlig planering och beslut om mark- och vattenanvändning, SGI. Varia 439.

Hultén, C., Olsson, M., Rankka, K., Svahn, V., Odén, K., Engdahl, M. (2005). Släntstabilitet i jord. Underlag för handlingsplan för att förutse och förebygga naturolyckor i Sverige vid förändrat klimat. SGI Varia 560:1.

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.

Lantmäteriet - Om referenssystem och höjdsystem.
http://www.lantmateriet.se/templates/LMV_Page.aspx?id=4210

Lowe, J. A., Howard, T. P., Pardaens, A., Tinker, J., Holt, J., Wakelin, S., Milne, G., Leake, J., Wolf, J., Horsburgh, K., Reeder, T., Jenkins, G., Ridley, J., Dye, S., Bradley, S. (2009) UK Climate Projections science report: Marine and coastal projections. Met Office Hadley Centre, Exeter, UK.
http://ukclimateprojections.defra.gov.uk/images/stories/marine_pdfs/UKP09_Marine_report.pdf

Ministry of Natural Resources and Environment (2009) Climate Change, Sea Level Rise Scenarios for Vietnam. Report from the Ministry of Natural Resources and Environment of Vietnam, Hanoi.

MSB: Översiktliga stabilitetskarteringar utförda i Södermanlands län.
<http://msb.se/sv/Forebyggande/Naturolyckor/>.

<http://www.msb.se/sv/Forebyggande/Naturolyckor/Oversiktlig-stabilitetskartering/Kartering-i-finkorniga-jordar/Metod-for-kartering/>

Naturvårdsverket, (1999), Metodik för inventering av förorenade områden (MIFO). Bedömningsgrunder och vägledning för insamling av underlagsdata, Rapport 4918.

Naturvårdsverket (2007). FN:s klimatpanel 2007: Den naturvetenskapliga grunden. Sammanfattning för beslutsfattare. Rapport 5677, Stockholm.

Naturvårdsverket, (2008), Efterbehandling av förorenade områden. Kvalitetsmanual för användning och hantering av bidrag till efterbehandling och sanering. Utgåva 4.

Netherlands Environmental Assessment Agency, Royal Netherlands Meteorological Institute and Wageningen University and Research Centre (2009) News in Climate Science and Exploring Boundaries - A Policy brief on developments since the IPCC AR4 report in 2007. Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL), Bilthoven, November 2009 PBL publication number 500114013.

NOAA (2009) NOAA Response to Congressional Questions Regarding Climate Change. The Honorable Joe Barton and the Honorable Fred Upton. Questions for the Record from the March 25, 2009 Hearing on Climate Adaptation. Response Updated November 2009 to Include Additional Graphic (www.noaa.gov/images/climate_cooling_testimony111909.pdf)

Personlig kommunikation med Henrik Nilsson Vectura

Personlig kommunikation med Hans Axelsson, Strängnäs kommun

Personlig kommunikation med Jan Lönnborg, Eskilstuna flygplats

Personlig kommunikation med Joakim Lindholm, Skavsta flygplats

Personlig kommunikation med Lennart Roos och Nenad Jelusic Trafikverket

Personlig kommunikation med Per-Erik Danielsson Trafikverket

Personlig kommunikation med Ulf Bäckman, Oxelösunds hamn

Personlig kommunikation med Ulrika Postgård, MSB

Rummukainen, M. och Källén, E. (2009). Ny klimatvetenskap 2006-2009. En kort genomgång av forskningen om klimatfrågans naturvetenskapliga grunder sedan IPCC AR4/WG I från 2007. Rapport till Kommissionen för hållbar utveckling. Stockholm.

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 (2001) Översiktlig översvämningsskartering för Svartån – Hjälmarens – Eskilstunaån, Rapport 18.

Räddningsverket (2001) Översiktlig översvämningsskartering för Mälaren, Rapport 22.

Räddningsverket (2002) Översiktlig översvämningsskartering för Nyköpingsån, Rapport 31.

Räddningsverket (2005) Översiktlig översvämningsskartering för Trosaån. Sträckan Frösjön till utloppet, Rapport 46.

SGU. Jordartskartor över Södermanlands län med beskrivningar, SGU Ser Ae i skala 1:50 000 från år 1972-1989.

SGU, Översigtskarta över de geologiska förhållandena i Södermanlands län. Utdrag ur Sveriges jordarter – en översikt, WMS-tjänst från Sveriges Geologiska Undersökning, SGU, hämtad 2011-01-19.

SGI:s skreddatabas <http://gis.swedgeo.se/skred/>

SGU Jordartskartor över Södermanlands län med beskrivningar. SGU Serie Ae, kartbladen 9G Katrineholm, 9H Nyköping, 10G Eskilstuna och 10H Strängnäs.

SOU 2006:94 Översvämningshot. Risker och åtgärder för Mälaren, Hjälmaren och Vänern. Delbetänkande från Klimat- och sårbarhetsutredningen.

SOU 2007:60 Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Slutbetänkande av Klimat – och sårbarhetsutredningen.

Statens Järnvägar, Geotekniska meddelande 2, Statens Järnvägars Geotekniska Kommission 1914 – 1922. Slutbetänkande 31 maj 1922.

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.

Svensk Energi, Svenska Kraftnät och SveMin (2007) Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar – Nyutgåva 2007.

Trafikverket (2005) VVpublikation 2005:54 och 2005:55, Riskanalys vald vägsträcka.

Vellinga, P., Katsman C.A., A. Sterl and J.J. Beersma, (eds) (2008) Exploring high end climate change scenarios for flood protection of the Netherlands: - an international scientific assessment. International Scientific Assessment. Background document to Delta-commissie (2008).

Yacoub, T., Westman, Y., Sanner, H., Samuelsson, B., 2005. Detaljerad översvämningsskarta för Eskilstunaån. Ett projekt inom KRIS-GIS®. SMHI, Hydrologi nr 98.

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

Geoplanering och klimatanpassning



Ingrid Södergren
Uppdragsledare



Jan Fallsvik
Granskare

Södermanlands län Regional klimat- och sårbarhetsanalys

BILAGA 1 METODBESKRIVNING AV KLIMATANALYS

B1-1 Variation och osäkerhet

Det är viktigt vid tolkning av resultat från analyser av förändringar i ett framtida klimat att ursprunget till de variationer och osäkerheter som förekommer tydligt framgår och även hur denna variation kan bidra med information. Tolkningen av rapportens grafer bör koncentreras till långsiktiga trender snarare än till absoluta värden. Där det är tillämpligt presenteras spridningsmått i form av percentiler för att indikera spridningen i resultat mellan olika klimatmodeller. I denna rapport används 25:e resp. 75:e percentilen, vilket betyder att i princip all data förutom de fyra lägsta samt de fyra högsta scenarierna innefattas i datamängden när 16 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 uppnåts från olika oberoende förutsättningar. Om resultaten från olika modeller och utsläppsscenarier är mycket olika är osäkerheten större.

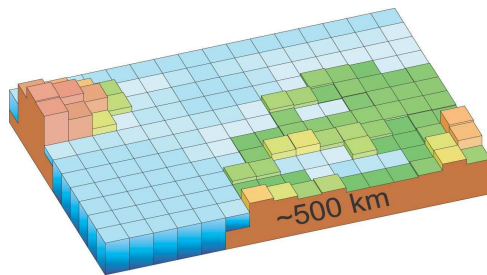
Det klimat som beskrivs av en klimatmodell kan inte förväntas vara i fas med det verkliga klimatet på kort tidsskala, ett fenomen som benämns naturlig variabilitet. Dock ska en välfungerande klimatmodell beskriva medelvärden och variabilitet med tillräckligt

precision, t ex korrekt antal kalla och varma vintrar under en trettioårsperiod. Dessa vintrar kan infalla i en annan sekvens än i det observerade klimatet.

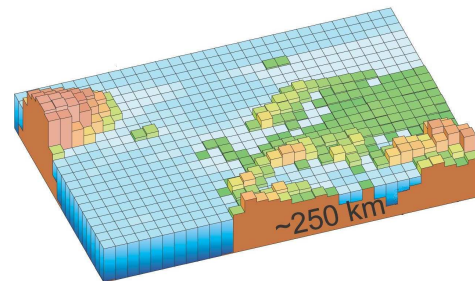
B1 – 2 Modeller för klimatberäkningar

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

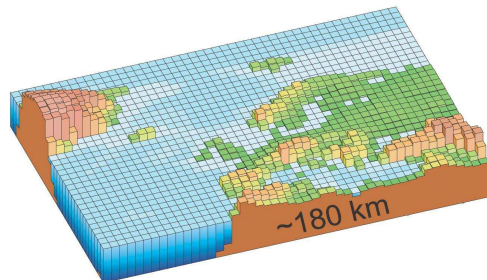
1990



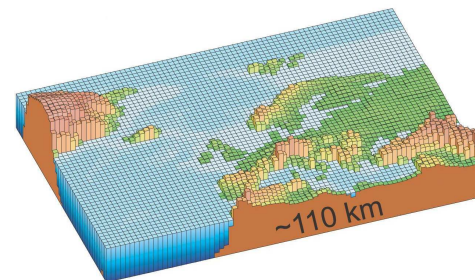
1996



2001

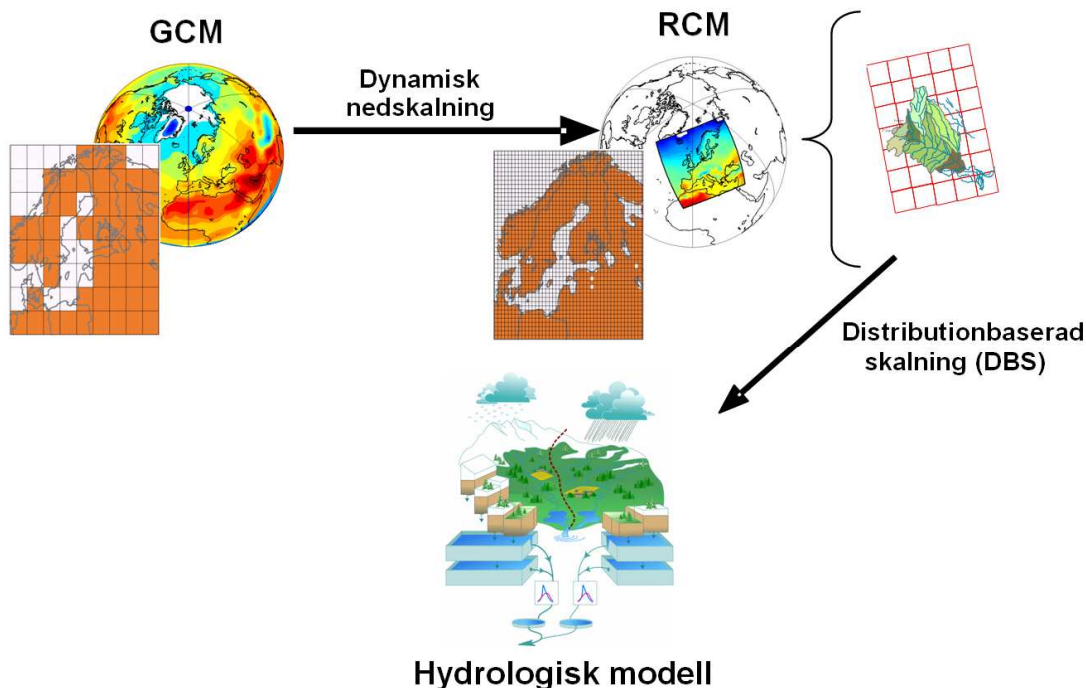


2007



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 diskretisering.

För mer detaljerade regionala analyser krävs en bättre beskrivning av detaljer som påverkar det regionala klimatet. Därför kopplas de globala klimatberäkningar till regionala klimatmodeller (RCM) med bättre upplösning och beskrivning av detaljer såsom exempelvis Östersjön och den Skandinaviska bergskedjan. Den regionala klimatmodellen drivs av resultat från den globala modellen på 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, magasineringen etc.



Figur B1-2. Illustration av dataflödet mellan global- och regional modell samt nedskalning till hydrologisk modell

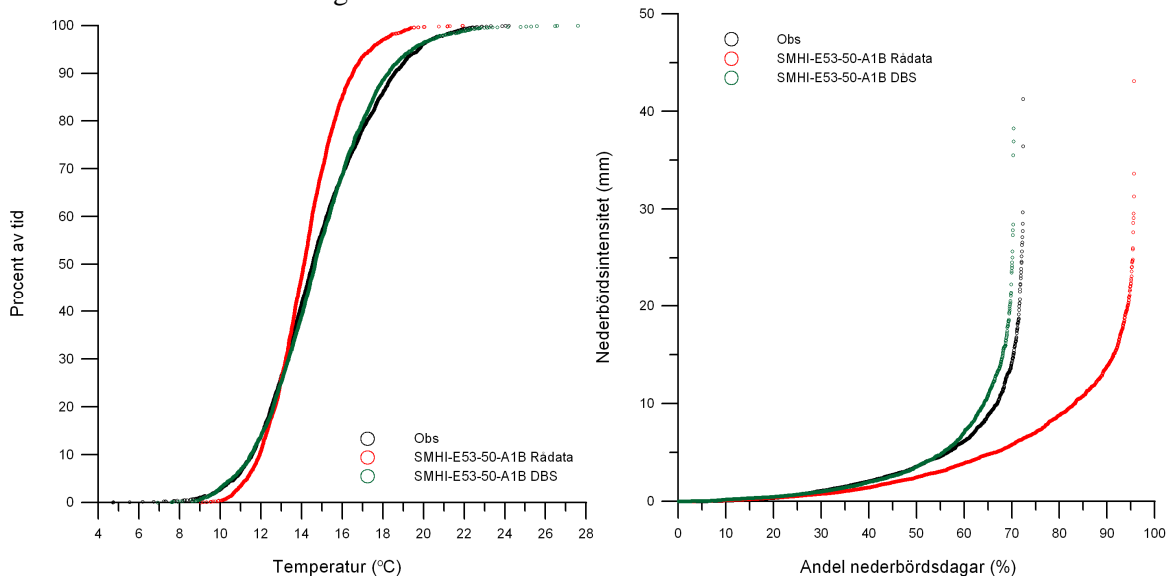
Den hydrologiska modell som används är HBV-modellen, vilket är en konceptuell avrinningsmodell som har utvecklats vid SMHI sedan slutet av 70-talet (Lindström, m.fl., 1997). Modellen byggs upp av rutiner för markfuktighet, snöackumulation och snösmältning, grundvatten och routing (beskrivning av vattnets väg). Indata till modellen har i denna studie hämtats från regionala klimatmodeller efter DBS-skalering, som beskrivs i avsnitt 3.5. Analyser med HBV-modellen är gjorda för *oreglerade* förhållanden.

B1 – 3 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 ny metod utvecklats som möjliggör en sådan anpassning. Metoden benämns DBS-metoden (Yang m.fl., 2010) och innebär att data från meteorologiska observationer används till att justera klimatmodellens resultat för att ta bort de systematiska felen. De korrigeringsfaktorer som då införs bibehålls vid beräkningen av framtidens klimat, varefter klimatberäkningens utdata 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).

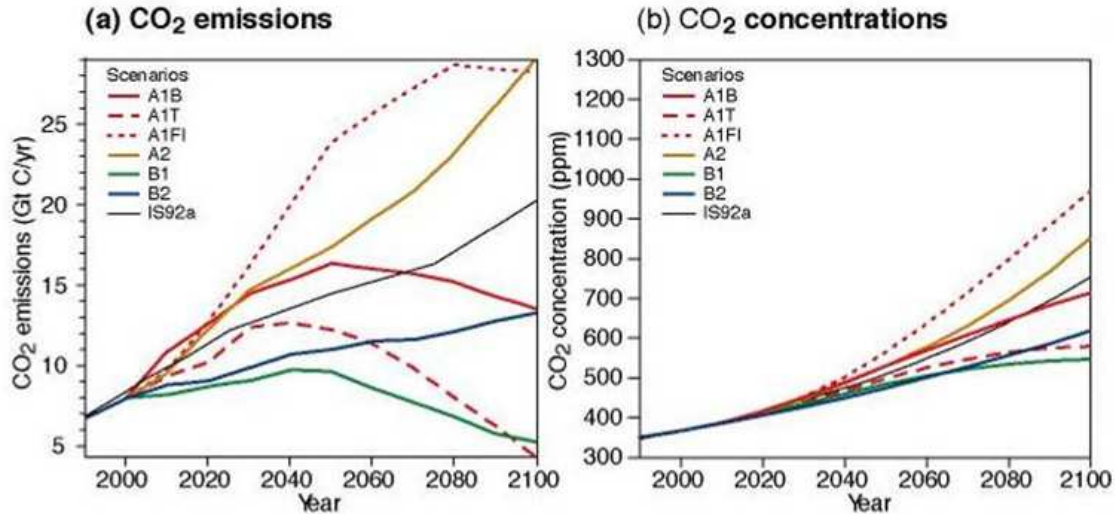
En förutsättning när DBS-metoden används är att resultaten för framtida tidsperioder måste jämföras med historiskt klimat så som detta beskrivs av klimatmodellen och inte av meteorologiska observationer. Metoden innebär också att det inte är möjligt att jämföra individuella dagar eller år med observationsdata.

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 – 4 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 folkmängd, ekonomisk tillväxt, teknologisk utveckling m.m. Utifrån dessa antaganden har man sedan uppskattat hur mycket klimatpåverkande gaser och partiklar som kommer att släppas ut. Dessa utsläpp ger upphov till förändringar i atmosfärens sammansättning, som till exempel mängden koldioxid i luften, vilket i sin tur har en inverkan på klimatet.

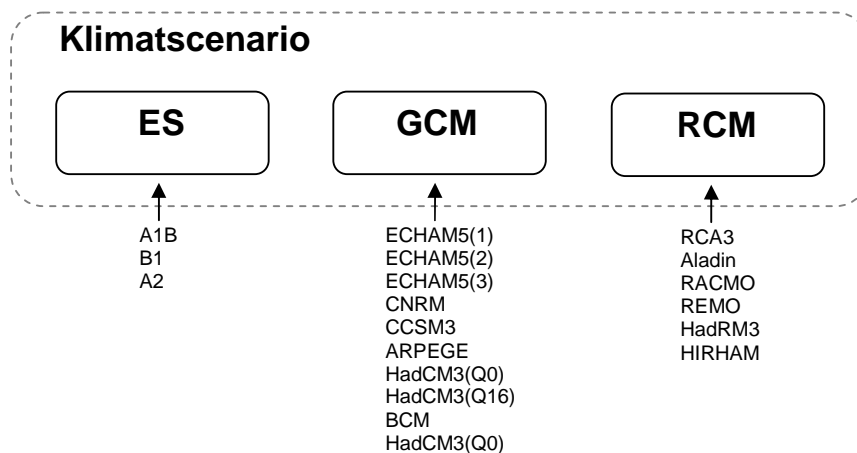
Genom att göra simuleringar i klimatmodellerna med växthusgaskoncentrationer som motsvarar dagens förhållanden respektive för framtida förhållanden får man en bild av den framtida förändringen av klimatet.



Figur B1-4. Antagande om framtida utsläpp av CO₂ (a) och resulterande CO₂-koncentrationer (b) enligt olika scenarier (modifierad från IPCC, 2001).

B1 – 5 Klimatscenarier

Ett klimatscenario är en successiv realisering av ett utsläppsscenario i en global och regional klimat modell enligt dataflödet som beskrivs i Figur B1-2. Samma utsläppsscenario 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 Utsläppsscenario (ES), Global klimatsmodell (GCM) och Regional klimatsmodell (RCM) som används i denna studie framgår.



Figur B1-5. Ett klimatscenario består av en kombination av global modell (GCM), regional modell (RCM) och utsläppsscenario (ES).

Under flera år användes huvudsakligen sex klimatscenarier för de flesta studier av klimateffekter i Sverige, inklusive av den statliga Klimat- och sårbarhetsutredningen (SoU, 2007). 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.

Nu 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 & Swart, 2000), men ett scenario med kraftigare utsläpp, A2, och ett med lägre utsläpp, B1, användes också.

I Figur B1-4 visas ett antal utsläppsscenarioer, där A1B, A2 och B1 ingår. Ur figuren framgår bland annat att A1B är ett scenario där koldioxidutsläppen till atmosfären beräknas att kulminera runt år 2050. Koldioxiden i atmosfären fortsätter dock enligt detta scenario att stiga även efter 2050. Ur figuren ses även att skillnaden mellan effekten av olika utsläppsscenarioer är liten fram till mitten av seklet och ökar därefter.

B1 – 6 Nyttjade klimatscenarier

De sammanställningar som gjorts av temperatur, nederbörd och klimatpåverkade flöden bygger på DBS-skalerade data från klimatscenarierna. I övriga avsnitt används olika klimatscenarier som beskrivs inom respektive avsnitt.

Tabell B1-1 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. 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, dvs inget aktivt urval av scenarier har gjorts. Allt eftersom fler klimatscenarier blir tillgängliga kan fler fall med höga respektive låga utsläppsscenarioer inkluderas i klimatensemblesimuleringar. På så sätt kan fler tänkbara utvecklingar av klimatet simuleras. En större ensemble ger starkare statistiska mått på hur en framtida utveckling kan se ut. Den idag tillgängliga ensemblen är 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

Bergström S., Andréasson J., Stensen B., Wern L. (2010) Hydrologiska och meteorologiska förhållanden i Göta älvdalen-preliminär rapport, SMHI, 2010

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.

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

Lindström, G., Johansson, B., Persson, M., Gardelin, M. och Bergström, S. (1997) Development and test of the distributed HBV-96 model. *Journal of Hydrology*, 201, 272-288.

Nakićenović, N. m.fl. (2000). IPCC Special Report on Emission Scenarios. Cambridge Univ. Press, 599 pp.

SOU (2007a). Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Slutbetänkande av Klimat- och sårbarhetsutredningen. SOU 2007:60, Stockholm.

Södermanlands län
Regional klimat- och sårbarhetsanalys

BILAGA 2 FÖRTECKNING ÖVER POTENTIELLA RISKOMRÅDEN VID FÖRORENADE OMRÅDEN, MILJÖFARLIG VERKSAMHET OCH RISKOBJEKT

Nedan presenteras en sammanställning av de förorenade områden och miljöfarliga verksamheter som behandlas i kapitel 10. Verksamhet och förorenade områden 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

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.

Miljöfarlig verksamhet A					
Anläggning	Bransch	Branschkod	Ras/skred	Översvämning	Erosion
Värmeverket Vattumannen		14611	-	Ja	-
Miljöfarlig verksamhet B					
Anläggning	Bransch	Branschkod	Ras/skred	Översvämning	Erosion
Proton finishing Eskilstuna AB	Ytbehandling, avfettning	28	Ja	Ja	-
Krom-Teknik AB	Ytbehandling, avfettning	28	Ja	-	-
Volvo Construction Equipment AB, Component Division		29	Ja	Ja	-
Oxelölager AB, OLAB		51	Ja	-	-
Vattenfall Högsjöanläggningen		74	Ja	-	-
PC Torshälla		14642	-	Ja	-
Kjulsta Gård		40544	-	Ja	-
Åkers Krutbruk Protection AB	Krut, sprängämne, pyrotel	24.61-2	Ja	-	-
Camfil Svenska AB	Plastproduktion	25.2-1	-	Ja	-
Nyköpings Hamn	Hamn	63.22-1	-	Ja	Ja
Gorsinge hamn	Hamn	63.22-1	-	Ja	-
Katrineholm Avloppsreningsverk	Avloppsreningsverk	90.001-1	-	Ja	-
Eskilstuna Avloppsreningsverk	Avloppsreningsverk	90.001-1	Ja	-	-
Flens avloppsreningsverk	Avloppsreningsverk	90.001-1	Ja	-	-
Malmköpings Avloppsreningsverk	Avloppsreningsverk	90.001-1	Ja	-	-
Oxelösunds Avloppsreningsanläggningar	Avloppsreningsverk	90.001-1	Ja	-	-
Gnesta Avloppsreningsverk	Avloppsreningsverk	90.001-1	-	Ja	-
Vagnhärad's Avloppsreningsverk	Avloppsreningsverk	90.001-1	Ja	Ja	-

Förorenade områden

Potentiellt förorenade områden med riskklass 1 och 2 som ligger inom område med förutsättningar för naturolyckor.

Förorenade områden Riskklass 1

Objekt	BranschID	Ras/skred	Över-svämning	Erosion
Nyköpings Mässingsbruk	Massa och pappersindustri	-	-	Ja
Nyköpings Mässingsbruk	Sekundära metallverk	-	-	Ja
Nyköpings Mässingsbruk	Sekundära metallverk	-	-	Ja
Fors Ullspinneri AB mfl	Textilindustri	Ja	-	-
Nyköpings Mässingsbruk	Verkstadsindustri	-	-	Ja
Fors Ullspinneri AB mfl	Verkstadsindustri	Ja	-	-

Förorenade områden Riskklass 2

Objekt	BranschID	Ras/skred	Över-svämning	Erosion
Gredby 1:1, strandremsan	1060	Ja	Ja	-
fd Varvet, Nordiska Kompaniets Verkstäder, mfl		-	-	Ja
f.d. Uno Perssons skrot och Runes Mek och Bildern	Bilskrot och skrothandel	-	Ja	-
fd Varvet, Nordiska Kompaniets Verkstäder, mfl	Bilvårdsanläggning	-	-	Ja
Ragnar Forsberg, Fabr. Sandbergs Chemiska Werk mfl	Färgindustri	-	Ja	-
Gasverk 2, Eskilstuna (mfl (?))	Gasverk (nedlagt)	Ja	Ja	-
Gasverk 2, Nyköping, Museet	Gasverk (nedlagt)	-	-	Ja
Eskilstuna Järnmanufaktur, gjuteri mfl	Gjuteri	Ja	-	-
fd Varvet, Nordiska Kompaniets Verkstäder, mfl	Gjuteri	-	-	Ja
Holmens Gjuteri & Mek. Verkstad, Nordic Coating AB	Gjuteri	-	Ja	-
Ragnar Forsberg, Fabr. Sandbergs Chemiska Werk mfl	Gjuteri	-	Ja	-
Kemtvätt vid Fors Ullspinneri	Kemtvätt	Ja	-	-
Ljungströms Konfektionsfabrik, CB Cleantvätt mfl	Kemtvätt	Ja	-	-
Santessons Kemiska Tvätt AB	Kemtvätt	-	-	Ja
Santessons Kemiska Tvätt- och Skönfärgeri	Kemtvätt	Ja	-	-
Torsharg, deponi	Kommunal avfallsdeponi	-	Ja	-
Visholmen i Strängnäs	Sågverk	Ja	-	Ja
Ljungströms Konfektionsfabrik, CB Cleantvätt mfl	Textilindustri	Ja	-	-
Mälartryck AB (Mälars Tryck AB)	Tryckeri	Ja	Ja	-
Bengtås Trä och byggmaterial (fd Bengtås Trävaru)	Träimpregnering	-	-	Ja
fd Varvet, Nordiska Kompaniets Verkstäder, mfl	Varv	-	-	Ja
Visholmen i Strängnäs	Varv	Ja	-	Ja
Eskilstuna Järnmanufaktur, gjuteri mfl	Verkstadsindustri	Ja	-	-
fd Varvet, Nordiska Kompaniets Verkstäder, mfl	Verkstadsindustri	-	-	Ja
Holmens Gjuteri & Mek. Verkstad, Nordic Coating AB	Verkstadsindustri	-	Ja	-
Kokkärlsfabriken E. Bergman & Co mfl	Verkstadsindustri	-	Ja	-
Kokkärlsfabriken E. Bergman & Co mfl	Verkstadsindustri	-	Ja	-
Kokkärlsfabriken E. Bergman & Co mfl	Verkstadsindustri	-	Ja	-
Kokkärlsfabriken E. Bergman & Co mfl	Verkstadsindustri	-	Ja	-
Mobella AB tidigare Möbellås.	Verkstadsindustri	Ja	-	-
Ragnar Forsberg, Fabr. Sandbergs Chemiska Werk mfl	Verkstadsindustri	-	Ja	-
Visholmen i Strängnäs	Verkstadsindustri	Ja	-	Ja
Gevärsfaktoriet, FFV (C-G Gevärsfaktori)	Ytbehandling av metaller	Ja	Ja	-
Holmens Gjuteri & Mek. Verkstad, Nordic Coating AB	Ytbehandling av metaller	-	Ja	-
Kokkärlsfabriken E. Bergman & Co mfl	Ytbehandling av metaller	-	Ja	-
Kokkärlsfabriken E. Bergman & Co mfl	Ytbehandling av metaller	-	Ja	-
Mobella AB tidigare Möbellås.	Ytbehandling av metaller	Ja	-	-
Ragnar Forsberg, Fabr. Sandbergs Chemiska Werk mfl	Ytbehandling av metaller	-	Ja	-
Ståhlfors bordknivfabrik, LF Ståhlberg & Co	Ytbehandling av metaller	Ja	-	-
Eskilstuna Järnmanufaktur, gjuteri mfl	Ytbehandling av trä	Ja	-	-
fd Varvet, Nordiska Kompaniets Verkstäder, mfl	Ytbehandling med lack, färg eller lim	-	-	Ja
Kokkärlsfabriken E. Bergman & Co mfl	Ytbehandling med lack, färg eller lim	-	Ja	-
Ragnar Forsberg, Fabr. Sandbergs Chemiska Werk mfl	Övrig oorganisk kemisk industri	-	Ja	-
Visholmen i Strängnäs	Övrig oorganisk kemisk industri	Ja	-	Ja

Riskobjekt

En av de miljöfarliga verksamheterna, Vattenfall Högsjöanläggningen, är klassad som ett riskobjekt enligt Sevesolagstiftningen. Objektet ligger inom område med förutsättningar för ras/skred.

Riskobjekt						
Namn	Anläggning	Verksamhet	Brandfarlig	Explosiv	Ras/skred	
Vattenfall AB Värme Norden	Vattenfall Högsjöanläggningen	Tillverkning	Ja	Ja	Ja	

Södermanlands län**Regional klimat- och sårbarhetsanalys****BILAGA 3 FÖRTECKNING ÖVER GIS-SKIKT****Samtliga data i system SWEREF 99 TM**

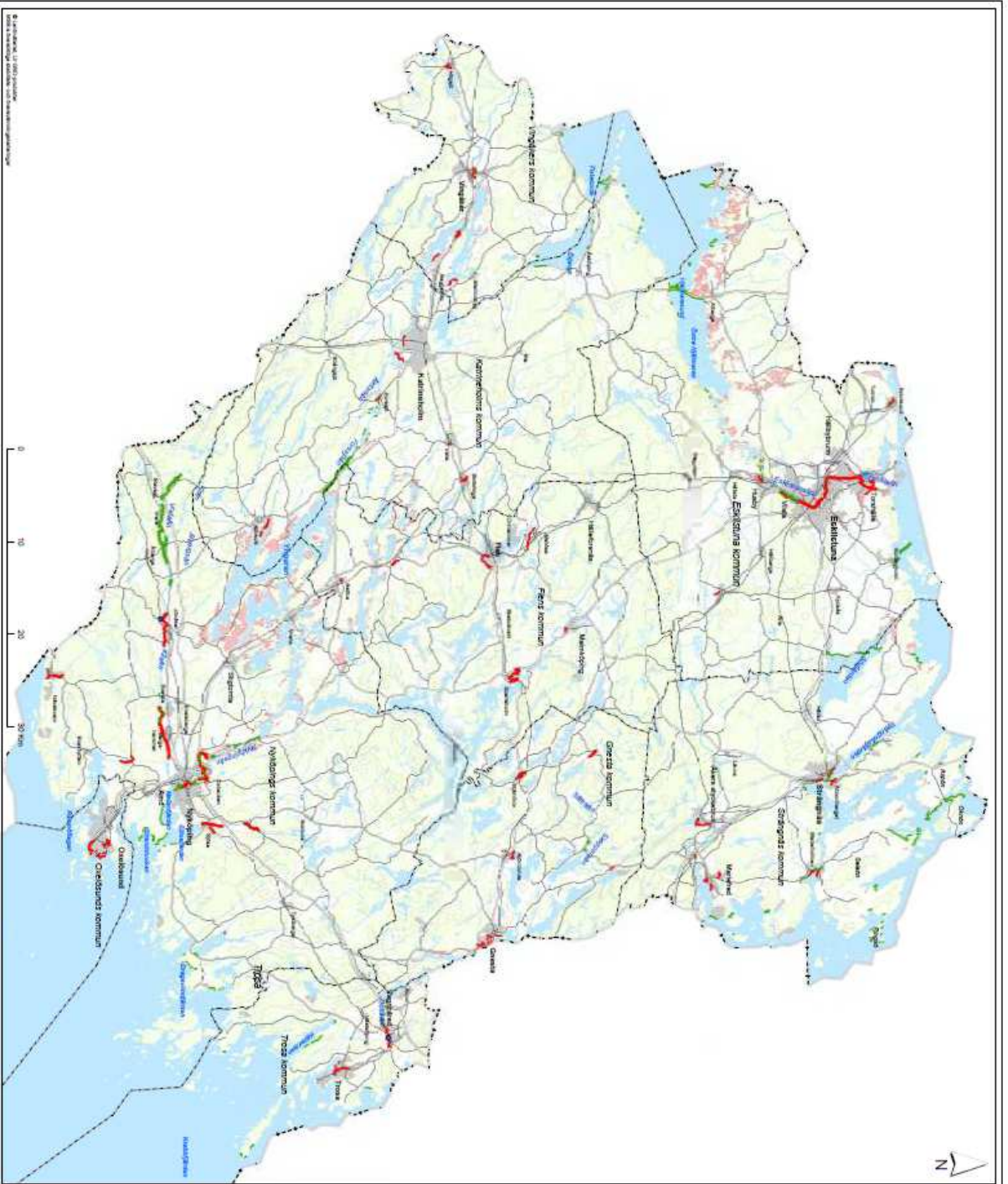
Beskrivning	Format	Typ
Redovisningskartor 1-2	pdf	Kartdokument
Projektfil innehållande samtliga lager	mxd	ArcMap projektfil
Dammar	Gdb+lyr	Punkt
Potentiellt förorenade områden (EBH)	Gdb+lyr	Punkt
Miljöfarlig verksamhet (inkl Seveso)	Gdb+lyr	Punkt
Miljöfarliga anläggningar	Gdb+lyr	Punkt
Tidigare skred från SGI:s skreddatabas	Gdb+lyr	Punkt
Förutsättningar för erosion	Gdb+lyr	Linje
Översvämningssområde vid beräknat högsta flöde	Gdb+lyr	Polygon
Utredningsområde – ras och skred	Gdb+lyr	Polygon

Södermanlands län
Regional Klimat- och sårbarhetsanalys

KARTREDOVISNING, KARTA 1 OCH 2

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-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



Teckentförklaring

- █ Landsväg
- █ Riksvägar
- █ Övriga vägar (2011)
- █ Översiktsgående vägar

SMHI

Sveavägen 11, 171 82 Skövde

© 2011 SMHI

1:250 000

SMHETS 00174

© 2011 SMHI

